

## Réponse magnétique des nanoparticules métalliques : effets géométriques et relativistes

Rodolfo JALABERT

Université de Strasbourg, CNRS IPCMS, UMR 7504, Strasbourg - France  
[rodolfo.jalabert@ipcms.unistra.fr](mailto:rodolfo.jalabert@ipcms.unistra.fr)

Plusieurs expériences ont révélé les propriétés magnétiques très inhabituelles caractérisant des ensembles de nanoparticules d'or entourées de ligands organiques, incluant des réponses ferromagnétiques, paramagnétiques et (très fortement) diamagnétiques. Ces observations expérimentales se distinguent spectaculairement de la faible réponse diamagnétique des échantillons d'or macroscopiques.

Nous étudions théoriquement la possibilité que le magnétisme inhabituel observé dans les nanoparticules d'or soit d'origine orbitale. En utilisant des techniques semi-classiques, nous évaluons la composante orbitale de la susceptibilité magnétique de nanoparticules métalliques individuelles et d'ensembles de nanoparticules. Alors que la réponse orbitale d'une nanoparticule peut dépasser, en valeur absolue, de plusieurs ordres de grandeur la susceptibilité de Landau, et être, soit diamagnétique, soit paramagnétique, selon sa taille, nous montrons que la susceptibilité d'un ensemble de nanoparticules non-interagissant est toujours paramagnétique à de faibles champs magnétiques. En particulier, nous prédisons que la susceptibilité à champ nul suit une loi de type Curie pour les petites tailles de nanoparticules et/ou les basses températures. La magnétisation calculée en fonction du champ pour un ensemble de nanoparticules diluées est en bon accord avec les expériences existantes qui donnent une très forte réponse paramagnétique. L'analyse semi-classique montre que la dynamique classique sous-jacente des électrons, et en conséquence aussi la géométrie des nanoparticules, sont décisives pour la valeur de la réponse magnétique.

Afin de rendre compte des résultats expérimentaux non expliqués par notre modélisation, d'autres effets physiques pouvant jouer un rôle important dans certains régimes, devraient être pris en considération, parmi eux, le couplage spin-orbite et l'interaction entre les moments magnétiques des nanoparticules. Nous montrons que les effets de spin-orbite, ainsi que les autres corrections faiblement relativistes, ne sont pas suffisants pour renverser le signe de la susceptibilité d'un ensemble de nanoparticules afin de donner une réponse diamagnétique. Nous établissons que des instabilités magnétiques peuvent conduire à un alignement spontané de la magnétisation dans le cas où les nanoparticules ont un couplage dipolaire et leur susceptibilité est paramagnétique et très grande.