

## Proposition de stage ESPCI 3A

Voir à Travers les Milieux Complexes par Utilisation de Réseaux de Neurones

### Contacts

Sébastien Popoff, [sebastien.popoff@espci.psl.eu](mailto:sebastien.popoff@espci.psl.eu) ; Arthur Goetschy, [arthur.goetschy@espci.psl.eu](mailto:arthur.goetschy@espci.psl.eu)

### Contexte et motivations

Un milieu diffusant mélange de façon aléatoire les ondes. C'est le cas par exemple de la lumière dans un milieu biologique épais. Cependant, la réponse d'un tel milieu est déterministe et peut être apprise. En mesurant pour la première fois la matrice de transmission [1], nous avons montré qu'il était possible de voir à travers un milieu diffusant [2]. Cependant, cette technique nécessite d'avoir accès aux deux côtés du milieu, limitant les applications non invasives.

Nous avons très récemment mis en évidence à l'Institut Langevin l'existence d'une corrélation entre les figures d'intensité transmise et réfléchi par un milieu désordonné [3, 4]. Un tel effet permet d'obtenir une information en transmission à travers un milieu diffusant en mesurant seulement l'intensité réfléchi par celui-ci, ouvrant de nouvelles possibilités non invasives pour l'imagerie. Cependant, l'utilisation de cet effet ne permet pas de voir à travers le milieu avec une résolution meilleure que les techniques de tomographie diffuse, pour lesquelles la résolution est gouvernée par l'épaisseur du milieu, généralement bien plus grande que la longueur d'onde.

**L'idéal serait d'obtenir une information sur des détails du champ transmis de l'ordre de la longueur d'onde seulement à partir de la mesure du champ réfléchi.**

**L'idée novatrice est d'utiliser des réseaux de neurones pour identifier comment l'information relative aux détails fin d'un objet caché derrière un milieu diffusant peut être récupérée en mesurant seulement la lumière réfléchi par celui-ci.**

### Projet scientifique

Dans le contexte d'une recherche très active dans le domaine du contrôle cohérent des ondes en milieux complexes, nous proposons de mettre à profit les nouvelles techniques numériques issues du « Deep Learning ». L'utilisation des réseaux de neurones dans le domaine des milieux complexes en est encore à ses prémices. Nous avons fait l'acquisition à l'Institut Langevin d'un serveur de calcul GPU (Xeon 32 coeurs avec 4 cartes RTX 2080Ti). Nous utiliserons des outils de simulations numériques disponibles au laboratoire pour estimer, sur un grand nombre de réalisations de désordre, les matrices de transmission et de réflexion. Ces données serviront de base d'apprentissage à un réseau de neurones dense afin d'apprendre le lien entre réflexion et transmission. L'objectif est dans un premier temps de reconstruire suffisamment d'information à partir de la réflexion pour focaliser les ondes à travers le milieu ou reconstruire l'image d'un objet ponctuel. Dans un second temps, nous analyserons les résultats pour identifier les effets sous-jacents qui ont permis à l'algorithme de trouver cette information.

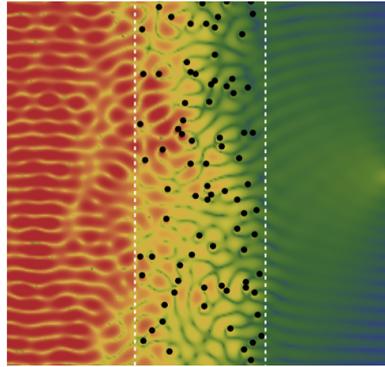


FIGURE 1 – Simulation d'un front d'onde incident adapté pour focaliser à travers un milieu diffusant.

### Profil du candidat

Le candidat devra avoir un attrait pour la physique et ne pas être allergique aux simulations numériques. Une expérience préalable avec les réseaux de neurones n'est pas requise.

### References

- [1] S. Popoff, G. Lerosey, R. Carminati, M. Fink, A. Boccarda, and S. Gigan, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 100601 (2010).
- [2] S. Popoff, G. Lerosey, M. Fink, A. Boccarda, and S. Gigan, *Nature Commun.* **1**, 81 (2010).
- [3] N. Fayard, A. Goetschy, R. Pierrat, and R. Carminati, *Physical Review Letters* **120**(7) (2018).
- [4] I. Starshynov, A. Paniagua-Diaz, N. Fayard, A. Goetschy, R. Pierrat, R. Carminati, and J. Bertolotti, *Physical Review X* **8**(2) (2018).