

## Proposition d'un sujet de stage M2

**Sujet:** Réflexion des ondes au seuil de la localisation d'Anderson  
**Laboratoire d'accueil :** [Laboratoire de Physique et Modélisation des Milieux Condensés \(LPMMC\)](#)  
**Encadrant :** [Sergey Skipetrov](#)  
**Contact :** <http://lpmmc.cnrs.fr/skipetrov>  
[Sergey.Skipetrov@lpmmc.cnrs.fr](mailto:Sergey.Skipetrov@lpmmc.cnrs.fr), (+33) 4 76 88 74 97

### Résumé :

La localisation d'Anderson est un phénomène de blocage de transport ondulatoire (électronique, optique, ou autre) à travers un système désordonné dû aux interférences destructives des ondes diffusées par le désordre [1]. Prédit tout d'abord pour les électrons dans les solides désordonnés [2], la localisation d'Anderson est maintenant en cours d'étude pour d'autres types d'ondes (lumière, son, etc.) [3], ainsi que pour les atomes froids dans les potentiels désordonnés [4].

Des expériences très convaincantes ont été effectuées récemment pour mettre en évidence la localisation d'Anderson des vibrations (phonons) dans les solides désordonnés tridimensionnels (3D) [3,5-7]. Plusieurs aspects de ces expériences ont été compris et bien décrits théoriquement. Toutefois, les expériences ont révélé des lacunes dans nos connaissances théoriques. Une lacune concerne la réflexion d'une impulsion ondulatoire très courte par un milieu désordonné lorsque la fréquence centrale de l'impulsion est égale à la fréquence critique  $\omega_c$  qui sépare les états étendus pour  $\omega > \omega_c$  des états localisés pour  $\omega < \omega_c$ . L'expérience donne une décroissance très lente du coefficient de réflexion dépendant du temps  $R(t) \sim 1/t$  pour laquelle aucune théorie n'existe à ce jour [6].

Ce stage **théorique** vise à expliquer le comportement de  $R(t)$  au point critique de la transition de localisation dans le cadre d'un modèle simplifié dans lequel les diffuseurs sont représentés par des points [8]. Nous envisageons de mettre en place le même principe de calcul qu'en une dimension (1D) [9] mais cette fois en 3D, ce qui correspond à la situation expérimentale.

Le candidat pour ce stage est attendu d'avoir un goût pour la physique théorique, ainsi que des compétences en calculs analytique et numérique.

Ce stage peut avoir un prolongement vers une thèse de doctorat portant sur un sujet proche.

### Bibliographie

1. D. Delande *et al.*, [La localisation forte d'Anderson](#), *Images de la Physique 2009*, pp. 70-74
2. P.W. Anderson, [Absence of diffusion in certain random lattices](#), *Phys. Rev.* **109**, 1492 (1958)
3. S.E. Skipetrov, B.A. van Tiggelen and J.H. Page, [La localisation forte d'Anderson des ondes classiques](#), *Images de la physique 2009*, pp. 75-80
4. A. Aspect *et al.*, [Localisation d'Anderson d'atomes ultrafroids](#), *Images de la physique 2009*, pp. 87-93
5. H. Hu *et al.*, [Localization of ultrasound in a three-dimensional elastic network](#), *Nature Physics* **4**, 945 (2008)
6. A. Aubry *et al.*, [Recurrent scattering and memory effect at the Anderson localization transition](#) *Phys. Rev. Lett.* **112**, 043903 (2014)
7. L.A. Cobus *et al.*, [Anderson mobility gap probed by dynamic coherent backscattering](#), *Phys. Rev. Lett.* **116**, 193901 (2016)
8. S.E. Skipetrov, [Finite-size scaling analysis of localization transition for scalar waves in a three-dimensional ensemble of resonant point scatterers](#), *Phys. Rev. B* **94**, 064202 (2016)
9. A. Sinha and S.E. Skipetrov, [Time-dependent reflection at the localization transition](#), *Phys. Rev. B* **97**, 104202 (2018)

## Master 2 internship proposal

**Subject:** Reflection of waves at the Anderson localization transition  
**Laboratory:** [Laboratoire de Physique et Modélisation des Milieux Condensés \(LPMMC\)](#)  
**Supervisor:** [Sergey Skipetrov](#)  
**Contact :** <http://lpmmc.cnrs.fr/skipetrov>  
[Sergey.Skipetrov@lpmmc.cnrs.fr](mailto:Sergey.Skipetrov@lpmmc.cnrs.fr), (+33) 4 76 88 74 97

### Summary:

Anderson localization is a phenomenon of halt of wave transport (electronic, optical, or other) through a disordered system due to destructive interferences of waves scattered by the disorder [1]. First predicted for electrons in disordered solids [2], Anderson localization is now being studied for other types of waves (light, sound, etc.) [3], as well as for cold atoms in random potentials [4].

Recently, very convincing experiments have been carried out to demonstrate Anderson localization of vibrations (phonons) in three-dimensional (3D) disordered solids [3,5-7]. Several aspects of these experiments have been understood and well described theoretically. However, the experiments have revealed gaps in our theoretical knowledge. One gap concerns the reflection of a very short wave pulse by a disordered medium when the central frequency of the pulse is equal to the critical frequency  $\omega_c$  that separates the extended states for  $\omega > \omega_c$  from the localized states for  $\omega < \omega_c$ . The experiment yields a very slow decay of the time-dependent reflection coefficient  $R(t) \sim 1/t$  for which no theory exists to date [6].

This **theoretical** internship aims at explaining the behavior of  $R(t)$  at the critical point of the localization transition in the framework of a simplified model in which the scatterers are represented by points [8]. We plan to implement the same principle of computation as in one dimension (1D) [9] but this time in 3D, which corresponds to the experimental situation.

The candidate for this internship is expected to have a taste for theoretical physics, as well as analytical and numerical computational skills.

This internship can be followed by a PhD thesis on a related subject.

### Bibliography

1. D. Delande *et al.*, [La localisation forte d'Anderson](#), *Images de la Physique 2009*, pp. 70-74
2. P.W. Anderson, [Absence of diffusion in certain random lattices](#), *Phys. Rev.* **109**, 1492 (1958)
3. S.E. Skipetrov, B.A. van Tiggelen and J.H. Page, [La localisation forte d'Anderson des ondes classiques](#), *Images de la physique 2009*, pp. 75-80
4. A. Aspect *et al.*, [Localisation d'Anderson d'atomes ultrafroids](#), *Images de la physique 2009*, pp. 87-93
5. H. Hu *et al.*, [Localization of ultrasound in a three-dimensional elastic network](#), *Nature Physics* **4**, 945 (2008)
6. A. Aubry *et al.*, [Recurrent scattering and memory effect at the Anderson localization transition](#) *Phys. Rev. Lett.* **112**, 043903 (2014)
7. L.A. Cobus *et al.*, [Anderson mobility gap probed by dynamic coherent backscattering](#), *Phys. Rev. Lett.* **116**, 193901 (2016)
8. S.E. Skipetrov, [Finite-size scaling analysis of localization transition for scalar waves in a three-dimensional ensemble of resonant point scatterers](#), *Phys. Rev. B* **94**, 064202 (2016)
9. A. Sinha and S.E. Skipetrov, [Time-dependent reflection at the localization transition](#), *Phys. Rev. B* **97**, 104202 (2018)