

Matière Molle et Biophysique

TP Microfluidique

1 Microfluidique

La microfluidique peut se définir comme la sciences/technologie qui traite de la manipulation de fluides dans des canaux dimensionnés au 10ème-100ème de millimètres et la gestion de très petite quantité de liquide (10^{-9} à 10^{-18} litres) [1, 2].

Si les systèmes microfluidiques existent depuis toujours dans la nature (capillaire sanguin par exemple), l'essor considérable des études consacrées à la microfluidique ces 15 dernières années est sans aucun doute lié aux développements des méthodes de photolithographie douce introduite par Whitesides et al. en 1998. Ces nouvelles techniques fondées sur la microfabrication électronique introduisent le PDMS comme principal matériau constituant les systèmes microfluidiques. Il s'agit d'un élastomère présentant de très nombreux avantages pour la fabrication de puces microfluidiques. En effet, il est tout d'abord très peu coûteux, et facilement réticulable (il épouse parfaitement les petites structures avec lesquelles il est mis en contact). Il est aussi transparent ce qui permet une visualisation des écoulements à l'intérieur de la puce. L'utilisation du PDMS permet de fabriquer "à la chaîne" de nombreuses puces identiques en peu de temps. Avec ces systèmes "jetables", les études fondamentales et appliquées des écoulement en microfluidiques se sont très fortement multipliées et ce dans des domaines très variés : synthèse chimique, l'analyses biologique, l'optique ou encore les technologies de l'information. On parle souvent de "Lab-on-a-chip" pour des systèmes qui intègrent une ou plusieurs fonctions sur le même dispositif. Etant donné leurs caractéristiques, l'hydrodynamique en microfluidique est régie par des (très) faibles nombres de Reynolds et les écoulements sont laminaires.

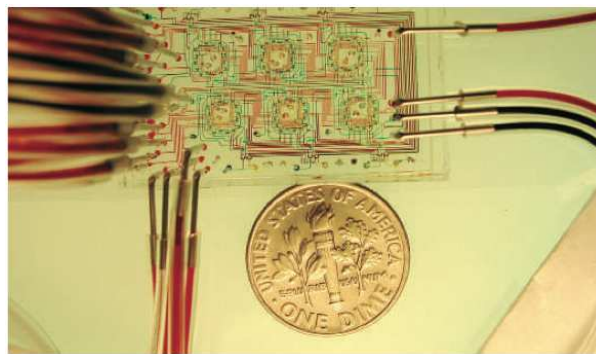


FIGURE 1 – Exemple de dispositif microfluidique, ici un chémostat utilisé pour l'étude de croissance de populations microbiennes. Les couleurs sont des colorants utilisés pour suivre les canaux. D'après Whitesides [2]

2 Générateurs microfluidiques de gouttes

Dans ce TP nous nous intéressons à un dispositif de génération de microgouttes. Trois dispositifs courants sont utilisés pour créer un écoulement multiphasique à partir de deux sources primaires : coaxial, flow-focusing et T-junction (figure 2). On cherche dans ce TP à reproduire les conditions nécessaires à la génération de micro-gouttes. Pour cela, nous

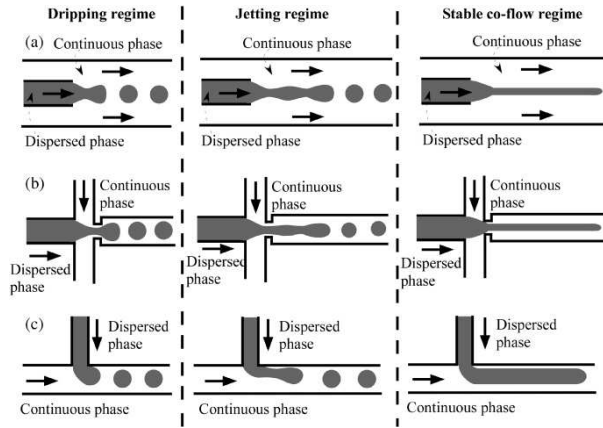


FIGURE 2 – Dispositifs de générations de microgouttes (coaxial, flow-focusing et T-junction) et régimes découlement (gouttes et jets), d’après Nunes et al. [3].

utilisons un dispositif de type flow-focusing (figure 3). Le principe consiste à injecter une phase dite dispersée (phase qui forme les gouttes) au centre du dispositif et une phase dite continue (phase où sont suspendues les gouttes) latéralement. Cette dernière “pince” la phase dispersée au niveau du croisement des deux fluides, conduisant au détachement de gouttes.

