

Stage master M1-M2 / année 2022-2023

Institut de Physique de Nice (INPHYNI)

Supervisors: Pavel Kuzhir (pavel.kuzhir@univ-cotedazur.fr), Jordy Quieros Campos

Industrial collaboration : PME Axlepios Biomedical (Nice)

Possibility to pursue the subject in PhD : No funding at this moment but Doctoral School Scholarship will be solicited in spring 2023.

Sujet (English version below): Micronageurs magnétiques innovants en vue des applications à la nano-médecine

L'administration localisée de médicaments dans des zones difficilement accessibles de l'organisme humain est un point clé pour la réussite du traitement de différentes maladies graves, tels que le cancer, l'infarctus ischémique ou l'accident vasculaire cérébral. Les thérapies classiques souffrent soit d'effets secondaires prononcés, soit d'une faible efficacité du transport du médicament vers les sites cibles en raison de la stagnation de la circulation sanguine près de ces sites. Les nano-transporteurs magnétiques guidés le long du réseau vasculaire par des champs magnétiques externes et libérant le médicament directement sur le site cible (tissu tumoral ou caillot sanguin) pourraient en principe surmonter ces problèmes. Très récemment, notre groupe de recherche a montré que les nanoparticules magnétiques ultra-petites (~10 nm) peuvent être rapidement déplacées à travers un réseau de canaux microfluidiques par une simple combinaison de champ magnétique rotatif 2D avec gradient de champ magnétique 1D (vidéo disponible à l'adresse suivante : <https://drive.google.com/file/d/1p8lfsQRLU96R9ofS5tbh-bocZ-zFdMo9/view?usp=sharing>).

Premièrement, lors de l'application d'un champ magnétique, les nanoparticules magnétiques s'auto-assemblent en agrégats allongés d'une taille d'une centaine de microns. Ces agrégats sont ensuite entraînés en rotation par le champ magnétique rotatif et « roulent » le long de la paroi du canal dans une direction prescrite imposée par le sens de la rotation du champ magnétique et du gradient de champ. Le stagiaire participera au développement de cette stratégie de nage à travers la compréhension fondamentale des mécanismes physiques derrière cette nage (en utilisant la visualisation optique des trajectoires des micro-nageurs dans un réseau microfluidique et, le cas échéant, la modélisation théorique de ces trajectoires).

Subject: Novel magnetic microswimmers in view of applications to nanomedicine

Localized delivery of drugs to difficultly accessible zones of human organism is a key point for successful treatment of different severe diseases, such as cancer, ischemic heart disease or ischemic brain stroke. Classical therapeutics suffer from either pronounced side effects or low efficacy of the drug transport towards the target sites because of stagnation of blood circulation near these sites. Magnetic nanocarriers guided along the vascular network by externally applied magnetic fields and releasing the drug directly at the target site (tumor tissue or blood clot) could in principle overcome these problems. Very recently, our research group have shown that ultras-small magnetic nanoparticles (~10 nm) can be rapidly displaced through a network of microfluidic channels by a simple combination of 2D rotating magnetic field with 1D magnetic field gradient (see movie at <https://drive.google.com/file/d/1p8lfsQRLU96R9ofS5tbh-bocZ-zFdMo9/view?usp=sharing>).

First, upon magnetic field application, magnetic nanoparticles self-assemble into elongated micron-sized aggregates; these aggregates are then involved into spinning by the rotating magnetic field and “roll” along the channel wall in a prescribed direction imposed by the sense of the magnetic field rotation and field gradient. The trainee will participate in further development of this swimming strategy through the fundamental understanding of physical mechanisms behind this swimming (using optical visualization of micro-swimmers trajectories in microfluidic network and, if relevant, theoretical modeling of these trajectories)