



# Les Nanosciences au cœur des Technologies Convergentes

## Salon Measurexpo

Paris-Expo, Porte de Versailles, Hall 7, Salle SIRIUS 731

Mercredi 28 septembre 2005

### 9h00-9h15 Accueil

**9h15-9h30 Introduction** Roger Maynard (Société Française de Physique), Ariel Levenson (Centre de Compétence Nanosciences Ile-de-France), Elisabeth Giacobino (Ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, Directrice de la Recherche), Jean-Louis Robert (Ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, Direction de la Recherche)

### 9h30-10h00 Les technologies à l'échelle de l'atome et de la molécule

Gérald Dujardin, *Laboratoire de Photophysique Moléculaire, Orsay*

De nouvelles technologies, fondées sur la manipulation d'atomes et de molécules individuels, sont en train de naître. La manipulation d'atomes individuels a conduit récemment au développement de circuits logiques fonctionnant à partir de commutateurs atomiques à conductance quantique. D'autre part, le contrôle électronique des mouvements d'une molécule individuelle a confirmé récemment la possibilité de réaliser de véritables nanomachines moléculaires permettant d'intégrer dans une seule molécule diverses fonctions de calcul, de moteur ou de capteur chimique.

### 10h00-10h30 L'électronique à base de nanotubes de carbone

Vincent Derycke, *CEA Saclay, DRECAM/SPEC, LEM*

Les propriétés physiques des nanotubes de carbone, qu'ils soient métalliques ou semiconducteurs, en font des candidats idéaux pour des applications en électronique. La quasi-totalité des composants (diodes, transistors à effet de champ, SETs, portes logiques, etc.) ont pu être fabriqués à partir de nanotubes individuels. Aujourd'hui, l'un des enjeux majeurs du domaine est de dépasser le stade des démonstrations de faisabilité et de donner à ces dispositifs prototypes une réelle crédibilité par rapport aux technologies classiques de l'électronique et aux autres technologies émergentes. Dans cet exposé, je présenterai l'état d'avancée de l'électronique à base de nanotubes en insistant sur les progrès les plus récents en termes de performances et d'intégration.

### 10h30-11h00 Pause-café

### 11h00-11h30 Voyage dans le nanomonde des aimants

Wolfgang Wernsdorfer, *CNRS, Laboratoire Louis Néel*

Dans notre vie de tous les jours nous utilisons très souvent des aimants sans nous en rendre compte : on les retrouve comme éléments constitutifs des moteurs électriques, des transformateurs, des mémoires d'ordinateurs, etc. Lorsqu'on passe à des aimants magnétiques de dimensions nanométriques, les comportements sont profondément modifiés car la taille des aimants se rapproche de celles des atomes qui sont gouvernés par les lois de la physique quantique. Le passage du macromonde au nanomonde fascine de plus en plus les chercheurs. Il s'agit pour eux de connaître la frontière entre les deux théories qui gouvernent ces deux mondes à savoir les physiques classique et quantique. Des particules particulièrement intéressantes dans le nanomonde des aimants sont constituées de molécules individuelles, appelées aimants monomoléculaires, qui se comportent comme des

particules magnétiques monodomaines. On retrouve pour ces molécules des propriétés classiques des aimants comme le cycle d'hystérésis de l'aimantation mais aussi des propriétés quantiques.

### **11h30-12h00 Spintronique, des spins dans notre ordinateur**

Albert Fert, *Unité Mixte de Physique CNRS/Thales et Université Paris-Sud, Orsay*

La quantité d'information stockée sur un disque dur a été multipliée par cent en moins de dix ans, en partie grâce à l'utilisation d'un phénomène de spintronique que l'on appelle Magnétorésistance Géante. Ce phénomène, découvert en 1988, est observé dans des multicouches magnétiques, empilements de couches très fines de métaux magnétiques et non-magnétiques, par exemple des couches de fer et de chrome d'épaisseurs voisines du nanomètre. Les couches magnétiques filtrent les électrons selon l'orientation de leur spin\* et un champ magnétique, en accordant tous les filtres, fait chuter fortement la résistance électrique de la multicouche. C'est l'effet de Magnétorésistance Géante utilisé pour la lecture ultra-sensible des disques durs. Le contrôle de courants électriques par action sur le spin des électrons est aujourd'hui à la base de nombreux phénomènes d'une nouvelle électronique que l'on appelle spintronique. Les applications de la spintronique auront probablement un fort impact sur les technologies de l'information et de la communication. L'exposé présentera les directions actuelles de recherche et leurs perspectives.

\*le spin est un vecteur associé à la rotation de l'électron sur lui-même et dirigé selon l'axe de rotation.

### **12h00-12h30 Les puces à atomes**

Jakob Reichel, *ENS Paris, Laboratoire Kastler Brossel*

Grâce aux « puces à atomes », on sait désormais piéger et manipuler les condensats de Bose-Einstein (BEC) à proximité immédiate de la surface d'un microcircuit intégré. Une telle technique permet de réaliser des lasers à atomes miniaturisés dont on peut prévoir les applications notamment dans l'instrumentation de précision (horloges atomiques, capteurs inertiels) ainsi que dans le traitement d'information quantique.

### **12h30-14h30 Déjeuner libre**

### **14h30-15h00 Nanomatériaux pour l'optique**

Hervé Arribart, *Saint-Gobain*

Si l'optique constitue un domaine privilégié pour le développement des nanomatériaux (i.e. des matériaux composites à des échelles comprises entre 1 nm et 1  $\mu$ m), c'est qu'il existe de nombreuses dimensions caractéristiques auxquelles les propriétés optiques de la matière hétérogène changent. La longueur d'onde de la lumière (quelques centaines de nanomètres pour le visible), la profondeur de l'effet de peau dans les métaux (quelques dizaines de nanomètres), le rayon de Bohr effectif dans les semi-conducteurs (quelques nanomètres) en sont des exemples. Pour chacun d'eux, des applications technologiques ont déjà été développées, et de nouvelles – très nombreuses – sont à attendre.

