



Physique statistique des ondes : calcul et exploitation des fonctions de Green

Proposition de stage M2 recherche à Grenoble au **LPMCMC**
Laboratoire de Physique et Modélisation des Milieux Condensés

Encadrant : Vincent Rossetto vincent.rossetto@grenoble.cnrs.fr

Candidat : Physicien de formation en théorie, maîtrisant les concepts de physique statistique et à l'aise en mathématiques.

Dans un milieu désordonné, hétérogène, les ondes sont diffusées par les nombreuses irrégularités. Il en résulte un régime de transport, la *diffusion multiple*. Dans ce régime, qui n'est jamais à l'équilibre, les propriétés des ondes sont obtenues par des statistiques sur les trajectoires. À partir des propriétés de ces ondes, il est possible d'extraire des propriétés du milieu de propagation. En effet, dans les milieux hétérogènes comme dans les milieux homogènes, les ondes interagissent avec des objets ou des structures. En milieu homogène, les méthodes de détection et d'imagerie directes utilisent la géométrie élémentaire de la diffusion simple. Dans les milieux hétérogènes, les fonctions de Green sont plus complexes, mais permettent également d'effectuer détection et imagerie.

La propagation des ondes dans un système bidimensionnel est bien décrite dans le régime des grandes longueurs d'onde (limite classique) par une formulation proche de l'équation de Boltzmann. Dans ce régime, la fonction de Green scalaire est connue de manière complète [1]. Cette solution exacte est valable dans le cas d'un désordre idéal, or dans la réalité, seul un échantillon restreint des réalisations sur le désordre est observé [2]. *L'un des objectifs du stage consiste à relier les fluctuations de la fonction de Green bidimensionnelle exacte à l'échantillonnage dû au désordre effectif.*

En acoustique et en sismologie, les fréquences des ondes sont suffisamment basses pour que l'on puisse accéder à la phase des ondes. Cette possibilité permet d'obtenir une grande sensibilité aux variations locales des propriétés de transport. On peut alors effectuer une imagerie structurelle basée sur ces corrélations [3]. Les fluctuations des corrélations jouent un rôle crucial sur la précision des méthodes d'imagerie. *Au cours du stage, on étudiera les fluctuations des corrélations, d'origine semblable à celle des fonctions de Green.*

Ce travail pourra être prolongé en thèse, en étendant le champ d'étude à d'autres propriétés des ondes, comme les interférences la polarisation et l'équipartition de l'énergie des ondes élastiques.

-
- [1] V. Rossetto, Space-time domain velocity distributions in isotropic radiative transfer in two dimensions, *J. Phys. A : Math. Theor.* **50**, 165001 (2017)
[arXiv:1608.08070](https://arxiv.org/abs/1608.08070)
- [2] V. Rossetto, Local time in diffusive media and applications to imaging. *Phys. Rev. E* **88** 022103 (2013) [arXiv:1307.4867](https://arxiv.org/abs/1307.4867)
- [3] V. Rossetto, L. Margerin, T. Planès and É. Larose, Locating a weak change using diffuse waves: Theoretical approach and inversion procedure. *J. Appl. Phys.* **109**, 034903 (2011)



Statistical physics of waves : computation and exploitation of Green's functions

M2 internship proposal at the LPMC (Grenoble)

Laboratoire de Physique et Modélisation des Milieux Condensés

Proposed by : Vincent Rossetto vincent.rossetto@grenoble.cnrs.fr

for : a physicist trained in theory, with a good knowledge of statistical physics and skills in mathematics.

In a disordered and heterogeneous medium, waves are scattered by a large number of irregularities. This modifies their transport regime into the *multiple scattering* regime. Multiple scattering is an out-of-equilibrium regime in which the properties of the waves are obtained by performing statistics on their trajectories. From these properties one knows how to extract some properties of the propagation medium. In heterogeneous media indeed, like in homogeneous ones, waves interact with object, defects and structures. In homogeneous media, direct detection and imaging techniques use the elementary geometry of single scattering. In heterogeneous media the Green's function have a more complex property than rectilinear propagation but it still possible to perform detection and imaging.

In two dimensions, the multiple scattering propagation of waves is well described by an equation similar to the Boltzmann equation. The scalar Green's function is known exactly and completely [1]. This Green's function is however valid in a perfect disorder ; in a realistic disorder only a sample of the possible trajectories exist [2]. *One of the goals of the intership is to establish a relation between the fluctuations of the exact two-dimensional Green's function and the fluctuations caused by the effective disorder sampling.*

In acoustics and sismology, the frequency of the waves is low enough to allow for measuring their phase. This possibility enhances the sensitivity to local variations of the medium properties. We have designed an accurate imaging techniques for the medium based on this observation [3]. In this technique, the fluctuations of the Green's functions correlations control the precision of the produced images. *During the internship, we will study the fluctuations of the correlations of Green's functions, emerging from the same principle as the fluctuations of the Green's functions themselves.*

The M2 internship can be extended into a Ph.D thesis. In order to do so, the field of investigation will include polarization of the waves, interferences and equipartition.

- [1] V. Rossetto, Space-time domain velocity distributions in isotropic radiative transfer in two dimensions, *J. Phys. A : Math. Theor.* **50**, 165001 (2017)
[arXiv:1608.08070](https://arxiv.org/abs/1608.08070)
- [2] V. Rossetto, Local time in diffusive media and applications to imaging. *Phys. Rev. E* **88** 022103 (2013) [arXiv:1307.4867](https://arxiv.org/abs/1307.4867)
- [3] V. Rossetto, L. Margerin, T. Planès and É. Larose, Locating a weak change using diffuse waves: Theoretical approach and inversion procedure. *J. Appl. Phys.* **109**, 034903 (2011)