

L'étude de l'activité cérébrale nécessite des enregistrements simultanés à différentes échelles spatiales, d'une cellule unique aux aires corticales du cerveau. Ces mesures fournissent un aperçu sur la relation entre les structures, les fonctions et la dynamique des circuits neuronaux. Les techniques d'électrophysiologie apportent des informations cruciales sur l'activité électrique dans les neurones. Sonder localement la signature magnétique de cette activité donne des informations directes sur les courants neuronaux et la nature vectorielle d'une mesure magnétique renseigne sur la directionnalité du flux ionique neuronal sans le perturber. Le champ magnétique induit par les courants neuronaux est accessible par la Magneto encéphalographie (MEG), qui fournit la cartographie des champs neuromagnétiques à la surface du cerveau à l'aide des Superconducting Quantum Interference Devices (SQUIDs). Cependant, les mesures locales de courants neuronaux à l'échelle cellulaire nécessitent des dispositifs miniaturisés et très sensibles.

L'objectif de ce travail de thèse est de développer un nouvel outil pour la neurophysiologie, l'équivalent magnétique d'électrodes, nommé "magnetodes", capable de détecter les courants neuronaux locaux par la détection magnétique. Les progrès récents de l'électronique de spin ont permis de donner naissance aux capteurs à magnétorésistance géante (GMR), qui offrent la possibilité d'être miniaturisés et suffisamment sensibles pour détecter des champs magnétiques très faibles, comme ceux émis par les neurones à l'échelle locale (de l'ordre du picotesla au nanotesla). Deux types de capteurs GMRs ont été développés au cours de ce travail, des sondes planes dédiées aux enregistrements en surface des tissus (tranche d'hippocampe, muscle ou cortex), les autres sont des sondes pointues, conçues pour pénétrer facilement les tissus et enregistrer localement les champs neuromagnétiques. Trois expériences ont été réalisées dont deux *in vitro* et une *in vivo*. Le premier potentiel d'action magnétique a été détecté *in vitro* à l'aide de sondes GMRs planes, résultant des courants axiaux dans un muscle de souris. Le deuxième modèle analysé *in vitro* est la tranche d'hippocampe de cerveau de souris où les deux types de sondes ont été testés, montrant certains résultats préliminaires. Enfin, nous avons effectué les premiers enregistrements magnétiques *in vivo* sur le cortex visuel du chat, affichant des réponses corticales induites de l'ordre de 10-20nTpp. Ces résultats ouvrent la voie à magnétophysiologie locale qui est une nouvelle approche d'exploration et d'interfaçage du cerveau.