



## Proposition de sujet de stage

**Titre du stage :** Etude théorique et numérique de l'émergence des corrélations spatiales dans les systèmes branchants.

**Laboratoire :** IRFU/DPhN au CEA-Saclay

Responsable du stage :  
Eric Dumonteil, [eric.dumonteil@cea.fr](mailto:eric.dumonteil@cea.fr), ☎ : 01 69 08 56 02

**Durée souhaitée :** 6 mois, niveau équivalent M2

L'étude des marches aléatoires branchantes permet de décrire de nombreux phénomènes tels que la propagation des épidémies, la transmission génétique au sein de populations, la mécanique quantique ou le transport des neutrons dans les milieux fissiles pour n'en citer que quelques-uns.

Dans ce dernier domaine par exemple, des travaux récents ont montré que des structures spatiales (phénomène de "clustering") pouvaient émerger au sein de la population de neutron présente dans un réacteur nucléaire [1], que l'on caractérise à l'aide de la fonction de corrélation spatiale (ou fonction à deux points). Des approches fondées sur l'utilisation d'outils de la théorie quantique des champs (QFT) ont permis de caractériser cette fonction de corrélation, mais montrent des limites vis à vis de l'étude de certaines grandeurs (notamment concernant le calcul de diverses observables dans la vicinity du point critique).

Ce stage propose par conséquent de mettre au point une approche Lagrangienne dans cet objectif, en calquant une technique élaborée par Doi et Peliti [2] et reprise par Garcia-Millan [3], afin de retrouver les résultats de l'approche QFT puis d'étendre ces derniers à différentes observables. Pour ce faire, il conviendra d'ajouter un opérateur de diffusion au Lagrangien, prenant ainsi en compte le phénomène de transport de l'espèce considérée (neutrons en physique des réacteurs, virus en épidémiologie, configurations en mécanique quantique). Les résultats de ces développements formels pourront alors être confirmés numériquement à l'aide d'un code Monte-Carlo simplifié d'ores et déjà développé en Python. Il conviendra par conséquent d'implémenter dans ce code le calcul de différentes grandeurs d'intérêt (corrélations temporelles, spatiales, taille et fluctuations de la population, ...), et de réaliser une analyse spectrale de la distribution obtenue (calcul des modes propres du système), pour finalement essayer d'extrapoler les résultats obtenus pour des milieux critiques ou sur/sous-critiques.

Le candidat recherché doit être en dernière année d'école d'ingénieur ou en master recherche de physique théorique, de physique fondamentale ou d'ingénierie nucléaire. Il doit avoir des connaissances de base en modélisation mathématique et en physique statistique (ex: probabilités, calcul stochastique, marches aléatoires, transitions de phase) et être capable de réaliser des développements informatiques en C++ ou en Python.

Ce travail sera basé sur le centre de Saclay du CEA (Orme des Merisiers) mais se fera en collaboration étroite avec l'IRSN de Fontenay-aux-Roses (contact: Benjamin Dechenaux). Il peut à ce titre nécessiter des déplacements réguliers entre ces 2 centres.

[1] E. Dumonteil et al. Nature Commun Phys 4, 151 (2021).

[2] M. Doi, J. Phys. A: Math. Gen. 9, 1465 (1976).

[3] L. Peliti, J. Phys. (Paris) 46, 1469 (1985).

[3] R. Garcia-Millan, Phys. Rev. E 98, 062107 (2018).