

## Pilotage d'un dispositif de mélange microfluidique par une boucle de rétroaction.

Les procédés de recyclage (combustibles nucléaires usés, batteries, aimants permanents, ...) et/ou de purification d'éléments (plutonium, terres rares, cobalt, ...) sont fondamentaux dans la transition vers les énergies bas carbone. Afin d'étudier la physico-chimie complexe de ces procédés de façon maîtrisée tout en limitant les coûts expérimentaux, les déchets et les risques, de plus en plus d'études sont réalisées à une échelle micrométrique tout comme les techniques de détection analytiques associées sur des dispositifs dédiés appelés « puces microfluidiques ». Pour autant, malgré de nombreux exemples dans la littérature, le pilotage de ces dispositifs par la mesure reste une question ouverte qui fait encore l'objet de nombreuses recherches.

Le but du stage proposé ici est d'étudier le potentiel des différentes méthodes de rétroaction pour le pilotage d'un dispositif microfluidique simple dédié au mélange de deux fluides colorés par la mesure en ligne et en temps réel de la concentration en colorant après mélange. Un tel dispositif est composé de trois parties, une jonction en « Y » alimentée par deux pompes qui permet de faire se rencontrer deux fluides dont un contient un colorant, un mélangeur et une zone de détection qui permet de mesurer la concentration en colorant du mélange (cf. figure).

Le stage débutera par une analyse de littérature dont le but sera d'identifier les boucles de rétroaction les plus adaptées à ce type de problématique en incluant les méthodes d'apprentissage par renforcement. A ce stade, il s'agira aussi de choisir, parmi tous ceux identifiés, un ou deux algorithmes pour la suite de l'étude en se basant sur une comparaison des différentes performances. A la suite de cette étude, deux protocoles de communication seront développés et mis œuvre pour communiquer en temps réel avec le système de mesure de concentration (acquisition de données) et les pompes d'alimentation (pilotage du débit). La dernière étape sera de choisir un algorithme et d'évaluer ces performances sur un dispositif microfluidique expérimental, en pilotant en temps réel la concentration d'un mélange de deux colorants par rétroaction sur les débits d'injection des deux fluides.

Géographiquement, ce stage se déroulera au sein du CEA/ISEC sur le site de Marcoule, proche d'Avignon et en collaboration avec les équipes du LGC de Toulouse.

Le langage de programmation retenu est Python (framework Tensorflow/keras et la librairie CV2) et le stagiaire aura accès à l'ensemble de moyens de calcul du CEA-Marcoule, notamment son supercalculateur équipé de cartes GPU.

**Profil du stagiaire:** Le candidat devra faire preuve d'une grande ouverture d'esprit et disposer de connaissances en mathématiques appliquées, traitement du signal et méthodes numériques. Des bases de génie des procédés seront un plus.

**Durée et période du stage:** 5 à 6 mois à partir de février/mars 2023.

**Bourse/indemnité :** oui

**Thèse de doctorat:** possible, dans la foulée du stage.

**Personnes à contacter :**

Fabrice Lamadie  
Tel: 04 66 79 65 97  
Mèl : [fabrice.lamadie@cea.fr](mailto:fabrice.lamadie@cea.fr)

Isaac Rodriguez-Ruiz  
Tel: 05 34 32 36 79  
Mèl : [isaac.rodriguezruiz@ensiacet.fr](mailto:isaac.rodriguezruiz@ensiacet.fr)

