

Dans un contexte de résection de tumeurs cérébrales, il est nécessaire de localiser certaines zones fonctionnelles de première importance du cerveau (motricité, langage ou zone somato-sensorielle). Cette information permet au neurochirurgien d'identifier les neurones à épargner et ceux de moindre importance qui peuvent être sacrifiés pour accéder à la tumeur. Cette cartographie fonctionnelle du cerveau peut être obtenue par imagerie optique en mesurant les variations spatio-temporelles de concentrations d'hémoglobines oxygénée et désoxygénée. Sous un éclairage du cerveau par une lumière blanche, ces variations se traduisent par un changement de couleur de la surface cérébrale sur l'image détectée par une caméra hyperspectrale.

Pour remonter du flux lumineux mesuré aux variations de concentrations d'hémoglobines, il est nécessaire de modéliser et de simuler la propagation du rayonnement dans le cerveau. Celui-ci est composé de matière grise et de vaisseaux sanguins de tailles diverses (allant de quelques μm à plusieurs millimètres) et constitue donc un milieu hétérogène complexe. Pour simuler la propagation des photons dans ce type de milieux complexes, les méthodes Monte-Carlo font office d'outils de référence.

Pour réaliser ces cartographies, le cerveau est fréquemment considéré comme un milieu homogène équivalent. Il a été montré que cette hypothèse peut induire des erreurs de l'ordre de 10 à 20 % sur les concentrations d'hémoglobines. Aussi, un besoin de représenter finement l'hétérogénéité du cerveau en distinguant les vaisseaux sanguins de la matière grise s'avère primordial. Toutefois, la diversité des géométries pouvant être rencontrées (enfouissements, tailles des vaisseaux) nécessite autant de simulations que de configurations physiques et rend le recours aux simulations par méthodes de Monte Carlo rapidement fastidieux voire impossible.

Pour répondre à cette limite, les méthodes de Monte-Carlo Symboliques représentent un outil prometteur. En gardant sous forme symbolique certains paramètres, ces méthodes permettent d'exprimer les flux mesurés comme des fonctions simples (polynômes) de ces paramètres. En d'autres termes, une seule simulation - comparable en temps de calcul à un Monte-Carlo classique - permet, sans biais, d'exprimer une observable sur tout un espace paramétrique. Ainsi, il devient possible de simuler rapidement la propagation du rayonnement dans le cerveau pour une grande diversité de configurations.

L'objectif de ce stage est d'utiliser les méthodes de Monte-Carlo Symboliques dans ce contexte de cartographie fonctionnelle du cerveau. Des acquisitions expérimentales sur des fantômes optiques simulant les propriétés du cerveau seront effectuées pour valider les résultats des simulations. L'impact des variations de propriétés radiatives du cerveau liées à la longueur d'onde, aux concentrations d'hémoglobine et surtout aux paramètres géométriques des vaisseaux sera étudié dans un cadre méthodologique exploratoire et innovant.

Le stage s'effectuera dans 2 laboratoires : le laboratoire CREATIS (pour les acquisitions expérimentales) et le laboratoire CETHIL (pour les simulations) au campus de la Doua à Villeurbanne.

Contacts :

CREATIS : Bruno MONTCEL bruno.montcel@univ-lyon1.fr
Laurent MAHIEU-WILLIAME mahieu@creatis.insa-lyon.fr
CETHIL : Mathieu GALTIER mathieu.galtier@insa-lyon.fr
Maxime ROGER maxime.roger@insa-lyon.fr