



**HAL**  
open science

## IPCMS - Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. IPCMS - Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg. 2012, Université de Strasbourg, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02030834

**HAL Id: hceres-02030834**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02030834>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Institut de Physique et Chimie des Matériaux de  
Strasbourg

IPCMS

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Strasbourg

CNRS



Janvier 2012



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

---

Section des Unités  
de recherche

*Le Directeur*

**Pierre Glaudes**

---



## Unité

|   |  |
|---|--|
| Nom de l'unité :                          | Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg |
| Acronyme de l'unité :                     | IPCMS  |
| Label demandé :                           | UMR  |
| N° actuel :                               | 7504   |
| Nom du directeur<br>(2009-2012) :         | M. Marc DRILLON  |
| Nom du porteur de projet<br>(2013-2017) : | M. Marc DRILLON  |

## Membres du comité d'experts

|             |  |
|-------------|--|
| Président : | M. Alain FONTAINE, Grenoble                        |
| Experts :   | M. Fabien ALET, Toulouse (représentant du CoNRS)   |
|             | M. François AMBLARD, Paris                         |
|             | M <sup>me</sup> Agnès BARTHELEMY, Palaiseau        |
|             | M <sup>me</sup> Anne-Marie CAMINADE, Toulouse      |
|             | M. Bruno CHAUDRET, Toulouse                        |
|             | M. Frédéric FAGES, Marseille                       |
|             | M. Thierry FOURNIER, Grenoble                      |
|             | M. Pietro GAMBARELLA, Barcelone, Espagne           |
|             | M. Pascal GRESSIER, Nantes                         |
|             | M. Forro LASZLO, Lausanne, Suisse                  |
|             | M <sup>me</sup> Isabelle ROBERT-PHILIP, Marcoussis |
|             | M. Gustaaf VAN TENDELOO, Anvers, Belgique          |



# Représentants présents lors de la visite

Déléguée scientifique représentant de l'AERES :

M<sup>me</sup> Anne RENAULT

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M<sup>me</sup> Gaëlle BUJAN, CNRS Alsace

M. Giancarlo FAINI, INP CNRS

M. Jean-François TASSIN, INC CNRS

M. Eric WESTHOF, Université de Strasbourg

# Rapport

## 1 • Introduction

La visite s'est déroulée dans d'excellentes conditions, avec une préparation très soignée du Directeur, des Directeurs adjoints et des cinq responsables de départements, tous très professionnels. Les documents écrits sont d'excellentes factures, d'une lecture facile. Les présentations orales furent concises et bien adaptées au temps imparti à chaque séquence. La qualité des rapports écrits et de la préparation des présentations ont donné au Comité de visite les meilleures conditions pour réaliser le travail d'évaluation quadriennale.

Toutes les stratégies présentées font valoir leur perception très pertinente de l'interdisciplinarité, et la richesse de l'approche mise en œuvre à l'IPCMS à un niveau certainement inégalé en France sur le champ de la physique-chimie ouvert en outre aux sciences de la vie. L'efficacité de ces compétences croisées est particulièrement fertile sur les thèmes dominants des nanosciences où l'IPCMS place Strasbourg au meilleur niveau sur cet axe interdisciplinaire majeur, très actuel pour de nombreuses années, au cœur de la recherche scientifique la plus en pointe.

Une modulation plus fine et plus précise de ces dernières appréciations est produite dans l'analyse détaillée, département par département.

Le Comité de visite a été sensible et très impressionné par la mobilisation globale du personnel, soucieux de donner toutes les informations aux experts du Comité, dans une atmosphère d'hospitalité et de cordialité très appréciées : l'accueil était chaleureux et de qualité.

Date et déroulement de la visite : 10, 11, 12 janvier 2012

La présentation initiale par le Directeur a démontré la qualité des choix et des résultats scientifiques, l'efficacité de l'organisation, la haute valeur ajoutée apportée par l'approche interdisciplinaire et a éclairé l'ensemble des indicateurs de production scientifique habituels avec des critères pertinents pour une lecture internationale.

