

Les inhomogénéités dans les cuprates, intrinsèques ou extrinsèques ?

Tristan Cren

La question des inhomogénéités spatiales du gap supraconducteur dans les cuprates suscite un grand intérêt, largement motivé par le fait que divers modèles développés pour la supraconductivité à haute température prévoient une séparation de phases électroniques. C'est un sujet qui reste relativement controversé, la question de savoir si les inhomogénéités sont intrinsèques ou extrinsèques restant ouverte. La densité d'états locale exhibe plusieurs types d'inhomogénéités spatiales dont les principales sont :

- I) Des variations spatiales de l'amplitude du gap supraconducteur
- II) L'existence d'îlots pseudogap dans l'état supraconducteur
- III) Des modulations spatiales dans la densité d'états à basse énergie, à l'intérieur du gap,

L'un de points les plus frappants des études par microscopie/spectroscopie tunnel à balayage (STM/STS) des cuprates est l'observation d'inhomogénéités spatiales dans l'amplitude du gap. Un grand nombre d'études ont reporté de fortes inhomogénéités dans l'état supraconducteur de Bi2212, mais aussi Bi2201 ou Bi2223. Les cartographies de la densité d'états locale dans la phase supraconductrice montrent un réseau d'îlots nanométriques avec des gaps d'amplitudes variables, ainsi que des îlots pseudogaps immergés au milieu de régions « supraconductrices ». Un mécanisme de séparation de phases électroniques pourrait être un bon candidat pour ce type de phénomène mais il n'est pas encore possible d'éliminer des causes extrinsèques. En effet les cuprates étudiés par STS sont en général non stoechiométriques et présentent un désordre de substitution et de dopants. D'ailleurs, en combinant de mesures topographiques et spectroscopiques à l'échelle atomique, une légère corrélation entre l'amplitude du gap et la distribution spatiale en oxygène a été trouvée. Il faut noter cependant que la substitution de Pb dans les plans de BiO ne semble pas avoir d'effet direct sur les inhomogénéités du gap. Par ailleurs, des mesures récentes sur Bi2212 et Bi2223 ont montré une corrélation forte entre le gap et la supermodulation du réseau de périodicité 2,7nm, ceci semble montrer que le gap est largement modulé par la structure cristalline, ce qui plaiderait pour un effet extrinsèque.

Les excitations à l'intérieur du gap supraconducteur présentent aussi une forte inhomogénéité mais d'une nature assez différente des fluctuations spatiales du gap. On distingue deux types d'effets : d'une part, des excitations dispersives liées à des diffuseurs faibles qui se traduisent par des modulations électroniques qui reflètent la dispersion des états. D'autre part, on observe aussi une modulation spatiale non dispersive dans un grand nombre d'échantillons que ce soit dans l'état supraconducteur ou pseudogap et qui semble générique aux cuprates. Cette modulation se présente souvent sous la forme d'une superstructure électronique de périodicité voisine de $4a_0 \times 4a_0$. Cette modulation a d'abord été observée autour des cœurs de vortex et dans l'état pseudogap au dessus de T_c dans Bi2212. Elle est également observée dans les îlots pseudogaps et dans les régions faiblement supraconductrices de Bi2223 ainsi que dans l'état supraconducteur et pseudogap de $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$. Le fait que cette modulation soit anti-corrélée avec l'état supraconducteur laisse penser qu'il pourrait s'agir d'un ordre en compétition avec la supraconductivité. Diverses interprétations ont été proposées comme par exemple un effet de localisation partielle des trous, mais il n'existe pas pour le moment de modèle définitif pour cette modulation. Malgré les importants progrès expérimentaux, le lien entre les différentes observations et l'origine de l'appariement et de l'ordre à longue distance dans les cuprates reste à élucider.