

Proposition de stage année 2024-2025

Stimulation ultrasonore transcrânienne :

optimisation de la planification

Date : premier semestre 2025 (à définir avec le candidat)

Durée : 2 à 6 mois

Niveau : M2 / école d'ingénieur

Lieu du stage : Physique pour la Médecine Paris, 2-10 rue d'Oradour-sur-Glane, 75015 PARIS

Sujet de stage :

L'institut Physique pour la Médecine Paris (Inserm U1273, ESPCI Paris, CNRS UMR 8063, PSL Research University) développe des systèmes de thérapies transcrâniennes par ultrasons focalisés. L'équipe est en particulier pionnière dans la modulation de l'activité nerveuse (neuromodulation) par l'application d'ultrasons focalisés de faible intensité. La neuromodulation est un outil majeur en physiologie et en médecine, pour l'étude des mécanismes cérébraux mais également le traitement de nombreuses maladies neurologiques. Différentes techniques ont été introduites pour améliorer la précision (stimulation cérébrale profonde, optogénétique), ou pour offrir une approche non-invasive (stimulation électrique transcrânienne (TES), stimulation magnétique transcrânienne (TMS)). Des systèmes ultrasonores déjà sur le marché ont le potentiel unique de pouvoir réaliser des neurostimulations non seulement corticales mais également profondes, avec une résolution millimétrique, et ce de manière non-invasive. Malheureusement, de tels systèmes utilisent plusieurs centaines de transducteurs ultrasonores pour corriger l'effet défocalisant de l'os du crâne, et sont donc extrêmement coûteux (10 fois plus chers que les systèmes de TMS ou TES).

Lors de ce stage, l'étudiant(e) participera au développement d'un appareil à ultrasons focalisés transcrâniens non invasif et à faible coût, reposant sur une technologie unique et récemment brevetée par notre laboratoire : une lentille acoustique fabriquée par impression 3D et placée en face avant d'un mono-élément ultrasonore, afin de corriger les aberrations dues au crâne [1]. En effet, la grande hétérogénéité du crâne a pour effet de défocaliser et d'altérer la qualité d'un faisceau ultrasonore le traversant. Le laboratoire bénéficie de 20 ans de développements en focalisation ultrasonore transcrânienne [2].

La version actuelle du dispositif incorpore un transducteur ultrasonore focalisé aux caractéristiques optimisées pour atteindre une cible thérapeutique donnée, étudiée lors d'un essai clinique en cours. Le stage portera sur l'exploration de nouvelles caractéristiques de transducteurs pour d'autres cibles thérapeutiques.

Le stage se décomposera en deux parties :

- l'étudiant(e) cherchera et exploitera des banques (publiques ou privées) d'images CT et IRM pour obtenir des informations représentatives d'une population la plus large possible. L'étudiant(e) y identifiera les cibles anatomiques d'intérêt et développera une méthode automatique pour planifier (notamment le positionnement de la sonde) un traitement de neuromodulation sur ces cibles.

- l'étudiant(e) mettra en place des simulations numériques de la propagation ultrasonore à travers le crâne [3] pour évaluer l'impact des paramètres (rayon de courbure, diamètre, fréquence etc.) des transducteurs candidats sur la sécurité et l'efficacité des traitements pour chacune des cibles thérapeutiques.

En cas de résultats satisfaisants cette nouvelle sonde pourra être utilisées lors d'essais cliniques à l'horizon 2026.

Co-encadrement du stage - les candidat(e)s adresseront un Curriculum Vitae ainsi qu'une lettre de motivation par email à :

Jean-François Aubry - jean-francois.aubry@espci.fr
Directeur de recherche - Physique pour la Médecine

Thomas Tiennot - thomas.tiennot@sonomind.com
Ingénieur - SonoMind

Profil recherché : intérêt pour la simulation numérique et l'expérimentation biomédicale. Connaissance de Matlab. Des connaissances en interprétation d'images médicales sont souhaitables mais non obligatoires . Un parcours en acoustique est souhaitable mais non nécessaire.

Rémunération : gratification de stage légale.

Possibilité de poursuite en thèse : une thèse académique ou CIFRE avec la société SonoMind peut être proposée à la rentrée 2025.

[1] Maimbourg G. et al. 3D-printed adaptive acoustic lens as a disruptive technology for transcranial ultrasound therapy using single-element transducers. *Physics in Medicine and Biology* 2018;63:.
<https://doi.org/10.1088/1361-6560/aaa037>.

[2] Aubry J-F. et al.. Optimal focusing by spatio-temporal inverse filter. II. Experiments. Application to focusing through absorbing and reverberating media. *Journal of the Acoustical Society of America* 2001;110:48-58. <https://doi.org/10.1121/1.1377052>.

[3] <http://www.k-wave.org>