La vision des ressources humaines, des ressources financières (ANR, Equipex et ERC, contrats,...) et l'accès et/ou le développement d'infrastructures mutualisées locales, nationales, ou européennes furent présentés en tenant compte des contextes locaux (Université de Strasbourg : Idex, programmes transfrontaliers : KIT, ) nationaux, (2 Equipex, Soleil, C'Nano, ...), ou internationaux (ERC senior, très grands équipements européens, accord CNRS-MPG,..., LIA Franco-Indien, CERC LIA soumis).

Les Equipex UNION & UTEM et le succès à l'ERC Atomag sont naturellement des clés de voûtes du futur du laboratoire. Ils ont fait l'objet de présentations en séance plénière, permettant d'apprécier l'importance des objectifs scientifiques poursuivis, le périmètre des forces engagées au-delà du département moteur, l'apport financier pour le projet et ... les ressources additionnelles nécessaires, tant pour les infrastructures, que pour les composantes financières et humaines induites comme c'est chroniquement le cas avec toutes les agences de moyens de la recherche.

La forte implantation des équipes « théorie et physique numérique » immergées à bon escient au sein des départements a fait l'objet d'une présentation globale, apportant une bonne vision des axes de recherches poursuivis et des lieux d'interaction avec les expérimentateurs.

Les succès des jeunes chercheurs ayant rejoint l'IPCMS récemment sont des témoignages de la vitalité du laboratoire. Cinq présentations, une par département, ont mis en relief des résultats uniques de grande qualité prouvant la capacité de l'IPCMS à ouvrir de nouveaux champs scientifiques sur des segments ambitieux et risqués, ouverts sur des réussites « à longue portée ».

Les visites des départements et plateformes se sont déroulées en divisant le comité de visite en trois, un des sous-comités étant plus « colorié » chimie, les deux autres plus affichés physique. Chaque sous-groupe, opérant avec une taille adaptée à un échange réel avec les membres de l'IPCMS, a toutefois visité chacun des 5 départements. Les présentations des équipes et plateformes combinaient informations scientifiques et visites



(trop brèves) des sites créant un déséquilibre (vivable toutefois) entre les temps passés en salle de réunion et auprès des équipements scientifiques.

Le programme a permis d'entendre séparément, les représentants du personnel, ITA, étudiants et post-docs, chercheurs et enseignants-chercheurs.

Les représentants de toutes les tutelles, lors d'une session unique, se sont exprimés et ont répondu très clairement aux questions du Comité de visite. Le VP Recherche de l'Université de Strasbourg a plaidé pour une rédaction « lisible » du rapport AERES par la Vice-Présidence de l'Université et de ses conseils. Sa demande a été notée.

Chacune des deux premières journées s'est conclue par une heure d'échanges en séance restreinte au Comité de visite. Au cours de cet échange, chacun des 3 sous-comités a souligné les points forts identifiés pendant la visite et les questions pendantes que les deux autres sous-comités ont à clarifier. Cette pratique renforce le partage des informations acquises lors des sessions, et consolide la vision partagée de l'évaluation contenue dans ce rapport. Ce dernier relève d'un travail commun, tout en soulignant que la connaissance du domaine par les experts ciblés est un socle absolument nécessaire pour conduire une évaluation pertinente.

La session du Comité restreint du Jeudi 12 janvier 2012 s'est prolongée jusqu'à 17 heures.

Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique des domaines d'activités :

La création de l'IPCMS s'identifie à deux dates initiales importantes.

- Fin 1987 : regroupement sélectif des forces strasbourgeoises dans le domaine des matériaux et nanosciences en 5 départements bien identifiés, 3 relevant de la physique et des sections 4, 5, 6 du CoNRS (et une présence de la section 08) et des sections 28 & 30 du CNU et deux relevant de la Chimie, sections 11 et 15 du CoNRS et des sections 31 & 32 du CNU, préparation d'une migration vers un nouveau bâtiment à concevoir sur le campus Cronenbourg du CNRS.
- 1994 : implantation à Cronenbourg dans des locaux de grande qualité, élégants et spacieux.

