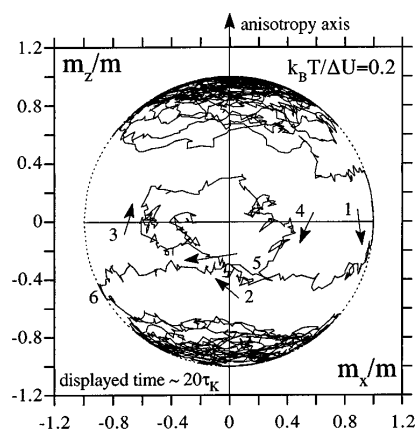


Sujets de stage MA1 2022-2023 du Service de Physique Biomédicale

Dynamique du moment magnétique d'une particule superparamagnétique

Les nanoparticules superparamagnétiques sont des particules de tailles nanométriques et fortement aimantées. Elles sont notamment utilisées en imagerie par résonance magnétique (IRM) comme agents de contraste : lorsqu'on les injecte, ces nanoparticules peuvent cibler des cellules d'intérêts (cancéreuses par exemple) et modifient la « couleur » de ces cellules à l'image, permettant aux médecins de mieux visualiser les zones cancéreuses ou faciliter le diagnostic. Elles servent également d'agents de contraste pour une nouvelle technique d'imagerie qui s'est développée ces dix dernières années : le Magnetic Particle Imaging (MPI). Contrairement à l'IRM, cette technique permet de visualiser ces particules en les excitant directement, ce qui rend la technique beaucoup plus sensible aux nanoparticules que l'IRM.

Le MPI se base sur la réponse d'une nanoparticule superparamagnétique à une excitation magnétique. La modélisation théorique de celle-ci s'avère très complexe : une nanoparticule superparamagnétique est à la frontière entre les mondes quantique et classique et est fortement dépendante de l'agitation thermique. Or, cette modélisation s'avère importante si l'on veut comprendre et optimiser les différents paramètres intervenant dans le MPI. Dans ce stage, nous vous proposons de modéliser numériquement la dynamique du moment magnétique d'une particule superparamagnétique. Celle-ci consistera à résoudre numériquement l'équation de Landau-Lifshitz-Gilbert auquel on a ajouté un terme aléatoire. Le programme sera entièrement écrit par l'étudiant et le langage de programmation utilisé est laissé au choix de l'étudiant. Le paramètre principal étudié sera l'influence de la température sur le temps de relaxation de ces nanoparticules.



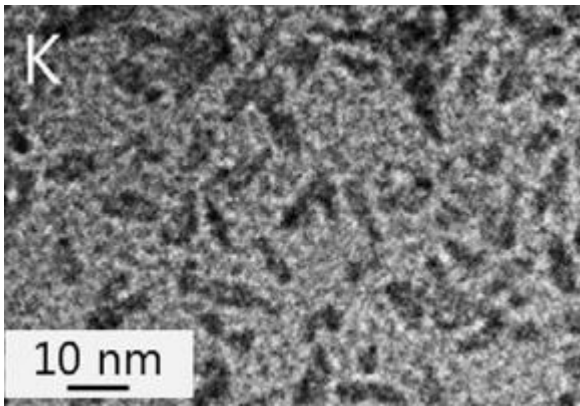
Dynamique aléatoire du moment magnétique d'une particule superparamagnétique

Référence : García-Palacios, J. L., & Lázaro, F. J. (1998). Langevin-dynamics study of the dynamical properties of small magnetic particles. *Physical Review B*, 58(22), 14937.

Contact : yves.gossuin@umons.ac.be ou quoc-lam.vuong@umons.ac.be

Caractérisation pluridisciplinaire de nanoparticules d'oxyhydroxyde de fer

Les particules ferrimagnétiques de magnétite (Fe_3O_4) sont couramment utilisées comme agents de contraste pour l'IRM en recherche biomédicale [1]. Cependant, elles induisent un contraste négatif car elles diminuent la valeur de T_2 des tissus où elles s'accumulent, ce qui mène à une disparition rapide du signal. Afin de privilégier un contraste IRM positif (marqué par une augmentation du signal), il convient d'utiliser des agents de contraste pour les lesquels le rapport entre T_1 et T_2 est proche de l'unité. Pour ce faire, on pourrait utiliser des nanoparticules antiferromagnétiques d'oxyhydroxyde de fer [2] (comme l'akaganéite ou la ferrihydrite), dont les propriétés de relaxation sont encore mal connues. Lors de ce stage, les propriétés physico-chimiques, magnétiques et RMN de deux suspensions commerciales de nanoparticules d'oxyhydroxyde de fer seront étudiées. Ces suspensions sont actuellement utilisées en hôpital comme compléments de fer à injecter. Il s'agira d'abord d'identifier la phase cristalline par DRX et de mesurer la taille des particules (taille hydrodynamique par DLS, taille du cœur cristallin par microscopie électronique). Ensuite, on étudiera les propriétés magnétiques des nanoparticules (courbes M-H à différentes températures) et leur effet sur les temps de relaxation RMN T_1 et T_2 de l'eau à différents champs magnétiques, pHs et températures. Les résultats obtenus permettront d'obtenir des informations quant à la nature du mécanisme de relaxation des protons de l'eau en présence de nanoparticules d'oxyhydroxyde de fer.



Nanoparticules d'akaganéite [3]

Références :

1. Gossuin et al, WIRE, WIRE: Nanomed Nanobiotechnol, 2009, 1(3), p. 299
2. Cornell and Schwertmann, 2nd Edition, Weinheim : Wiley-VCH, 2003
3. Wu et Al, Int. J. Pharm., 2016, 505, 167-174

Si vous êtes intéressé, merci de prendre contact avec

yves.gossuin@umons.ac.be ou quoc-lam.vuong@umons.ac.be