

# Le réseau fédératif des laboratoires de RMN à très hauts champs

## Une initiative qui porte ses fruits

Rose Agnès Jacquesy

**D**ominique Massiot (voir *encadré*) vient d'être nommé directeur de l'Institut de chimie du CNRS, occasion de revenir sur la Fédération des laboratoires de RMN à très hauts champs (TGIR-RMN-THC) dont il a été à l'origine et qu'il a dirigé.

© CNRS/Service audiovisuel PMA.



Directeur de recherche au CNRS depuis 1996, **Dominique Massiot** était jusqu'ici délégué scientifique en charge de l'interdisciplinarité à l'Institut de chimie du CNRS. Après l'École normale supérieure et une thèse en géochimie, il intègre le Centre de recherches sur les matériaux à hautes températures (CR-MHT) du CNRS à Orléans en 1984, où il crée l'activité RMN solide et haute température. En 2008, il fusionne ce laboratoire avec le Centre d'études et de recherches par irradiation (CERI) pour fonder le laboratoire Conditions extrêmes et matériaux : haute température et irradiation (CEMHTI) du CNRS, qu'il dirige depuis.

Il conduit des développements à la fois expérimentaux et méthodologiques : nouvelles méthodes de RMN solide, logiciels de traitement de spectres de RMN, valorisation de cette expertise dans des applications à des problématiques académiques et industrielles sur une très large gamme de matériaux (verres et liquides silicatés, céramiques, sels fondus, hybrides, nanomatériaux, matériaux sol-gel, biomatériaux et matériaux biocompatibles, matériaux pour l'énergie).

En 2007, il participe à la création de la Fédération des laboratoires de RMN à très hauts champs (TGIR-RMN-THC), qu'il dirige ensuite jusqu'à sa nomination comme directeur de l'Institut de chimie du CNRS cette année.

Dominique Massiot est co-auteur de 235 publications et à l'origine de quatre brevets. Il a reçu la Médaille d'argent du CNRS en 2003.

Cette structure originale, qui entre dans le cadre des « Très Grandes Infrastructures de Recherche » (TGIR) du CNRS et du Ministère de la Recherche, a pour objectif de mutualiser RMN et compétences associées. Ouvert à la communauté scientifique sur appel à projets, il héberge les appareils aux champs les plus élevés actuellement disponibles commercialement. Rappelons que *L'Actualité Chimique* avait pris l'initiative de publier un numéro double en juin-juillet-août 2012 sur la RMN en chimie, dans lequel on trouve d'ailleurs un article cosigné par Dominique Massiot [1].

Le TGIR (Fédération de Recherche FR 3050 [2]) est décentralisé sur six sites – CBMN-IECB (Bordeaux), CEMHT

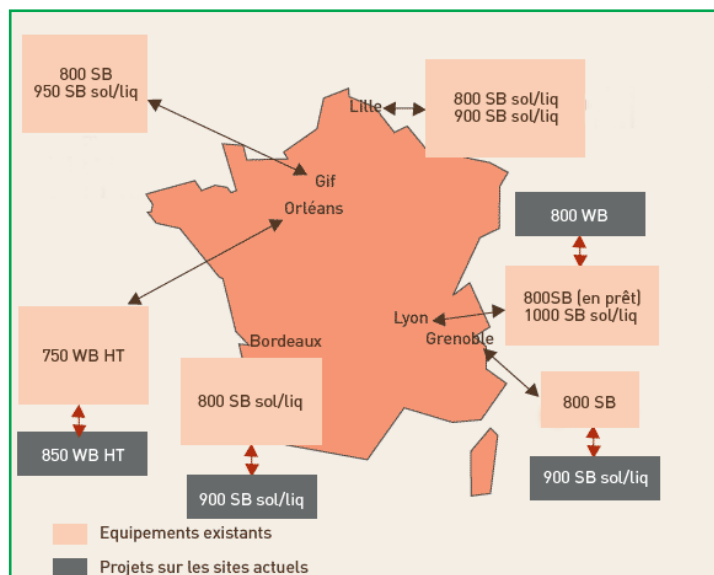
(Orléans), IBS (Grenoble), ICSN (Gif-sur-Yvette), ISA (Lyon), et UCCS et UGSF (Lille) –, auxquels s'est ajouté tout récemment un septième site, dit de la montagne Sainte-Geneviève (ENS Paris) (voir *tableau* et *carte*). L'utilisation de champs magnétiques de plus en plus intenses (jusqu'à 1 GHz et plus) et de vitesses de rotation à l'angle magique de plus en plus élevées ouvre des perspectives originales en recherche, voire permet d'aborder de nouveaux domaines d'investigation.