Dix-huit ans plus tard l'espace immobilier est toujours de qualité, étendu à de nouveaux locaux pour atteindre 10.550 m<sup>2</sup> avec toujours des possibilités d'extensions. L'Institut Charles Sadron est devenu voisin immédiat et de nouveau ouvert à des collaborations. L'Ecole européenne de chimie, source d'étudiants de qualité et motivés est dirigée depuis 3 ans par M. Daniel GUILLON, animateur efficace pendant de nombreuses années du DMO-IPCMS et directeur adepte d'une cohésion harmonieuse entre composantes.

ISIS et sa composante Physique (plasmonique, tamis à photons, RTRA de chimie,...) est un autre pilier strasbourgeois associé à l'IPCMS dans une stratégie gagnant-gagnant.



Equipe de Direction :

M. Marc DRILLON, Directeur, M. Jean-Yves BIGOT, Directeur adjoint, M. Yves GALERNE, Directeur adjoint

M<sup>me</sup> Anita GRASSET, secrétaire générale

| Effectifs  | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants<br>du projet ** |
|--|----------------------|----------------------|---|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs   | 38                   | 34                   | 34  |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC  | 40                   | 36                   | 36  |
| <b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          | 24                   | 1                    | 0   |
| <b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 61 (58.5)            | 60 (57.5)            |   |
| <b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 7                    |                      |   |
| <b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            | 11                   |                      |   |
| <b>N7</b> : Doctorants   | 61                   |                      |   |
| <b>N8</b> : Thèses soutenues   | 57                   |                      |   |
| <b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues   | 7                    |                      |   |
| <b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         | 51                   | 46                   |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>   | 242 (239.5)          | 131 (128.5)          | 70  |

\* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

\*\* Nombre de producteurs de la période [1er janvier 2007-30 juin 2011] et qui seront présents en 2013-2017.





## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité :

L'IPCMS est une excellente unité, ayant réalisé une pratique de l'interdisciplinarité physique-chimie sans équivalent en France avec une ouverture très réussie sur les sciences de la vie grâce à des « boîtes à outils » uniques. L'IPCMS est inséré avec une forte dynamique dans des opérations structurantes avec ses voisins germaniques. Au sein de l'Université de Strasbourg, l'IPCMS joue un rôle essentiel et pilote et s'insère naturellement, avec toute la réactivité souhaitable, dans des opérations structurantes avec les composantes partenaires, laboratoires, écoles, responsabilités dans l'enseignement et l'administration du site à tous les niveaux.

Le présent est brillant au regard de la valeur de tous les critères quantitatifs et de leur dérivée première. Il en est de même au travers des analyses qualitatives. Des pistes sont ouvertes sur des projets ambitieux et solides.

ATOMAG, « ERC advanced », « identifie » l'un des 3 centres français « laser femto » de réputation mondiale. Nulle part ailleurs qu'à Strasbourg et, à l'IPCMS en particulier, l'impact de cette excellence « laser femto » est aussi étendu, atteignant des champs disciplinaires très variés, magnétisme, chimie, et biologie, au-delà du cœur de la discipline et de la technologie « laser femto, voire atto » totalement maîtrisées par les scientifiques et technologues de l'IPCMS.

Les initiatives de l'IPCMS sont développées de manière harmonieuse en intégrant la perspective pleine et entière du site alsacien (PMNA,...), ou si le changement d'échelle est pertinent, les autres laboratoires nationaux, Bordeaux, Grenoble, Paris,.... Les relations internationales sont denses et fructueuses, et certaines sont nées portées par l'IPCMS, et bâties sur des concepts originaux

Les recrutements très diversifiés ont attiré de jeunes talents qui sont sans aucun doute au cœur de la vitalité du laboratoire pour ces dix prochaines années. 15 entrants dont 5 seniors avec une culture internationale de haut niveau scientifique. Les succès des jeunes chercheurs ayant rejoint le laboratoire récemment se sont construits sur de nouveaux champs scientifiques, ambitieux et risqués, ouvrant sur des réussites « à longue portée ». Ces résultats uniques et de qualité démontrent l'attractivité de l'IPCMS et sa capacité à faire émerger de nouveaux thèmes de recherche.

