

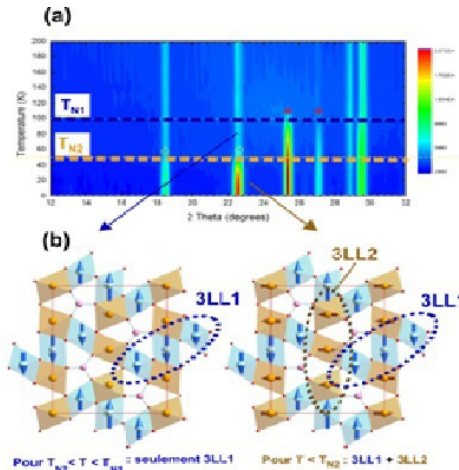


Neutrons et rayons X comme sondes des propriétés magnétiques et électroniques de composés multiferroïques

Laura Chaix : tél : 01.69.08/33.43, laura.chaix@cea.fr. Françoise Damay : tél : /49.54, francoise.damay@cea.fr.
Sylvain Petit : tél : /60.39, sylvain.petit@cea.fr

Les couplages entre les degrés de liberté de spin, de charge, d'orbitales et de réseau sont à l'origine de phénomènes particulièrement intéressants en matière condensée. Un exemple bien connu est la supraconductivité conventionnelle qui est issue d'un couplage entre les phonons (excitations liées au réseau) et les électrons (degré de liberté de charge). Dans les composés multiferroïques, la coexistence d'un ordre ferroélectrique avec un ordre magnétique conduit au couplage magnéto-électrique, permettant la manipulation croisée des degrés de liberté de spin (de charge) par un champ électrique (magnétique). De telles propriétés permettent d'envisager ces matériaux pour de potentielles applications dans le domaine du stockage de l'information et plus particulièrement pour la création de mémoires à quatre états (deux états électriques et deux états magnétiques). L'étude poussée des ordres ferroélectrique et magnétique de ce type de composés permet aux chercheurs de comprendre en détail leurs propriétés afin d'optimiser leur potentielle intrication. Nous étudions une série de composés, les ludwigites, qui sont promet-

teurs dans le contexte de la multiferroïcité électronique, où la ferroélectricité est induite par un ordre de charge et coexiste avec un ordre magnétique complexe. Notre approche est basée sur l'utilisation, en parallèle, de la diffusion de neutrons et de rayons X. Bien qu'à ses prémices, cette étude a déjà montré que le magnétisme de ces composés est complexe et plutôt de basse dimensionnalité, sous forme d'échelles découplées (voir figure). Enfin, les propriétés magnétiques ainsi que l'ordre de charge semblent particulièrement impactés lors de substitutions, laissant présager des phénomènes d'intrication entre les ordres.



(a) Diffraction de Neutrons sur Poudre (DNP) d'un composé ludwigite : $\text{Fe}_3\text{Mn}_2\text{BO}_5$. Lorsque l'on refroidit l'échantillon, différents pics magnétiques apparaissent à deux températures : T_{N1} et T_{N2} . Cela suggère la présence de deux sous-réseaux magnétiques découplés. (b) Structures magnétiques obtenues après affinement des données de DNP. Lorsque la température est inférieure à T_{N1} mais supérieure à T_{N2} , l'ordre magnétique correspond à un arrangement uniquement sur l'échelle 3LL1. En dessous de T_{N2} , la deuxième échelle, 3LL2, s'ordonne indépendamment, montrant le caractère découplé des deux sous-réseaux magnétiques.

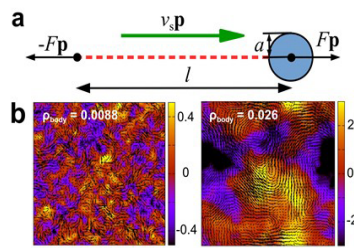


Les bactéries ne nagent jamais seules

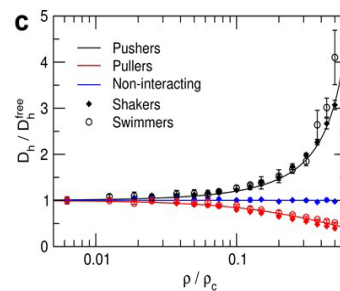
Cesare Nardini : tél : 01.69.08/70.72, cesare.nardini@cea.fr

Les bactéries et les colloïdes autopropulsés génèrent un écoulement dans le fluide dans lequel ils se déplacent. Dans le régime dilué, ces suspensions constituent un des seuls exemples de matière active où des prédictions théoriques précises peuvent être comparées à l'expérience. Dans des suspensions suffisamment denses, les bactéries sont transportées (advectées) par l'écoulement généré par leurs congénères, ce qui entraîne une synchronisation du mouvement entre proches voisins. A une fraction volumique d'environ 2% (pour une suspension d'E. Coli), les bactéries s'auto-organisent en de larges vortex et "jets" similaires aux structures d'un écoulement turbulent. Nous avons réalisé la première simulation à grande échelle (jusqu'à 4 millions de bactéries) qui décrit cette transition entre un mouvement erratique (figure de gauche) et un mouvement cohérent (figure de droite). De manière surprenante, nous avons découvert qu'il existe de fortes corrélations même dans les systèmes très dilués (de l'ordre de 0.1% ou

moins) dont on doit tenir compte même dans l'état où le mouvement paraît erratique. Ces corrélations ont des conséquences cruciales sur des quantités facilement mesurables, comme par exemple la diffusivité d'un traceur dans la suspension (figure



a) Modèle de nageur utilisé dans les simulations de Boltzmann sur réseau ; chaque nageur exerce une force de propulsion $-F_p$ sur le fluide, et une force opposée F_p à une distance l de la force propulsive. Le modèle illustré est celui d'un « pusher swimmer », c'est-à-dire un nageur qui repousse le fluide le long de son parcours, un « puller swimmer » au contraire attirerait le fluide ; b) Instantané d'une coupe 2D du champ de vitesse du fluide dans une suspension 3D en-dessous (à gauche) et au-dessus (à droite) de la transition vers l'état turbulent ; c) Diffusivité d'un traceur en fonction de la densité de bactéries, normalisée par sa valeur à très basse densité. Les simulations (points) sont comparées aux prédictions de la théorie cinétique (lignes noires et rouges). Les résultats obtenus pour les nageurs sont comparés au cas de particules exerçant des forces sur le fluide mais ne nageant pas (« shakers »). Les théories précédentes correspondent à des bactéries non-interagissantes (lignes et points bleus).



de droite) ou les fluctuations du champ de vitesse dans le fluide. Le phénomène est étudié de manière analytique par une approche cinétique similaire aux théories cinétiques utilisées pour les systèmes avec interactions à longue portée, comme les plasmas ou les systèmes autogravitants. Cette formulation étant non-perturbative en fonction de la densité de bactéries, on peut obtenir des prédictions quantitatives très près de la transition vers l'état turbulent, où les corrélations deviennent. Nous espérons que ces résultats seront testés par des groupes expérimentaux dans un futur proche. Ces travaux sont publiés dans *Physical Review Letters*.