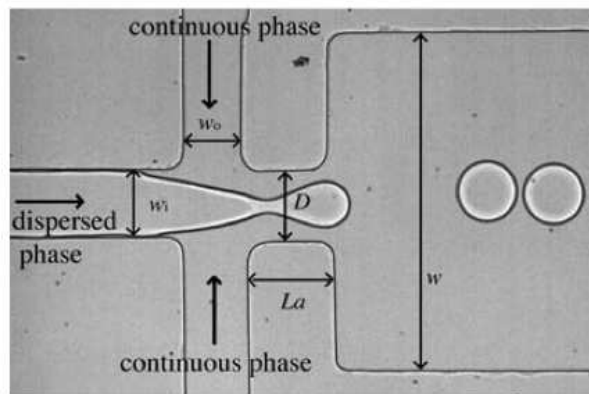


FIGURE 3 – Dispositif à flow-focusing. D’après Baroud et al. [4].

2.1 Microfabrication

Dans ce TP, nous allons fabriquer une puce microfluidique à l’aide des techniques de photolithographie douce introduites précédemment. Tout d’abord, le réseau de canaux est dessiné puis imprimé sur une feuille. Les canaux sont transparent et le reste de la feuille est parfaitement opaque. On appelle cette feuille le masque. Un moule du système microfluidique est ensuite créé à l’aide de ce masque. Pour cela une résine photosensible sensible est déposée sur une pastille de silicium puis est exposée sous des rayons UV à travers le masque. Les UV ne peuvent passer qu’au niveau des canaux transparent. La résine réticulant lorsqu’elle est exposée aux UV, lorsque l’on retire la résine non réticulée, il reste sur notre pastille de silicium nos canaux en reliefs ce qui constitue le moule de notre système. Du PDMS est ensuite coulé sur le moule afin d’obtenir des canaux microfluidiques dans le contre-moule en PDMS qui est ensuite collé sur une lame de verre pour fermer les canaux. Les dimensions finales des canaux résultent donc du dessin du masque et de l’épaisseur de la résine déposée.

Un générateur par focalisation d’écoulement (flow focusing) est constitué de deux canaux d’entrée, un pour la phase aqueuse (subdivisé en deux), un pour la phase huileuse.

Ces canaux convergent sur un canal de sortie commun.

1. Faire un croquis de la géométrie du système microfluidique utilisé pour vos expériences.
2. Y annoter les distances des différents canaux (largeur, longueur).
3. A priori l'épaisseur dans la dimension confinante est constante (on la note e_1) sauf dans le grand réservoir de fin pour lequel cette épaisseur est largement supérieure (notée e_2). Que valent a priori e_1 et e_2 à partir du protocole suivi en salle de micro-fabrication ?

2.2 Microécoulement

Nous nous intéressons à un écoulement multiphasique. Dans ce TP nous prenons pour la phase dispersée de l'eau avec 2% en masse de surfactants (SDS) et pour la phase continue une huile minérale. On note μ_0 et μ_h respectivement les viscosités des phases aqueuses et huileuses, avec $\mu_0 = 1\text{mPa.s}$ et $\mu_h = 24\text{mPa.s}$. La tension de surface entre les deux phases en présence du surfactant vaut $\gamma = 10\text{mN/m}$.

1. Quel est le rôle du surfactant dans ces expériences.
2. Les deux paramètres de contrôle dans une expérience sont les surpressions P_e et P_h respectivement en amont des canaux d'entrée des phases aqueuses et huileuses. En jouant sur ces 2 paramètres, construire un diagramme d'écoulement (P_e versus P_h) dans lequel vous faites apparaître les différents régimes : écoulement bloqué, dripping et jetting. On se concentrera sur les transitions ayant lieu au niveau de la jonction de confluence. On prendra comme pressions maximales 500 mbar pour éviter d'endommager les microsystèmes.
3. Discuter la valeur minimale de la pression pour faire entrer la phase dispersée dans le canal de sortie (transition écoulement bloqué-dripping).
4. Proposer une méthode de mesure de débit de la phase dispersée à partir de l'analyse d'image. On utilisera la présence du grand réservoir.
5. On veut remonter à la relation débit-pression pour un écoulement monophasique et ainsi caractériser l'épaisseur des canaux. Pour différentes valeurs de la surpression dans le canal d'huile, ajuster la pression du canal d'eau pour que seule l'huile coule dans le canal de sortie. Mesurer alors le débit d'huile. En utilisant la loi de Poiseuille, en déduire une mesure expérimentale de l'épaisseur e_1 de vos canaux.