

5CI809	Microfluidique : Principes, Procédés et Applications								
	Mots clés : microfluidique, microfabrication, lab on chip, procédés chimiques et biochimiques aux petites échelles								
Responsable	J. Fattaccioli, MdC, UMR 8640 PASTEUR (ENS/CNRS/UPMC) – IPGG								
ECTS	Cours (h)	TD (h)	TP (h)	Tutorat (h)	Ecrit (%)	CC (%)	TP (%)	Oral (%)	Eval. répartie
6	36		12	12	30		30	40	non
<p>Descriptif de l'UE</p> <p>L'UE s'adresse à un public de chimistes intéressés par les possibilités offertes par la miniaturisation, et qui désirent avoir une vision globale des systèmes microfluidiques et de leurs applications : <i>lab on chip</i> pour le diagnostic, <i>organs on chip</i>, synthèse de nanocristaux, criblage chimique et biologique, etc...</p> <p>L'approche pédagogique, combinant cours magistraux, tutorats et découvertes expérimentales, s'appuiera sur les principes et applications pour aller vers les systèmes et les choix technologiques associés. Les étudiants découvriront ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les principes physiques et physico-chimiques en jeu dans le fonctionnement des puces microfluidiques (hydrodynamique, mouillage, électrostatique, diffusion, etc...), • les principales méthodes de fabrication aux petites échelles (lithographie dure et molle, fonctionnalisation de surface, etc...), • les possibilités et contraintes afin de réaliser des choix avisés pour la réalisation de microsystèmes fonctionnels répondant à une application. <p>Du fait des TP et du nombre de postes expérimentaux disponibles, cette UE est soumise à un <i>numerus clausus</i> de 16 étudiants.</p>									
<p>Objectifs d'apprentissage</p> <p>A l'issue de la formation, l'étudiant(e) aura acquis les bases théoriques des principes physico-chimiques en jeu dans les microsystèmes.</p> <p>Il/Elle sera en mesure, à partir d'une problématique appliquée, de proposer la conception d'une puce microfluidique qui tienne compte des contraintes scientifiques et techniques associées (dimensionnement, méthode de fabrication, choix des contrôleurs/ capteurs, etc...).</p> <p>Ces objectifs seront atteints par un enseignement théorique, par la fabrication et l'utilisation de puces microfluidiques en travaux pratiques, et par un travail de « conception » en groupe visant à répondre à une problématique actuelle.</p>									
<p>Prérequis</p> <p>De bonnes bases en physico-chimie (M1 4C201), ainsi qu'un goût pour l'ingénierie et pour l'interface avec la physique et/ou la biologie, sont souhaitables pour un bon suivi de l'UE.</p> <p>Lectures utiles :</p> <p>Chimie Physique, P. Atkins, J. de Paula, J. Touilles, M. Mottet, 4^e édition, Ed. De Boeck Partie 1 en intégralité, Partie 2 (chapitre 12 à 19), partie 3 : (chapitre 20 à 23) Introduction à la microfluidique, P. Tabeling, Ed. Belin</p>									
Langue ⁽¹⁾	Cours, TD, TP						Documents	Bibliographie	
Anglais/Français	Anglais/Français						Anglais	Anglais	

Fonctionnement de l'UE

Enseignement

Les enseignements magistraux de l'UE sont divisés en séances d'une durée d'une ou deux demi-journées. Ces séances sont animées par des chercheurs et enseignants-chercheurs ayant pour spécialité les thèmes traités. Les cours se divisent en cours transversaux, dont les notions sont communes au champ de la microfluidique, et en cours plus thématiques, plus spécifiques. Globalement, la pluridisciplinarité est la règle, comme le montre la liste des thèmes de cours ci-dessous :

1. Cours transversaux
 - a. Principes physiques pour les microsystèmes :
 - b. Microfabrication silicium, PDMS et NOA
 - c. Fonctionnalisation de surface par voie liquide et voie plasma
2. Cours thématiques
 - a. Nanofabrication
 - b. Applications de la microfluidique en biologie
 - c. Applications à la formulation
 - d. Synthèse inorganique de particules
 - e. Microfluidique, champ électrique et diagnostic

Projet bibliographique en groupe (1-3 étudiants)

Le but du projet est de partir d'une problématique actuelle et concrète qui soit plus générale que chacun des enseignements de l'UE, puis de laisser un groupe d'étudiant(e)s travailler en petit groupe pour présenter de manière synthétique leur document bibliographique et les solutions qu'ils proposent.

Le travail en groupe doit permettre aux étudiants d'étudier la littérature, les solutions disponibles sur le marché, d'éventuellement contacter les fabricants et de proposer des solutions « maison » si nécessaire. A la fin du travail, il y aura toutes les informations nécessaires pour faire un choix technique raisonné. La notation du projet prendra compte explicitement de la prise d'initiative des étudiants.

Les sujets traités ces dernières années ont traité par exemple des organes sur puce (*organ-on-a-chip*), l'encapsulation de principes actifs, l'intensification des procédés de synthèse, les mesures mécaniques en microsystème pour le diagnostic, etc.

Travaux pratiques

Le but des travaux pratiques est de pouvoir mettre en œuvre les principes de base de la microfluidique et de réaliser un procédé complet de fabrication et d'étude par binôme.

D'une durée de 3 demi-journées, une partie est consacrée à la fabrication en salle blanche, et une partie à l'étude des microsystèmes fabriqués, avec pour thème la réalisation de mélangeurs, de gradients spatiaux et la fabrication de gouttes.

Les travaux pratiques se déroulent à l'Institut Pierre-Gilles de Gennes pour la Microfluidique (<http://www.institut-pgg.fr>)

Évaluation

L'évaluation se fera en trois parties :

- QCM sur l'ensemble de l'UE : 30% de la note finale
- Rapport de recherche : 40% de la note finale
- TP : 30% de la note finale

Ressources complémentaires

Les étudiants intéressés peuvent, en amont de leur choix, ou tout au long du semestre, se référer aux ressources suivantes :

Internet

- Une présentation de la microfluidique sur le site de l'IPGG: https://www.institut-pgg.fr/Comprendre-la-Microfluidique_65.html
- Microfabrication de systèmes microfluidiques : <http://physique.unice.fr/sem6/2013-2014/PagesWeb/PT/Microfluidique/microfabrication.html>

Livres

- *Introduction à la microfluidique*, P. Tabeling, Ed. Belin
- *Microfluidics for Biotechnology*, J. Berthier & P. Silberzan, Ed. Artech House Publishers
- *Introduction to microfabrication*, S. Frassila, Ed. Wiley
- *Gouttes, bulles, perles et ondes*, P.G. de Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Quéré, Ed. Belin

Articles

- *Soft lithography*, Y. Xia and G. Whitesides, *Angew. Chem. Int. Ed.* 1998, 37, 550 ± 575
Source : <https://gmwgroup.harvard.edu/pubs/pdf/604.pdf>
- *There's plenty of room at the bottom*, R. Feynman (1960)
Source : <http://calteches.library.caltech.edu/47/2/1960Bottom.pdf>