Les thèmes abordés sont multiples :

- caractérisation de petites molécules en solution, permettant notamment une approche nouvelle des mécanismes de la réaction chimique ;
- détermination de la structure et de la dynamique des protéines et des macromolécules en solution, et ses développements en biologie structurale ;
- développement de l'imagerie par RMN à très hauts champs et ses applications en diagnostic ;
- structure et dynamique des membranes biologiques, comme la fluidité membranaire, y compris sur des systèmes « vivants » (ex : croissance et division cellulaire) ;
- analyse et diagnostics structuraux des milieux désordonnés (verres, amorphes, gels) ou mal cristallisés, nanomatériaux et matériaux hybrides ;
- caractérisation de surfaces et d'interfaces, et ses applications en termes de réactivité, de catalyse, de greffage ;

- structure des milieux fondus à haute température (jusqu'à 2 000 °C et plus) pour l'étude des matériaux de grande diffusion et les filières énergétiques nouvelles.

Dans le courant de cette année, le réseau s'enrichira d'un 800 MHz au LBM-ENS – spectroscopie, imagerie, polarisation dynamique nucléaire (DNP) – et l'IBS à Grenoble sera doté d'un 950 MHz. De plus, le 800 MHz de l'ISA à Lyon sera équipé d'un gyrotron à 527 MHz, l'un des tous premiers au monde, afin de réaliser des études de DNP à très haut champ sur des matériaux et des composés biologiques (biologie structurale en phase solide).



### Laboratoires du très grand équipement (TGE).

Cette carte présente la répartition géographique des sites du TGE. Seuls les spectromètres dont la fréquence est supérieure ou égale à 750 MHz entrent dans le TGE. © CNRS.

Qualité des équipes, toutes reconnues internationalement, et qualité exceptionnelle des équipements sont heureusement corrélées. Dans le cadre de la campagne de projets « Investissements d'avenir » **Equipex 2010**, toutes les propositions soutenues par le réseau ont été financées. Un projet commun de RMN à 1,2 GHz, présenté en 2011, n'a pas été retenu mais reste un projet phare qui continuera à être porté par le TGI-RMN-THC : avec 20 % de gain en champ sur l'existant, il ouvrira des perspectives tout à fait



Le spectromètre RMN à 1 GHz (aimant de 23,5 T), déjà installé à Lyon, est unique au monde.

Cet aimant de 12 t, haut de 4,5 m, est utilisé par la communauté française et internationale pour étudier des échantillons millimétriques à l'aide de détecteurs cryogéniques. L'instrumentation est spectaculaire, mais les enjeux aussi (voir l'article de Dimitrios Sakellariou dans le numéro spécial RMN, *L'Act. Chim.*, 2012, 364-365, p. 117). © CRMN.

nouvelles en recherche et implique le développement d'aimants hybrides mettant en œuvre des supraconducteurs à haute température critique. À noter qu'actuellement en Europe, et inspirés par la France, cinq projets de ce type sont nés en Allemagne (2), Italie, Suisse, Royaume-Uni et Pays-Bas.

