

Proposition de stage année 2021-2022

Stimulation ultrasonore transcrânienne : correction d'aberrations par lentille acoustique

Date : premier semestre 2022 (à définir avec le candidat)

Durée : 2 à 6 mois

Niveau : M2 / école d'ingénieur

Lieu du stage : Physique pour la Médecine Paris, 17 rue Moreau, 75012 Paris

Sujet de stage :

L'équipe Physique pour la Médecine Paris (Inserm U1273, ESPCI Paris, CNRS UMR 8063, PSL Research University) développe des systèmes de thérapies transcrânienne 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 brevetée récemment 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. Depuis plus de vingt ans, le laboratoire développe des techniques basées sur des simulations informatiques et la connaissance du profil du crâne par des données de tomodensitométrie (CT scan) pour compenser l'effet du crâne sur la propagation ultrasonore [2]

Le stage se décomposera en trois parties complémentaires bien distinctes :

- l'étudiant(e) mettra en place des simulations numériques de la propagation ultrasonore à travers le crâne. La suite logicielle utilisée sera la toolbox k-Wave [3].
- l'étudiant(e) utilisera les résultats issus des simulations pour concevoir différents modèles de lentilles acoustiques, de complexité croissante selon les besoins thérapeutiques préalablement établis. L'étudiant(e) évaluera notamment différents procédés de fabrication (nouvelle technique d'impression 3D, matériau utilisé...), et sur une nouvelle approche, confidentielle.

- l'étudiant(e) validera expérimentalement la correction d'aberration apportée à la focalisation (mesure de pression, d'intensité acoustique, de température...) sur des bancs de mesure disponibles au laboratoire.

Co-encadrement du stage :

Thomas Tiennot - thomas.tiennot@espci.fr

Doctorant - Physique pour la Médecine

Jean-François Aubry - jean-francois.aubry@espci.fr

Directeur de recherche - Physique pour la Médecine

Candidature : les éventuel(le)s candidat(e)s adresseront un Curriculum Vitae ainsi qu'une lettre de motivation par email à Jean-François Aubry en mettant en copie Thomas Tiennot.

Profil recherché : intérêt pour la simulation numérique et l'expérimentation. Connaissance de Matlab. Un parcours acoustique est souhaitable mais non nécessaire.

Rémunération : gratification de stage légale.

Possibilité de poursuite en thèse : Une thèse peut être proposée à la rentrée 2022 sur la continuité du sujet de stage. Le financement de la thèse a déjà été obtenu.

[1] Maimbourg G, Houdouin A, Deffieux T, Tanter M, Aubry J-F. 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, Tanter M, Gerber J, Thomas J-L, Fink M. 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>