La structure du laboratoire ainsi que du rapport ne met pas en évidence clairement la qualité du travail des personnels Ingénieurs, Techniciens, Administratifs du CNRS ou de l'Université de Strasbourg. Le comité a pu apprécier toutefois lors des visites et des exposés scientifiques la diversité et la complexité des expériences présentes dans tous les départements. L'environnement technique et administratif à l'IPCMS est clairement de haut niveau et participe à une recherche de très grande qualité.

Le département DSI interpelle l'évaluateur. Le « contenant » DSI d'une extrême diversité, sans cohérence et stratégie partagées dévalue le « contenu » constitué des résultats, de haute qualité le plus souvent, produits par les chercheurs.

Ces remarques sur le DSI sont à associer directement aux recommandations développées ci-dessous : « Le Comité approuve sans réserve les démarches de recomposition en particulier la constitution d'une nouvelle équipe autour de 2 STM, UHV et basse température, portée par trois chercheurs très productifs, .... »

### Points forts et opportunités :

Le rapport chercheurs/enseignants chercheurs est maintenant proche de 1 alors qu'il était de 2 à l'origine. Depuis 2007, 15 nouveaux chercheurs/enseignants-chercheurs ont été recrutés, soit un renouvellement avec un excellent taux de 5% par an) comprenant 5 Pr/Dr venus d'Allemagne (3), du Japon (1) et de France (1) pour 8 départs. Un bilan positif analogue est à relever pour les ITA-IATOS : 12 arrivées et 9 départs.

Sur les 61 doctorants présents en 2011, 36 sont européens et 25 des trois continents (12 Asie, 9 Afrique, 4 Amérique). En outre 26 post-docs sont présents, nombre presque doublé depuis 2007. La lecture du rapport d'activités, et les visites montrent que les étudiants en thèse contribuent de façon heureuse et efficace aux succès et innovations de l'IPCMS. Cela donne encore plus de poids au constat que certains départements / équipes ont clairement un nombre trop faible d'étudiants par rapport au nombre de permanents. Ce n'est pas



le cas pour l'ensemble de l'IPCMS. Mettre en place des démarches locales ou internationales pour redresser cette situation est donc une recommandation importante.

Quatre opérations majeures introduites ont été mises en œuvre depuis 2007, dont 3 sous forme de plateformes, toutes fortement corrélées à des succès identifiés :

- MET 3D et *in-situ*, 66 publications, 5 ANR, 2 contrats industriels, 1 DFG, 4 contrats UE, Equipex UTEM
- Biophysique et bio matériaux, 47 publications, 9(ANR +1 UE), 4 brevets, 3 partenariats industriels
- Plateforme attoseconde, UE-ERC Atomag, Equipex UNION
- Nanofabrication, extension à 180 m<sup>2</sup> de salle blanche, 15 publications, 4 brevets, 7 ANR. Connexion pertinente locale avec ISIS et l'ECPM, relations cohérentes avec Nancy et FEMTO (Besançon). Apport significatif à la formation (40 jours) pour IUT et master et ECPM. Ouverture sur deux axes, sciences de la vie et chimie, cette dernière étant source de 3 brevets.

Plus généralement l'IPCMS accumule réussite sur réussite en développant une instrumentation scientifique de classe mondiale sur une grande variété de programme de recherche. Certes l'IPCMS est doté d'un fort soutien technologique, mais cette position de force est amplifiée par l'ouverture et la recherche de partenariats pour acquérir des compétences complémentaires.

L'IPCMS fait partie des 4 ou 5 laboratoires français de physique de la matière condensée où l'ambition technologique est fortement valorisée, et qui trouvent leur force motrice dans l'émergence de programmes scientifiques risqués et audacieux.

La théorie et la science numérique sont fortes à l'IPCMS : 15 permanents de culture très diversifiée, une large fraction ayant fait ses armes dans d'autres pays, « produisent » environ 50 conférences invitées par an.

Grands utilisateurs avertis et reconnus des moyens de calculs nationaux (2 106 h/mpc par an), les acteurs de l'IPCMS ont aussi été moteurs de la mise en place fin 2008 d'un cluster haute performance pour supporter le calcul parallèle intensif. Cet équipement est ouvert aux équipes du PMNA et plus particulièrement l'Institut Charles Sadron et l'ESCPM (European School of Chemistry Polymers and Materials).

