

Proposition de sujet de thèse

Procédés de microfabrication de puces microfluidiques sur matériaux poreux

Direction :	Thomas TILLOCHER [50%]
Contact tel :	02.38.41.73.87
Courriel :	thomas.tillocher@univ-orleans.fr
Co-Encadrant :	Arnaud STOLZ [50%]
Contact tel :	02.38.49.27.42
Courriel :	arnaud.stolz@univ-orleans.fr
Laboratoires d'accueil :	GREMI, UMR 7344 - Université d'Orléans/CNRS (Lieu de travail principal : Site d'Orléans)
Démarrage :	Octobre 2022
Domaine :	Sciences pour l'ingénieur : Physico-chimie des plasmas, Microfabrication salle blanche, Microfluidique
Ref. ADUM :	41686

Mots clés : Microfluidique, gravure, plasma, microtechnologie

1. Contexte et problématique :

Une bonne compréhension des écoulements multiphasiques en milieux poreux est importante pour de nombreuses applications environnementales et industrielles, comme l'hydrodynamique au sein de la zone critique en géologie ou les micro-écoulements biologiques. Pour ces études, on réalise des micromodèles – des systèmes microfluidiques sur puce – constitués d'un réseau de pores (typiquement une dizaine de micromètres de diamètre) permettant une visualisation directe de la dynamique aux interfaces, à l'échelle du pore. Le GREMI (INSIS) travaille depuis plus de 3 ans avec l'ISTO (INSU) sur les procédés de fabrication de ces micromodèles, à base de différents matériaux (PDMS, silicium, verre).

Cependant, ces matériaux peinent parfois à avoir une surface de contact avec les fluides qui rappelle celle du milieu naturel, en matière d'hydrophilie, alors que l'état de mouillabilité entre les fluides en présence et le solide joue un rôle primordial dans les mécanismes d'écoulement, notamment pour les écoulements diphasiques (e.g. eau/air, CO₂/saumure, hydrocarbure/eau). Le contrôle de la porosité apparente et de la mouillabilité aux interfaces serait donc la clé. La solution envisagée ici est l'utilisation d'un support de silicium mésoporeux comme base pour les micromodèles ; puis de structurer ce support soit à l'échelle du canal, soit à l'échelle du pore.

La nouvelle génération de micromodèles aura donc différents niveaux de porosité ; en particulier en intégrant des micropiliers microporeux, pour le transfert de masse pendant l'écoulement, au sein d'un canal à bords mésoporeux (typiquement autour de 50-100nm de diamètre de pore). Nous nous intéresserons aux mécanismes physiques mis en jeu aux interfaces lors de procédés de gravure du silicium mésoporeux par condensation/gravure (travaux antérieurs sur matériau SiOCH et procédé cryogénique de condensation/gravure) ou passivation/gravure. On s'intéressera notamment à obtenir une gravure sans endommagement de la porosité initiale, ou à l'inverse un procédé permettant d'augmenter la taille de ces porosités. Les étapes de passivation peuvent également modifier la mouillabilité de ces surfaces.

Les procédés de fabrication des micromodèles utiliseront les moyens technologiques de la salle blanche du GREMI, plateforme Renatech+. La conception des photomasques ainsi que l'ensemble des

étapes seront réalisés sur place. La quantification de l'effet des surfaces poreuses sur les écoulements pourra être obtenue sur l'une des deux plateformes microfluidiques avec différents diagnostics : micro-Raman à l'ISTO et potentiométriques au GREMI. Ces mesures électriques nécessitent l'intégration d'électrodes métalliques dédiées, fabriquées au niveau du capot en verre scellé à la surface du support silicium. La densité et la répartition de ces électrodes – formant des matrices de mesure de potentiels – permettront un niveau d'analyse inédit pour des micromodèles géologiques.

2. Description du projet de thèse :

Le travail de thèse sera essentiellement expérimental et portera sur les procédés d'élaboration et la qualification de nouvelles puces microfluidiques qui seront utilisées pour la géologie ou la biomédecine. La fabrication se fera *ab-nihilo* avec la conception des masques de photolithographie, ainsi que la mise au point d'un *process-flow*.

L'ensemble des réalisations technologiques sera effectué par le doctorant (photolithographie, dépôt ou gravure de couches minces (métaux, oxydes), bonding, etc.) dans la salle blanche du GREMI ou au sein du GIS CERTeM (sur le site de ST Microelectronics à Tours). En particulier, on s'attardera sur les mécanismes et les procédés de gravure plasma sans endommagements des couches minces poreuses. Les caractérisations matériaux (MEB, ellipsométrie entre autres) et électriques (station sous pointes) permettront un suivi tout au long du procédé de fabrication. Enfin, les caractérisations microfluidiques (plasma et liquide) se feront aussi bien au GREMI qu'à l'ISTO.

3. Profil :

Le ou la candidat(e) diplômé(e) d'un Master II ou d'un diplôme d'ingénieur devra justifier de solides connaissances/compétences dans le domaine des sciences des matériaux ou des procédés de microfabrication par plasma. Un bon niveau d'anglais (oral et écrit) est également requis.

4. Informations sur les laboratoires d'accueil :

Site internet du laboratoire : <http://www.univ-orleans.fr/gremi>

5. Informations :

Financement : Bourse de thèse institutionnelle

Prise de fonction : 03/10/2022

Mention particulière : L'environnement de travail au GREMI s'effectue dans le cadre d'une Zone à Régime Restrictif (ZRR) où l'accès au laboratoire est règlementé et soumis à autorisation. Prévoir un délai moyen de deux mois entre l'acceptation du doctorant par l'équipe de recherche et l'autorisation de travailler au laboratoire.

6. Candidature :

Contactez impérativement par mail avant le 22 avril 2022. Envoyer CV, lettre de motivation, programme du master suivi et thème du stage de fin d'étude (avec éventuellement une(des) lettre(s) de recommandation, à : arnaud.stolz@univ-orleans.fr et thomas.tillocher@univ-orleans.fr.

Attention, le dépôt de candidature doit être nécessairement fait sur ADUM, au plus tard le 22 avril 2022 à midi.

Après la phase de présélection sur dossier, le choix du candidat se fera après audition par l'ED EMSTU d'Orléans (prévue le 10 ou 11 mai 2022), et sous réserve d'accord de la procédure ZRR.