### **15h00-15h30 Nanoparticules et microfluidique pour le diagnostic médical**

Jean-Louis Viovy, *Laboratoire de Physico-Chimie (UMR CNRS 168), Institut Curie*

La plupart des méthodes de diagnostic, ainsi que de nombreux problèmes posés par la recherche biomédicale, impliquent d'analyser les constituants d'un fluide biologique. La biochimie analytique est ainsi au cœur des progrès en diagnostic, et elle doit évoluer de pair avec la connaissance de plus en plus précise et de plus en plus complète que nous avons de la biologie moléculaire. Pour s'adapter à ces nouveaux défis, les méthodes analytiques doivent faire preuve d'imagination, et puiser dans les progrès effectués dans les domaines connexes. On est par exemple à l'aube d'une révolution liée aux microlaboratoires ou "lab-on-a-chip" qui empruntent largement aux techniques développées pour la microélectronique et aux nanotechnologies. Dans cette conférence, on tentera de montrer comment de nouvelles voies pour la séparation de molécules ou de particules peuvent être ouvertes en puisant dans la très riche panoplie de matériaux et de mécanismes découverts et développés dans le domaine dit de la "matière molle" ou des "fluides complexes" (polymères, colloïdes, cristaux liquides), et par des progrès en instrumentation physique. Cette approche de miniaturisation est également mise à

profit pour étudier à l'échelle nanométrique des systèmes biologiques à l'échelle de la molécule individuelle, et apporter ainsi de nouveaux paramètres de contrôle thermo-dynamique (force, couple), et accéder à des informations sur le comportement individuel de chaque espèce, plus riche que les données statistiques fournies par les techniques de la biologie traditionnelle.

### **15h30-16h00 Nanomatériaux pour l'imagerie biologique**

Maxime Dahan, *ENS Paris, Laboratoire Kastler Brossel*

Les progrès dans la synthèse des nanomatériaux permettent aujourd'hui de préparer des nanoparticules semi-conductrices dont la taille est contrôlée à l'échelle du nanomètre. Ces nanocristaux sont de grande qualité optique et peuvent servir de nanosources de lumière dans de nombreuses applications, telles que notamment l'imagerie biologique. Nous montrerons comment leur brillance et leur photostabilité permettent des expériences à l'échelle d'une seule molécule dans des milieux vivants.

Ces mesures, auparavant inaccessibles avec les méthodes conventionnelles, ouvrent des perspectives nouvelles pour l'étude du fonctionnement des cellules vivantes, tant d'un point de vue fondamental qu'appliqué.

### **16h00-16h30 Nanomatériaux hybrides par chimie douce**

Clément Sanchez, *CPMC, UMR CNRS 7574, Université Pierre et Marie Curie, Paris*

Les nanosciences et nanotechnologies sont sans aucun doute, au même titre que la biologie, l'un des domaines de développements scientifiques et technologiques les plus prometteurs du XXI<sup>e</sup> siècle. L'irruption du monde des nanomatériaux hybrides ou céramiques dans les technologies avancées au sens large est déjà très nettement déclarée et induit un profond courant de rapprochement sur ce thème entre physiciens et chimistes, tendance qui s'élargit à la biologie. Les synthèses de type «bottom-up» permettent aujourd'hui l'élaboration de matériaux et de systèmes complexes sur mesure pour lesquels propriétés et fonctions sont ajustables sur plusieurs échelles de taille, allant du nanomètre au centimètre. D'autre part les approches dites de «Chimie Douce» permettent non seulement un meilleur contrôle sur le choix et le nombre des fonctions mais aussi d'ouvrir l'éventail des fonctionnalités accessibles en mariant avec synergie les matériaux minéraux, les métaux, avec les molécules ou polymères organiques ou biologiques. En particulier les approches bio-inspirées des matériaux sont basées sur de forts couplages entre chimie et procédé et permettent via des mécanismes d'auto-assemblage ou de micro-ségrégation contrôlées d'élaborer des matériaux céramiques ou hybrides originaux.

Ces nouveaux matériaux peuvent épouser des formes très diverses (monolithes, nano-particules, poudres, fibres, films minces, membranes...) et dès aujourd'hui présentent d'intéressantes perspectives dans les domaines concernant l'énergie, l'environnement, la santé, la cosmétique, les revêtements fonctionnels et le stockage et la transmission de l'information.

### **16h30-17h00 Nanoparticules : des propriétés liées à la forme**

Jean-Pierre JOLIVET, *CPMC, UMR CNRS 7574, Université Pierre et Marie Curie, Paris*

L'état de division extrême de la matière entraîne des propriétés différentes de celles de la même substance à l'état massif. Trois facteurs principaux sont à l'origine d'un tel effet :

- le développement considérable de la surface, exploité, par exemple, pour la catalyse hétérogène dans l'industrie chimique ou pour la dépollution
- la modification de la structure électronique, qui permet de faire varier la couleur, d'ajuster les propriétés optiques ou magnétiques du solide
- les interactions entre particules, qui permettent la formation de super réseaux et de cristaux liquides.

La conférence montrera comment fabriquer de telles nanoparticules, comment les disperser pour exploiter leurs propriétés spécifiques et quelques exemples de leur utilisation.