Ces approches atomistiques témoignent de la proximité des théoriciens de l'IPCMS avec l'expérience, bien que n'étant pas contraints par cette seule motivation. (cf livre en 2010 chez Springer, Lecture Notes in Physics, vol. 795: Atomic-Scale Modeling of Nanosystems and Nanostructured Materials).

Deux champs principaux ont été identifiés :

- structure électronique et magnétique des matériaux, solides et nanostructurés, et propriétés de transport,
- modélisation atomique via la dynamique moléculaire et les outils de la mécanique statistique pour décrire, et prédire les structures et la dynamique des nanosystèmes, physique ou biochimique, liquides et verres.

On y retrouve l'utilisation de 9 codes internationalement établis plus d'autres avec des racines IPCMS.

En parallèle et en complément de l'approche numérique atomistique, plusieurs théoriciens du laboratoire développent une approche plus phénoménologique, utilisant des outils analytiques. C'est le cas du sous-groupe de physique mésoscopique du DMONS et de l'équipe théoriciens du DON (dynamique quantique des charges et moments magnétiques dans différents nanosystèmes). En général non basées sur une description microscopique, ces approches restent proches des expériences et ont produit plusieurs résultats marquants récents.

L'IPCMS en associant la théorie aux expériences de nanocontacts a réussi un tour de force expérimental en rupture au niveau mondial : 420 atomes de cuivre un atome de fer, 10 carbones, 10 hydrogènes, pour 2344 états électroniques pour simuler Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>/ Cu(111) vu par une pointe Cu. 3 millions d'ondes planes sont traitées avec un pas de dynamique de 3 10<sup>-16</sup> s avec 128 cœurs de calculs pendant une durée totale de 6 minutes pour obtenir la distance Fe atome de surface.

Les indicateurs quantitatifs les plus pertinents de la production de programmes de recherches et de résultats se retrouvent dans les chiffres suivants : 73 thèses soutenues, 163 publications par an avec une évolution qualitative très significative (impact facteur de 3,5 en 2006 et de 5,2 en 2011, un quart d'entre elles



figurant dans le « top10 » des publications les plus citées), 15 brevets (4 sur le contrat précédent), 274 conférences invitées, 31 ANR et 52 coopérations internationales...

### Points à améliorer et risques :

Sur ces 20 dernières années, l'IPCMS a su se renouveler, grâce à une forte réactivité pour répondre aux évolutions scientifiques mondiales. De nouvelles configurations, de nouveaux courants ont conduit à des recompositions au sein de l'IPCMS.

*Mais en 2012, le département DSI dans sa configuration actuelle ne trouve pas sa place au sein de la dynamique de l'IPCMS, à l'instar des quatre autres départements.* Les activités de DSI sont par trop décorrélées l'une de l'autre et certaines d'entre elles relèveraient plus naturellement des autres départements.

Composé de trois équipes sans fil conducteur partagé, le DSI apparaît comme fragmenté, chaque composante, voire sous-composante ayant, des intérêts scientifiques importants et des publications significatives avec le DON ou le DMONS, ou tirant également bénéfice de relations fortes avec la chimie des départements DMO ou DCMI. Clairement l'histoire a conduit à ce morcellement.

Le Comité approuve sans réserve les démarches de recomposition en particulier la constitution d'une nouvelle équipe autour de 2 UHV basse température STM portée par trois chercheurs très productifs (2007-2011 Nature Nanotech 1, PRL 13, Nano Lett 2, Angew Chem 1, PRB 7) dont deux jeunes chargés de recherche qui ont ouvert des axes de recherches très porteurs sur la description à l'échelle atomique du contact et de la nature de la conductance entre pointe et surface avec ou sans molécule. Cette approche du contact est pionnière et s'ouvre largement sur des thèmes à longue durée de vie, points de contacts quantiques, effet Kondo dans le contact, émission sous contact. Ce groupe interagit avec 3 autres départements en particulier ceux de chimie, les théoriciens, et un support technique de grande qualité.

