
MAPSSIC, une microsonde implantable pour la neuro-imagerie par détection de positron chez le rat éveillé et libre de ses mouvements

Samir El Ketara^{*1}, Franck Agnese², Luis Ammour³, Sandrine Bouvard⁴, Olivier Clausse², Mathieu Dupont⁵, Fabrice Gensolen⁵, Mathieu Goffe², Maciej Kachel², Jérôme Laurence⁵, Patrick Pangaud⁵, Christophe Wabnitz², Téo Weicherding⁵, Jérôme Baudot², Philippe Lanièce¹, Christian Morel⁵, Luc Zimmer⁴, and Marc-Antoine Verdier¹

¹IJCLab – Université Paris-Saclay, IJCLab CNRS UMR9012, 91405 Orsay Campus – France

²IPHC – Université de Strasbourg, CNRS, IPHC UMR 7178, 67000 Strasbourg, France – France

³CHU de Nantes – nantes université, CHU de Nantes, F44000 Nantes, France – France

⁴CERMEP – CERMEP – Imagerie du vivant, Lyon, France – France

⁵CPPM – Aix Marseille Univ, CNRS/IN2P3, CPPM, Marseille, France – France

Résumé

Introduction : La corrélation entre la neuroimagerie moléculaire et les études comportementales a un intérêt majeur dans le domaine préclinique pour progresser dans la compréhension des mécanismes cérébraux. Cela nécessite cependant d'accéder à des images chez l'animal éveillé afin de limiter les biais induits par l'anesthésie, quasi systématique actuellement. Dans ce contexte, le projet MAPSSIC vise à développer une microsonde implantable pixelisée basée sur la technologie CMOS (Ammour, 2019). Ce dispositif embarqué est destiné à être utilisé chez le rat éveillé et libre de ses mouvements après injections de radiotraceurs TEP. La sonde est capable de détecter les positrons émis à quelques millimètres, permettant d'effectuer des mesures locales de cinétique de radiotraceurs dans une structure d'intérêt. Cette méthode diffère de la TEP basée sur la détection en coïncidence de photons d'annihilation. Nous présentons ici les développements autour de cette sonde ainsi qu'une étude par simulation Monte-Carlo d'une acquisition mettant en jeu un radiotraceur TEP.

Matériel et méthodes : La sonde repose sur des capteurs à pixels actifs de $14700 \mu\text{m} \times 700 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ contenant 2048 pixels binaires de $30 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$. L'épaisseur de $25 \mu\text{m}$ de la zone sensible permet une grande sensibilité aux positrons et une transparence aux photons, assurant des mesures locales. Des simulations sur un fantôme anatomique de rat ont été réalisées à l'aide de courbes d'activité temporelle (TAC) générées par acquisitions micro-PET dynamiques au $(^{11}\text{C})\text{Raclopride}$. L'étude porte notamment sur l'évaluation de la capacité de la sonde à isoler un signal spécifique dans une structure d'intérêt sur la base de mesures locales permettant de quantifier des variations de 5 % à 30 % du potentiel de liaison, figure de mérite en pharmacologie.

Résultats : Les simulations montrent que plus de 93 % du signal est contenu dans les 2 premiers millimètres entourant la sonde. Une région d'intérêt (ROI) centrée sur le striatum a permis d'isoler la structure (92 % du signal de la ROI) afin d'enregistrer avec précision

*Intervenant

l'absorption du radiotracteur. La modélisation cinétique réalisée à partir des mesures de la sonde a démontré la capacité de l'appareil à quantifier le signal spécifique avec une erreur inférieure à 4% sur les variations du potentiel de liaison.

Conclusions : La simulation d'une acquisition de neuroimagerie in vivo confirme la pertinence du dispositif. La segmentation d'image permise par la sonde s'avère efficace pour cibler des structures cérébrales et quantifier avec précision les échanges cérébraux. Ces résultats ouvrent la voie à des applications de neuroimagerie comportementale. Le projet MAPSSIC connaît actuellement de rapides développements, les sondes nouvellement produites ayant passé avec succès les tests physiques. Elles feront prochainement l'objet d'une validation biologique chez le rongeur sur la base de comparaisons avec le micro-TEP gold standard en neuroimagerie isotopique.

Mots-Clés: TEP, Quantification, Simulation Monte Carlo, Neuroimagerie, Instrumentation nucléaire