

# Méthodes numériques dans les systèmes complexes en physique théorique (Mardi 24 Mai 2011)

Organisé par :

**Maxim Chernodub**, FDP, LMPT, Tours

**Amaury Mouchet**, FDP, LMPT, Tours

**Antti Niemi**, FDP, LMPT, Tours

**Loic Villain**, FDP, LMPT, Tours

Orateurs invités :

16h40 : **Philippe Grandclément**, LUTH, CNRS - Observatoire Paris-Meudon, Meudon

17h : **Amaury Mouchet**, FDP, LMPT, Université F. Rabelais, Tours

17h20 : **Enrick Olive**, LEMA, Université F. Rabelais - CNRS - CEA, Tours

17h40 : **Olivier Pene**, LPT, CNRS - Université Paris-Sud XI, Orsay

Résumés des interventions :

- P. Grandclément :

## **Méthodes spectrales pour la physique théorique**

Les méthodes spectrales sont une famille de techniques numériques où les fonctions sont décrites par une somme finie de fonctions orthogonales connues dites fonctions de base. La transformation de Fourier discrète est sans doute l'exemple le plus connu de méthode spectrale. Ces techniques numériques permettent généralement d'obtenir une très bonne précision tout en étant relativement peu gourmandes en ressources numériques. Je présenterai le travail effectué pour implémenter les méthodes spectrales de façon la plus flexible possible que ce soit en terme de géométrie ou du type d'équations considérées. Le résultat de ce processus est la création d'une librairie numérique pouvant être utilisée pour étudier une grande variété de problèmes dans le contexte de la physique théorique. J'essayerai d'illustrer cela en montrant plusieurs applications en théorie de jauge et en relativité générale classique;

- A. Mouchet :

## **Intervalles spectraux interdits**

Une méthode inédite pour trouver des intervalles interdits aux valeurs propres d'un opérateur spectral est présentée. À titre d'illustration, on traitera le cas d'un oscillateur quartique où l'on conjecture, à partir d'observations numériques, que l'on dispose alors d'un algorithme algébrique simple permettant de séparer les énergies du hamiltonien, y compris dans le régime tunnel d'un double puits;

- E. Olive :

## **Transition de dépiégeage en milieu aléatoire**

On s'intéresse à une large classe de systèmes (interfaces et structures périodiques) dans lesquels se joue une compétition entre l'élasticité de la structure (qui tend à imposer un ordre parfait) et un potentiel aléatoire (qui tend à déformer à plus ou moins grande

échelle cet ordre parfait). Nous étudions en particulier les réseaux de vortex dans les supraconducteurs. Lorsque ces systèmes sont soumis à une force extérieure  $F$ , il y a apparition d'une valeur critique  $F_c$  séparant deux phases distinctes: une phase piégée (pour  $F < F_c$ ) où la vitesse moyenne du système est nulle, et une phase en mouvement dite dépiégée (pour  $F > F_c$ ) avec une vitesse moyenne finie. Pour les structures périodiques, une transition de dépiégeage plastique est observée lorsque le désordre domine l'élasticité (piégeage fort), caractérisée par un dépiégeage doux du système avec un écoulement plastique et coexistence de particules piégées et en mouvement. D'un point de vue théorique la nature de la transition de dépiégeage plastique reste encore débattue: transition discontinue du premier ordre avec hystérésis, ou transition continue du second ordre avec lois d'échelle et exposants critiques.

Nous abordons la complexité de ces systèmes à travers des simulations numériques à grande échelle. Les équations du mouvement des particules sont intégrées numériquement dans un algorithme de dynamique moléculaire de type Runge Kutta. En piégeage fort, nos résultats montrent une transition de dépiégeage plastique continue (second ordre). Au voisinage du dépiégeage la dynamique est chaotique et de basse dimensionalité, et des lois d'échelle avec des exposants critiques ont été trouvés. Lors de cet exposé, quelques aspects de la complexité de cette physique très riche seront abordés en mettant l'accent sur les résultats de simulation numérique obtenus;

- O. Pene :

### **La chromodynamique quantique, une véritable révolution scientifique**

L'interaction forte subnucléaire explique l'existence des noyaux atomiques qui constituent 99 % de la matière visible de l'univers. Elle semblait un mystère insondable quand, au début des années 1970, naquit la chromodynamique quantique, une théorie remarquable par la clarté et la compacité de ses prémisses d'une part, la richesse et la variété de ses applications. Il n'existe pas de solution analytique de cette théorie. En particulier la démonstration de la propriété dite "du confinement" est un des défis scientifiques majeurs à ce jour.

Il existe une méthode numérique extrêmement puissante et rigoureuse qui permet d'en calculer un grand nombre de prédictions: la chromodynamique quantique sur réseau. Les puissances de calcul nécessaires sont immenses et exigent de très bons algorithmes et des ordinateurs de très haute puissance. Nous en décrirons les principes et montrerons quelques résultats.