

Transition de dépiégeage en milieu aléatoire

Enrick OLIVE, Université F. Rabelais de Tours

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). Les structures périodiques peuvent être les réseaux de vortex dans les supraconducteurs, les ondes de densité de charge dans les métaux, le cristal de Wigner, les colloïdes, tandis que les interfaces concernent les parois de domaine magnétique, le mouillage et la dynamique d'une ligne de contact, la propagation de fracture dans les matériaux, ... Nous nous concentrons ici sur les structures périodiques (essentiellement réseaux de vortex dans les supraconducteurs et colloïdes).

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, deux types de dépiégeage génériques sont alors observés : le dépiégeage plastique lorsque le désordre domine l'élasticité (piégeage fort), caractérisé par un dépiégeage doux du système avec un écoulement plastique et coexistence de particules piégées et en mouvement, et le dépiégeage élastique lorsque l'élasticité domine le désordre (piégeage faible) qui est caractérisé par un dépiégeage brutal du système avec un écoulement élastique (en bloc) des particules.

D'un point de vue théorique seul le dépiégeage de structures pour lesquelles le champ de déplacement est de dimension $N = 1$ est correctement compris, et uniquement dans le cas élastique. A l'heure actuelle, il n'existe pas de théorie satisfaisante pour $N = 2$ (cas des réseaux de vortex et des colloïdes notamment) décrivant le dépiégeage élastique ou plastique. En particulier, 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. Nous avons mis en évidence le caractère universel des lois d'échelles et des exposants critiques vis à vis de l'intensité et des réalisations différentes du désordre. En piégeage faible, un dépiégeage élastique est observé, et nos premiers résultats semblent là encore indiquer une transition du second ordre avec exposants critiques.

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.