

Proposition de stage année 2024-2025

Stimulation ultrasonore transcrânienne :
correction d'aberrations par lentille acoustique

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 conception de ces lentilles acoustiques repose sur des simulations numériques modélisant la propagation des ondes ultrasonores à travers la boîte crânienne. L'objet de ce stage sera l'optimisation de ces simulations numériques.

Le stage se décomposera en deux parties :

- l'étudiant(e) mettra en place des simulations numériques de la propagation ultrasonore à travers le crâne, basées sur une méthode de tracé de rayon [3]. Les résultats seront comparés à ceux obtenus avec la suite logicielle k-Wave [4], utilisée actuellement pour concevoir les lentilles acoustiques.
- l'étudiant(e) testera expérimentalement les lentilles conçues avec ces nouvelles simulations. En cas de résultats satisfaisants cette nouvelle méthode de conception des lentilles pourra être utilisées lors un essai clinique prévu en 2025 par le laboratoire.

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. 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] Thomas J Manuel et al. *Physics in Medicine and Biology* 2024. Ultra-short time-echo based ray tracing for transcranial focused ultrasound aberration correction in human calvaria <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6560/ad4f44>

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