



**Mardi 14 avril 2015 à 14h30**

Académie des sciences – Grande salle des séances  
23 quai de Conti, 75006 Paris

## CONFÉRENCE SUR LA RMN PROLONGEMENTS RÉCENTS DE L'ŒUVRE D'ANATOLE ABRAGAM

### NMR AND ITS APPLICATIONS BEYOND ANATOLE ABRAGAM'S ACHIEVEMENTS

#### 14 h 30 Introduction

**Daniel ESTÈVE**, *Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche au CEA* et **Maurice GOLDMAN**, *Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche honoraire au CEA*

#### 14 h 45 Watching and controlling individual nuclear spins: a possible route towards quantum technologies

**Ronald HANSON**, *Kavli Institute of Nanoscience, Delft University of Technology (TUD), Pays-Bas*

#### 15 h 30 Liberté, égalité, réversibilité

**Geoffrey BODENHAUSEN**, *Ecole Normale Supérieure, Paris, Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Suisse*

#### 16 h 15 Voir l'invisible, ou comment explorer structure et dynamique moléculaires par résonance magnétique nucléaire

**Olivier WALKER**, *Institut des Sciences Analytiques, Université Claude Bernard Lyon 1*

#### 17 h 00 Revisiter le cerveau humain par RMN : apport de la spectroscopie et de l'imagerie par résonance magnétique par les Neurosciences

**Vincent LEBON**, *Molecular Imaging Research Center (MIRCent) de l'Institut d'Imagerie Biomédicale du CEA, en disponibilité*

#### 17 h 45 Remerciements et clôture



## Watching and controlling individual nuclear spins: a possible route towards quantum technologies

**Ronald HANSON**

The magnetic moment of a nuclear spin is tiny and therefore extremely challenging to watch directly. In conventional Nuclear Magnetic Resonance, this problem is mitigated by acquiring signal from a large number (billions) of spins at the same time. However, averaging over so many spins, each with their own particular microscopic environment washes out many interesting multi-spin phenomena and precludes the full control over the quantum states of several nuclear spins. Remarkably, NMR on a single nuclear spin has recently been achieved thanks to particular defects in solids that trap optically accessible electrons. In this talk I will discuss how optical access to an individual trapped electron in diamond in combination with techniques from Nuclear Magnetic Resonance enables the full control of individual nuclear spins close to the defect. We can perform sub-nanoscale tomography of the spin environment, measure the spin direction of individual nuclear spin in a single shot, create quantum-entangled states between several nuclear spins and even implement small-scale quantum computer algorithms. Possible applications in future quantum technologies will be discussed.

## Liberté, égalité, réversibilité

**Geoffrey BODENHAUSEN**

La polarisation dynamique nucléaire, surtout connue sous le sigle de DNP (Dynamic nuclear polarization), ouvre des perspectives nouvelles pour le diagnostic médical, la biochimie, et peut-être même pour la physique. La polarisation des noyaux d'échantillons enrichis de substances paramagnétiques et congelés à environ 1 K dans un champ magnétique de près de 7 T peut être augmentée jusqu'à 70 % pour les protons et 40 % pour les noyaux de carbone-13, ce qui correspond à des températures de spin au voisinage de 10 mK. Après avoir rapidement réchauffé les échantillons "hyperpolarisés" en quelques secondes, il est possible de les transférer vers des appareils d'IRM médicale ou de RMN analytique. Pendant un laps de temps hélas assez bref, les signaux sont ainsi amplifiés de 4 à 5 ordres de grandeur par comparaison à la RMN conventionnelle à température ambiante. Nombre de progrès récents sont basés sur les travaux de Maurice Goldman et d'Anatole Abragam.



## Voir l'invisible, ou comment explorer structure et dynamique moléculaires par résonance magnétique nucléaire

**Olivier WALKER**

Plus encore que leurs structures, la dynamique des molécules joue un rôle primordial dans divers champs de recherche, de la physique aux sciences du vivant. Dans ce dernier cas, la structure de macromolécules biologiques ne peut expliquer à elle seule leur formidable capacité à interagir dans le but d'assurer la communication cellulaire. De surcroît, un point crucial dans l'élucidation des processus biologiques réside dans notre capacité à comprendre le lien qui unit dynamique et fonction dans l'organisme. Parmi les différentes techniques qui permettent d'appréhender des processus dynamiques, la résonance magnétique nucléaire (RMN) possède cet atout unique de pouvoir accéder non seulement à des informations structurales à une échelle atomique, mais également à des informations dynamiques sur une large gamme de temps. A travers différents exemples impliquant à la fois des composés organiques de faible poids moléculaire mais également des macromolécules d'intérêt biologique, nous verrons comment la RMN a permis d'améliorer notre perception de la structure et de la dynamique des molécules en solution. En dernier lieu, nous verrons comment les progrès récents en moyens de calcul tant au niveau matériels que logiciels, couplés à la RMN, permettront dans un avenir proche de faciliter la compréhension de processus dynamiques de plus en plus complexes.

## Revisiter le cerveau humain par RMN : apport de la spectroscopie et de l'imagerie par résonance magnétique par les Neurosciences

**Vincent LEBON**

Revisiter le cerveau humain par RMN : apport de la spectroscopie et de l'imagerie par résonance magnétique pour les Neurosciences.

Le phénomène de RMN présente la particularité d'être sensible aux interactions des noyaux avec leur milieu. La manipulation des spins permet de sensibiliser la résonance à des interactions portant sur des échelles de distance très différentes : de l'échelle atomique ou moléculaire (phénomène de déplacement chimique, couplage spin-spin, relaxations spin-spin ou spin-réseau) à l'échelle mésoscopique ou microscopique (diffusion translationnelle). La RMN constitue ainsi un outil d'investigation multi-échelle de la matière, dont l'utilisation en Biologie et en Médecine a connu des développements spectaculaires.

Au-delà des applications radio-diagnostiques, la RMN s'est révélée particulièrement pertinente pour l'exploration du cerveau humain. Les techniques de neuroimagerie structurale et fonctionnelle développées depuis les années 90 fournissent des grilles de lecture originales pour l'étude du développement cérébral, pour les Neurosciences évolutives, cognitives et computationnelles. Les techniques spectroscopiques *in vitro* et *in vivo* trouvent quant à elles des applications pertinentes en Neurosciences moléculaires et cellulaires : elles permettent notamment l'analyse structurale d'agrégats protéiques impliqués dans les processus neurodégénératifs ou la mesure du métabolisme énergétique cérébral *in vivo*.