

Orbites régulières et transition de phases hors-d'équilibre dans les systèmes avec interactions à longue portée

R. Bachelard¹, C. Chandre², M.-E. Couprie¹, D. Fanelli³, X. Leoncini², & S. Ruffo³

¹ Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, Saint-Aubin - BP 48, F-91192 Gif-sur-Yvette cedex, France

² Centre de Physique Théorique, CNRS-Aix-Marseille Université, Luminy, Case 907, F-13288 Marseille cedex 9, France

³ Centro interdipartimentale per lo Studio delle Dinamiche Complesse (CSDC) and INFN and Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco", Università di Firenze, via s. Marta 3, 50139 Firenze, Italia

romain.bachelard@synchrotron-soleil.fr

Les interactions à longue portée (c'est-à-dire en $1/r^\alpha$, avec $\alpha < d$ la dimension du système) sont présentes dans de nombreux domaines de la physique [1], de l'interaction ondes-particules (physique des plasmas, lasers à électrons libres, etc) à l'astrophysique et aux condensats de Bose-Einstein. Or leur dynamique présente une caractéristique très particulière, celle de se retrouver piégée dans des régimes hors d'équilibre sur des temps très longs (divergents avec le nombre de particules). Ces dynamiques métastables sont appelés "états quasi-stationnaires".

Nous nous intéressons à ces états à travers le modèle paradigmatique Hamiltonian Mean Field [2]. Ce système de N rotateurs couplés est caractérisé macroscopiquement par sa magnétisation $M = \langle e^{ix_j} \rangle_{j=1:N}$, qui caractérise le degré d'agrégation des N corps. Les états quasi-stationnaires peuvent alors être décomposés en deux grandes familles, les états "magnétisés" et les états "non-magnétisés".

On peut alors montrer [3] que lorsque le nombre de degrés de liberté du système (c'est-à-dire le nombre de particules) augmente, les orbites régulières apparaissent et se multiplient, associées à des tores invariants de la dynamique d'une particule-test. La présence de ces tores représente une interprétation dynamique de l'émergence des états quasi-stationnaires, parallèlement à l'explication statistique de ce phénomène (réalisé grâce à un mécanisme de minimisation d'entropie). La transition de phases hors d'équilibre de ce système (d'un régime magnétisé à non-magnétisé) peut alors être réinterprétée comme une bifurcation dynamique des structures de l'espace des phases. Une phénoménologie similaire est observée dans un modèle de laser à électrons libres.

Références

1. T. Dauxois *et al.* (Eds.) *Dynamics and thermodynamics of systems with long-range interactions*, Lecture Notes in Physics **602** (Springer, Berlin, 2002).
2. M. Antoni and S. Ruffo, Phys. Rev. E **52**, 3261 (1995).
3. R. Bachelard *et al.*, Phys. Rev. Lett. (accepted)