L'implantation de la microscopie électronique, au-delà de l'imagerie qui a d'ores et déjà donné d'excellents résultats pour les nanomatériaux et les matériaux carbonés et l'ouverture très prometteuse à la tomographie 3D, est une opération récente et réussie. Cet investissement de l'IPCMS est totalement pertinent qu'il faut aujourd'hui consolider.

Il convient de souligner que la maîtrise de la tomographie 3D requiert de rentrer pleinement dans le sujet en maîtrisant plus avant les codes d'analyse. Pour le succès de l'Equipex UTEM, l'IPCMS doit accomplir un effort gigantesque que les seules ressources humaines disponibles, talentueuses certes mais limitées en nombre ne peuvent assurer seules. Heureusement, et c'est un apport décisif pour le projet, le savoir-faire technologique dans le domaine des lasers pulsés est bien ancré et disponible à l'IPCMS.

Le Comité souhaite recommander la conduite de ce projet avec les autres projets semblables, au plan national (Toulouse, Orsay, sans oublier l'expérience acquise à Rouen pour la sonde atomique) par une cellule nationale ad-hoc à former au sein du réseau opérationnel METSA avec suivi semestriel par exemple.

Les autres chercheurs de DSI, par ailleurs productifs, devraient rechercher une insertion au sein de l'IPCMS, porteuse d'une plus grande dynamique et tirer tous les avantages de la pratique approfondie de l'interdisciplinarité qui fait le succès de l'IPCMS, entre autres.

*Remarques sur le DSI.* Les évaluations qualitatives des activités de recherche, apportées ci-dessous sont pour la plupart excellente car sur des thèmes innovants avec des succès incontestables. Mais « l'agrégat DSI » ne démontre pas la pertinence de son existence.

Par cette précaution oratoire, le Comité ne remet pas en cause l'évaluation et son principe auxquels il est attaché, comme toute la Communauté scientifique. *Mais il souhaite souligner la nécessité d'une lecture précise du rapport.*

Le DSI est un contenant d'une extrême diversité, faible au plan de la cohérence et de la stratégie. Individuellement, chacun des sous- groupes, chacune des équipes de DSI a un fort potentiel pour avoir un excellent impact au sein de l'IPCMS pour ces 5 prochaines années : les ambitions scientifiques et leurs porteurs sont de grande valeur.



Plus globalement doit-on maintenir 5 départements, fondés 25 ans plus tôt sur une analyse pertinente des champs scientifiques? D'ores et déjà les départements ne sont plus purement disciplinaires. Ce mouvement peut s'amplifier sans préjudice en 2012 (la crainte essentielle freinant cette évolution étant invariablement la perte de visibilité sur des segments identifiés, importants dans les mécanismes de recrutement).

Les risques sont comme toujours sur les baisses de ressources humaines et des ressources financières. Sur le premier point, le bon bilan 2007-2011, tant pour les chercheurs que les ITA, différeront les menaces de baisse de régime du CNRS.

Pour les ressources financières, il ne fait pas de doute que les budgets nationaux décroissant, du CNRS (19% du budget 2010 non consolidé) et de l'ANR (21% du budget 2010 non consolidé), sont aux sources de préoccupations.

L'Université de Strasbourg, maintenant autonome, forte de son Idex, en soutien de l'excellence reconnue par les succès Equipex et ERC, devrait pouvoir pallier en partie le tarissement déjà ressenti en 2011 des ressources CNRS.

Les deux Equipex soutiennent un financement important d'équipements. Corrélativement ces deux opérations requièrent des infrastructures importantes non couvertes par le financement « investissement d'avenir ». Seules l'Université et les Collectivités territoriales peuvent répondre à cet « appel d'air », dont l'amplitude peut susciter des inquiétudes légitimes notamment au regard des financements laissés accessibles aux autres axes forts de l'IPCMS. La focalisation de financements, soudaine, d'amplitude jamais connue, sur deux thèmes d'excellence doit absolument éviter de désertifier l'environnement scientifique immédiat, sources de thématiques qui ont clairement justifié la stratégie interdisciplinaire réussie de l'IPCMS.

