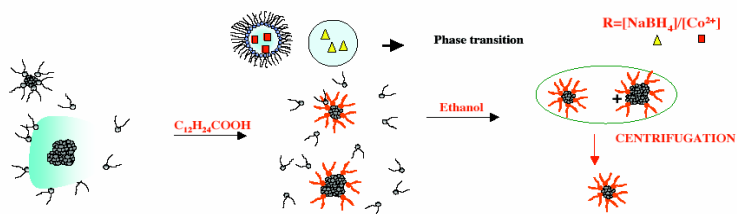


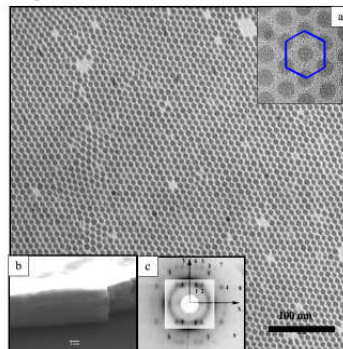
L'objectif de notre projet est d'étudier les propriétés dynamiques de l'aimantation d'assemblages auto-organisés de nano-cristaux de cobalt. Il s'agit d'explorer l'importance des effets collectifs magnétiques sur l'évolution temporelle de l'aimantation d'un assemblage « supra-cristallin » de tels nano-cristaux. C'est une collaboration entre le LM2N (Paris VI) expert dans l'élaboration de ces nanostructures et l'équipe GONLO de l'IPCMS qui a initié un nouveau domaine d'étude du magnétisme, le femto-magnétisme, montrant la possibilité de modifier l'aimantation de systèmes ferromagnétiques à l'échelle femtoseconde. Une extension récente de ces études a permis d'observer la précession d'aimantation induite optiquement, en temps réel et dans les trois directions de l'espace. La mise en commun des deux compétences permettra d'explorer la réponse dynamique d'aimantation de nano-systèmes en interaction. Il s'agit d'une approche de recherche fondamentale innovante dans le contexte des développements actuels de mémoires et dispositifs magnéto-optiques performants. En effet, nous pourrions donner des indications fortes sur les mécanismes intrinsèques et les limites physiques de dispositifs magnéto-optiques fonctionnant dans des conditions optimales (densité importante de nanocristaux et adressage ultra-rapide). Nos investigations porteront également sur la comparaison entre des nano-structures auto-organisées et des assemblées non corrélées de nano-particules en explorant notamment les régimes ferromagnétique et super-paramagnétique et les vibrations cohérentes inter-particule liées à l'auto-organisation.

Synthèse en milieu micellaire



Synthèse en milieu colloïdal de nanocristaux de cobalt passivés par des chaînes aliphatiques. Le traitement post-synthèse assure une faible polydispersité et une redispersion aisée dans un solvant organique
I. Lisiecki, P.A. Albouy and M.P. Pileni J.Phys.Chem B, 108, 20050, (2004)
I. Lisiecki, M-P. Pileni, Langmuir 19, 9486, (2003)

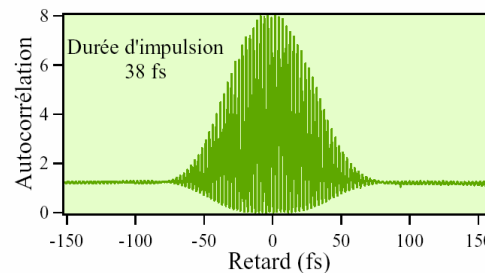
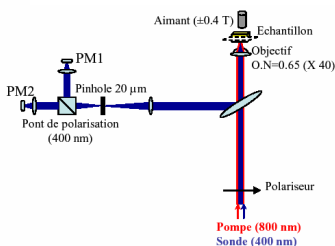
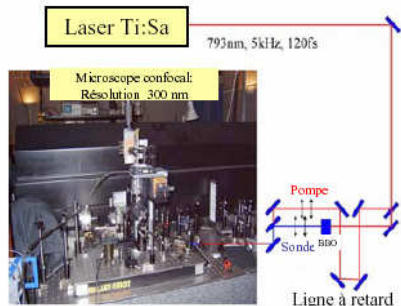
Organisations 2D et 3D de nanocristaux de cobalt



Des organisations à 2D et 3D de nanocristaux de cobalt sont obtenues sur HOPG ou Silicium. (a et b) La Diffraction X en incidence rasante révèle une organisation sur longue distance de type CFC (c): « SUPRA-CRISTAUX » de nano-cristaux magnétiques

I. Lisiecki, P.A. Albouy and M.P. Pileni Adv. Mater, 15, 712, (2003)

Montage expérimental

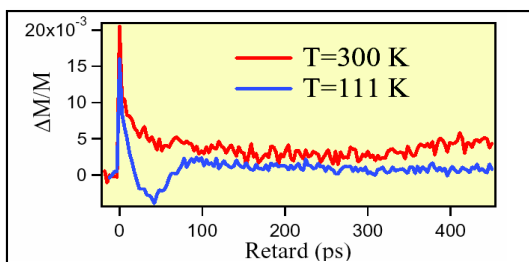


Autocorrelation interférométrique des impulsions lasers du système Titane-Saphir amplifié à 5 kHz. La durée de l'impulsion nous permet de remonter à la dynamique d'aimantation en régime femtoseconde. Les lignes à retard utilisées nous permettent également de couvrir une échelle de temps allant jusqu'à la nanoseconde.