### Les équipes de la Fédération et les équipements existants.

\* coordonnées sur le site [www.tgermn.cnrs-orleans.fr](http://www.tgermn.cnrs-orleans.fr)

DNP : polarisation dynamique nucléaire ; HRMAS : « high-resolution magic-angle spinning », haute résolution sous rotation à l'angle magique ; SB : « standard bore » ; WB : « wide bore ».

Source : [www.tgermn.cnrs-orleans.fr](http://www.tgermn.cnrs-orleans.fr)

| Laboratoire                                                                                                               |                | Spectromètre                                                                                                 | Responsable Correspondant*          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>CBMN-IECB</b><br>(Chimie et biologie des membranes et des nanoobjets-Institut européen de chimie et biologie)          | Bordeaux       | <b>Liquide/Solide orienté</b><br>800 MHz SB [liquide, accessoire solide]                                     | Erick Dufourc<br>Axelle Grélard     |
| <b>CEMHTI</b><br>(Conditions extrêmes et matériaux : haute température et irradiation)                                    | Orléans        | <b>Matériaux/Chimie du solide</b><br>750 MHz WB [solide, température, imagerie]<br>850 MHz WB [solide]       | Franck Fayon<br>Pierre Florian      |
| <b>CRMN, ISA-RMN</b><br>(Centre de résonance magnétique nucléaire à très hauts champs, Institut des sciences analytiques) | Lyon           | <b>Solide/Liquide</b><br>1 GHz SB [liquide, solide]<br>800 MHz SB [liquide, solide]<br>[DNP] courant 2013    | Lyndon Emsley<br>Bénédicte Elena    |
| <b>IBS</b><br>(Institut de biologie structurale)                                                                          | Grenoble       | <b>Liquide</b><br>800 MHz SB [liquide]<br>950 MHz courant 2013                                               | Bernhard Brutscher<br>Adrien Favier |
| <b>ICSN</b><br>(Institut de chimie des substances naturelles)                                                             | Gif-sur-Yvette | <b>Liquide</b><br>950 MHz SB [liquide-cryosonde]                                                             | Éric Guittet<br>Nelly Morellet      |
| <b>LBM-ENS</b><br>(Laboratoire des biomolécules-École normale supérieure)                                                 | Paris          | 800 MHz [liquide, imagerie, DNP] courant 2013                                                                | Geoffroy Bodenhausen                |
| <b>UCCS-UGSF</b><br>(Unité de catalyse et chimie du solide-Unité de glycobiologie structurale et fonctionnelle)           | Lille          | <b>Liquide/Solide/HRMAS</b><br>900 MHz SB [liquide-cryosonde, solide]<br>800 MHz SB [liquide, HRMAS, solide] | Guy Lippens<br>Julien Trébosc       |

### Le mode de fonctionnement du réseau

La gouvernance de l'infrastructure se compose d'un comité de pilotage (Copil), d'un comité de direction et d'un conseil scientifique, présidé par Michel van der Rest. Les projets soumis sont examinés par un comité d'experts. Les demandes d'expérience sont déposées électroniquement et traitées immédiatement. Pour cela, il est possible de prendre contact avec les correspondants des laboratoires pour plus d'information et/ou pour une aide à la mise au point des propositions d'expériences. Une fiche standard est téléchargeable sur le site [2].

Soit directement, soit au travers de leurs partenariats académiques, au premier rang desquels on trouve le CNRS, suivi du CEA puis de l'INSERM et de l'INRA, des Universités et des Grandes écoles, les structures industrielles peuvent bénéficier des opportunités offertes par le réseau. Des relations existent d'ailleurs avec plusieurs pôles de compétitivité, des structures de valorisation et divers industriels. Plusieurs brevets sont issus de cette valorisation.

Les acteurs du TGIR-RMN-THC jouent un rôle important dans les actions de formation (écoles thématiques notamment) comme d'animation scientifique, et de nombreuses thèses ont été et sont soutenues dans les laboratoires du réseau.

