



## **Proposition de thèse 2020**

### **Titre :**

Compréhension des mécanismes physico-chimiques mis en jeu dans les résines hybrides organiques-inorganiques photostructurables (RHOIP) de nature positive. Application à la fabrication d'un dispositif fonctionnel de microfluidique par microstructuration de surface et prototypage rapide.

**Direction de Thèse :** Pascal ETIENNE, Professeur des Universités et Sylvie CALAS, Maître de Conférence HDR.

**Supports :** Ce travail se fera au sein de l'équipe "Matériaux Hybrides et Nanostructurés" qui mettra à sa disposition tous ses équipements de synthèse, mise en forme et caractérisation. Il sera également supporté par la nouvelle Plateforme OptoMicrofluidique de Montpellier (POMM) pour la partie fabrication et prototypage des dispositifs.

### **Sujet :**

La microfluidique est l'ensemble des technologies permettant la manipulation et la caractérisation de fluides à des échelles micrométriques ou nanométriques. Elle peut être considérée à la fois comme une science visant à l'étude du comportement des fluides à l'intérieur de ces micro-canaux, et une technologie permettant la fabrication et l'utilisation de dispositifs microfluidiques. Ces dispositifs sont constitués d'une surface plane sur laquelle des capillaires et des chambres de réactions sont formés par photolithographie, moulage ou emboutissage. Des liquides, en volumes micrométriques ou nanométriques, sont ensuite insérés dans ces capillaires où ils sont déplacés, fractionnés, séparés ou mélangés pour obtenir des réactions chimiques. L'intérêt de travailler avec des volumes micrométriques, outre l'économie de moyens utilisés, réside dans l'accélération et l'automatisation du processus.

Actuellement, il existe principalement trois technologies de fabrication des dispositifs microfluidiques. La première consiste à fabriquer les micro-canaux par gravure d'un support de verre ou de silicium. Elle peut être, certes, très performante mais au prix d'une complexité extrêmement coûteuse. Les deux autres sont basées sur le procédé de "soft lithographie" dans lequel les canaux sont élaborés soit par moulage de PDMS sur un "master" négatif en silicium, soit par emboutissage avec "master" positif en silicium. Dans ce cas, le coût est réduit mais la réplique du master engendre une baisse de la qualité des canaux. De plus, même si le PDMS a été une véritable révolution dans le développement de la microfluidique, celui-ci montre actuellement ses limites en raison de sa forte hydrophobie et de la difficulté rencontrée pour le fonctionnaliser. La communauté scientifique recherche donc de nouveaux matériaux et procédés pour le remplacer.

L'équipe Matériaux Hybrides et Nanostructurés (MHN) du Laboratoire Charles Coulomb s'est spécialisée depuis plus de 30 ans dans la fabrication des matériaux inorganiques de type oxydes de silice par le procédé sol-gel. Ce procédé dit de chimie douce a permis, il y a une trentaine d'années, de créer une nouvelle classe de matériaux : les matériaux hybrides également appelés nanocomposites en raison d'un mélange à l'échelle moléculaire d'entités inorganiques et organiques. Ils sont facilement déposables par des techniques de dépôt en phase liquide et montrent des fonctionnalités inexistantes dans les matériaux soit purement organiques, soit purement inorganiques. Dans ce cadre, les résines hybrides organiques-inorganiques photostructurables (RHOIP) sous rayonnement UV ou visible font actuellement l'objet d'une intense recherche dans le domaine de la micro structuration de surfaces. On distingue deux cas de RHOIP selon que le rayonnement polymérise le matériau (résines négatives) ou le dépolymérise (résines positives). S'il existe actuellement de nombreux RHOIP de type négatif, c'est très loin d'être le cas pour les RHOIP de type positif. Or, ces derniers sont clairement bien plus adaptés pour fabriquer directement et facilement des canaux microfluidiques par irradiation locale d'un faisceau laser (écriture directe). Un précédent travail de thèse a pu apporter



une preuve de concept sur la base d'une seule composition et pour de faibles épaisseurs, malheureusement incompatibles avec la fabrication de dispositifs microfluidiques.

L'objectif du doctorant sera donc d'aller au-delà de la preuve de concept de la précédente thèse en développant un nouveau RHOIP de type positif compatible avec la microfluidique.

**Le sujet proposé correspond avant tout à une recherche fondamentale sur les matériaux hybrides issus du procédé sol-gel afin de comprendre les processus physico-chimiques permettant d'obtenir une structure moléculaire des parties organiques et inorganiques dont la propriété principale attendue est de se modifier sous rayonnement UV afin d'être soluble et donc éliminée par gravure dans un solvant. En fonction des résultats obtenus, la thèse pourra se terminer par une application avec la fabrication d'un dispositif fonctionnel simple de microfluidique.**

La thèse commencera par une étude bibliographique exhaustive sur tout type de résines photostructurables positives. Parallèlement, le doctorant devra se rendre autonome sur les procédés de synthèse par procédé sol-gel et de mise en forme des matériaux hybrides organiques-inorganiques par photoirradiation à l'aide d'une machine d'écriture laser. Cette étude devra faire émerger des propositions de recherche sur les compositions et structures des matériaux à développer.

La suite sera consacrée à la synthèse et à la caractérisation des matériaux choisis. L'intégralité du procédé devra être suivi par les techniques les plus adaptées pour caractériser la structure du matériau obtenu à l'état liquide (sol) puis à l'état solide. Une attention toute particulière devra aller vers l'analyse et la compréhension de l'interaction rayonnement-matière qui amène à la nature positive du matériau.