Le microscope confocal en réflexion de résolution spatiale 300 nm, combiné à la technique de mesure magnéto-optique Kerr résolue en temps, nous permet d'accéder à la dynamique d'aimantation dans les mésostructures en fonction du degré d'organisation.

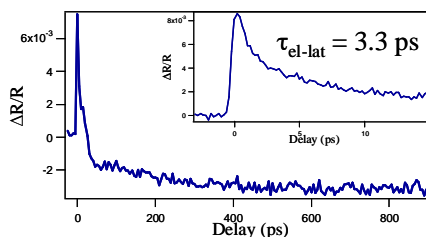
A. Laraoui, M. Albrecht, and J.-Y. Bigot, Optics Letters, 32, 936 (2007).
A. Laraoui, J. Vénuat, V. Halté, M. Albrecht, E. Beaupaire and J.-Y. Bigot, J. Appl. Phys. 101, 09C105 (2007)

Résultats

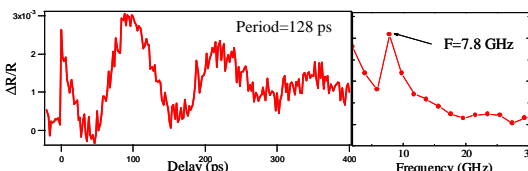


Dynamique d'aimantation à 300 K et 111 K d'une monocouche auto-organisée de nanoparticules de cobalt amorphes de diamètre moyen 7 nm

Une caractérisation de l'aimantation statique par mesure SQUID (mesures Zero-Field-Cooling/ Field-Cooling) montre que cette monocouche est superparamagnétique à 300 K et ferromagnétique à 70 K, la température de blocage se situant autour de 120K. Après une désaimantation ultra-brève qui se produit pendant l'impulsion pompe, l'aimantation se reconstruit en passant par un minimum pour la mesure à basse température (111 K) alors qu'elle est monotone à température ambiante. Nous interprétons ce résultat comme étant dû à une excursion de l'aimantation dans son potentiel d'anisotropie. Des expériences complémentaires sont en cours pour évaluer l'effet de la précession d'aimantation sur ce comportement dynamique.



Dynamique des électrons aux temps longs et courts (insert) dans une nanostructure désordonnée de nanoparticules de Co de 7 nm



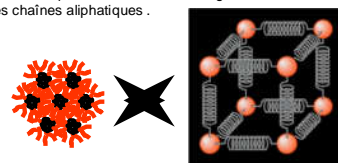
Dynamique électronique de nanoparticules de cobalt de 7 nm (supra-cristal 3D cfc)

Dans les deux cas les signaux de réflectivité différentielle $\Delta R/R$ présentent une relaxation rapide avec une constante de temps de quelques picosecondes qui correspond à la relaxation d'énergie des électrons au réseau cristallin du cobalt. Il s'agit d'un processus intrinsèque qui a lieu dans chaque nanoparticule, indépendamment de l'organisation de son environnement. Le mécanisme physique responsable est l'interaction électron-phonons (phonons acoustiques du cobalt). La dynamique correspondante est bien décrite par un modèle à deux températures (électrons et réseau cristallin). Pour des temps plus longs, dans les deux cas l'énergie échangée avec l'environnement se manifeste par une diminution du signal. La relaxation est cependant complètement différente puisque la relaxation est monotone dans le cas de l'échantillon 3D amorphe alors qu'un processus cohérent avec des oscillations de 128 ps a lieu dans le cas d'un supra-cristal ordonné. La transformée de Fourier montre de façon claire qu'un mode de très faible fréquence de 0.27 cm^{-1} accompagne l'échange de chaleur entre les nanoparticules de cobalt auto-organisées et l'environnement (substrat en HOPG et particules environnante dans la région non excitée par le faisceau laser pompe). Nous attribuons cet effet cohérent à un mouvement collectif de plusieurs nanoparticules couplées entre elles par les chaînes hydrocarbonées.

La constante de raideur estimée est de 0,71 N/m par liaison, ce qui est cohérent avec la rigidité connue des chaînes aliphatiques.

CONCLUSION

- 1-Nous avons mis en évidence une dynamique d'aimantation différente de monocouches auto-organisées de nanocristaux de cobalt dans les phases ferro et superpara liée à une excursion de l'aimantation le long du potentiel d'anisotropie.
- 2-Nous avons visualisé pour la première fois, par mesure directe, des vibrations collectives d'un supra-cristal cfc 3D: propriété intrinsèque liée à l'organisation mésoscopique.



Contacts

M.P. Pileni LM2N, Université Pierre et Marie Curie
4 place Jussieu 75252 Paris Cedex05

J-Y Bigot IPCMS- GONLO
23 Rue du Loess, B.P. 43
F-67034 Strasbourg Cedex 2,