L'équilibre entre chimie et biologie-médecine est assez bien respecté, sauf à l'ICSN qui affiche 3 % de chimie (mais qui doit considérer comme biologie l'essentiel de son activité de recherche !) et Orléans qui ne déclare que 6 % de biologie (les matériaux et la géologie sont comptés à part entière dans la chimie).

Cette initiative de l'Institut de chimie du CNRS est en tout point exemplaire : elle a permis de structurer une communauté de compétences, remarquables mais dispersées en termes de domaines de recherche et d'applications, et de lui donner une visibilité qui place la France au premier rang mondial. Elle a permis de justifier la mise en place d'un ensemble d'équipements de tout premier ordre, en attendant la conception et l'installation d'un 1,2 MHz, le Graal (actuel) des RMNistes. La recherche, chimique bien sûr, mais également biologique, géologique, et les domaines connexes comme la physique et les mathématiques, en est grandie par la vision qu'elle donne non plus d'un « PoP » (« *publish or perish* ») justifiant tous les égocentristes, voire tous des dérapages, mais d'une approche privilégiant un « *Tast* » (« *Tous au service de tous* »). Philosophie dont la science a grand besoin en ces périodes récriminatoires !

- [1] Babonneau F. *et coll.*, Les spins nucléaires : des espions pour explorer la structure des matériaux, *L'Act. Chim.*, **2012**, 364-365, N° spécial « Danses avec les spins – La résonance magnétique nucléaire en chimie », L. Emsley, S. Caldarelli, J.-N. Dumez (coord.), p. 73.  
[2] [www.tgir-rmn.org](http://www.tgir-rmn.org)



**Rose Agnès Jacquesy**

est rédactrice en chef de *L'Actualité Chimique*\*.

\* Courriel : [redac-chef@lactualitechimique.org](mailto:redac-chef@lactualitechimique.org)



**Laboratoire Catalyse  
et Spectrochimie**

[www-lcs.ensicaen.fr](http://www-lcs.ensicaen.fr)

Le Laboratoire Catalyse et Spectrochimie prépare, étudie et évalue des catalyseurs hétérogènes dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Le LCS est réputé pour la spectroscopie *operando* du catalyseur et pour la conception et la préparation des nanomatériaux poreux. Avec un pôle très fort en spectroscopie infrarouge (*in situ et operando*, avec des résolutions spatiale et temporelle inégalées), mais aussi en RMN et en spectroscopie Raman, le LCS occupe une place unique dans les domaines de la dépollution automobile (catalyseurs d'échappement), de la production d'énergie (raffinage, biocarburants) et des bio-ressources. A travers la cellule de prestations Valoris, le LCS fournit des solutions aux entreprises.

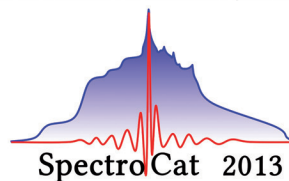
### SPECTROCAT2013 à Caen du 9 au 13 septembre 2013

Ecole de formation par le leader mondial du domaine

Analyse par spectroscopie vibrationnelle des solides divisés pour identifier et quantifier les sites de surface et leurs fonctionnalités.

Apprendre l'état de l'art des connaissances, l'approche méthodologique unique du LCS et les développements les plus récents.

Cours théoriques le matin, formations pratiques l'après midi.



*Les méthodes spectroscopiques sont des outils essentiels pour la compréhension du fonctionnement des catalyseurs à l'échelle moléculaire et le développement de nouveaux matériaux, plus performants et durables. Des développements récents, comme la caractérisation durant la réaction (operando), le couplage multi-techniques, la création de nouvelles cellules-réacteurs et l'apport du génie chimique aux calculs de l'écoulement des gaz dans les milieux ont conduit à des avancées significatives dans le domaine de la catalyse et de l'adsorption (capteurs, membranes,...).*