#### Recommandations :

Les succès de l'IPCMS, forts de deux réussites à l'appel à projets Equipex dans les domaines de la physique et des nanosciences -*versés de facto au sein de l'Idex*-, et de l'ERC senior, doivent se traduire par une reconnaissance plus appuyée de l'Université de Strasbourg : son affichage d'excellence est reconnu très naturellement dans les domaines de la chimie et la biologie, mais il doit aussi se prévaloir des succès de portée internationale en physique et nanosciences.

Mettre en place des démarches locales ou internationales pour redresser le manque alarmant d'étudiants de certaines équipes par ailleurs très productives.

Le soutien de principe à l'évolution des départements et des équipes doit éviter d'augmenter la fragmentation.

La politique d'excellence a permis à l'IPCMS d'être pionnier dans divers domaines, que ce soit sur le pan instrumental, ou pour l'impulsion de sujets innovants à fort risque. Il faut maintenir cette créativité.



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La pertinence des recherches de l'IPCMS se mesure par une lecture entièrement dictée par la compétition internationale et dans le cadre de son double positionnement, au cœur des disciplines et au sein d'une pratique forte de l'interdisciplinarité. Le jugement par les pairs se forge en premier lieu avec le nombre impressionnant de publications et de conférences invitées. Les succès, accumulés depuis 25 ans, trouvent leurs sources dans l'imagination des chercheurs, l'ambition des équipes et la créativité des expertises technologiques, moteurs principaux de l'implantation de nouveaux ensembles expérimentaux et du développement de la physique numérique et des concepts théoriques.

L'excellence des résultats est corrélée aux éléments quantifiables et aussi aux paramètres plus qualitatifs, accessibles à l'expertise du Comité. L'ensemble est d'un haut niveau et les dérivées temporelles des paramètres d'évaluation sont elles aussi riches et porteuses d'informations très gratifiantes : le facteur d'impact des publications et leur nombre, les conférences invitées réparties sur la quasi-totalité du laboratoire, le recrutement international et son taux quadriennal, au-delà du renouvellement des générations, des réussites qui sont des ruptures identifiables, le foisonnement de collaborations nationales et internationales implantées avec une diversité d'approches,... tous ces paramètres dépendent en premier lieu de la longue tradition d'excellence du laboratoire qui, ces dernières années a produit un lot de succès, peut-être encore plus important que par le passé.

Le relief donné aux résultats dépend certes d'éléments conjoncturels de courte durée de vie, mais les succès en recherche trouvent leurs racines sur des temps caractéristiques qui dépassent largement les dix ans.

Les éléments chiffrés du tableau de la page 9 illustrent cette appréciation du Comité de visite. Le rapport détaillé, appuyé sur un grand nombre de faits marquants apportent autant d'éléments qualitatifs appréciés par les experts très au fait de la production internationale.

#### Appréciation sur l'intégration de l'unité dans son environnement :

La valorisation des recherches de l'IPCMS a connu un bond en avant au cours de ces quatre dernières années. Ce virage pris par l'IPCMS traduit la capacité du laboratoire à rectifier un élément souligné par la précédente évaluation de l'AERES. La production de brevets est passée de 4 à 15. Les analyses détaillées ci-après identifient les domaines où le potentiel est sans doute encore insuffisamment exploité, vraisemblablement par faute de temps, tellement les équipes furent sollicitées pour répondre à la diversité des appels d'offres, tous aussi importants qualitativement que quantitativement. Si le calme revient « sur le front » nul doute que de nouveaux progrès en termes de propriété intellectuelle, seront enregistrés d'ici cinq ans.

Les financements externes ANR et UE sont importants en qualité et en quantité. De notre expérience des laboratoires de physique de la matière condensée, nul doute que l'IPCMS se positionne dans le top 5. Pour ce qui concerne les relations internationales, il est vraisemblable que, lié à ses positionnements thématiques et géographiques et à sa longue tradition de collaboration internationale, l'IPCMS se situe aux tout-premiers avant-postes.

L'IPCMS assure un rôle pilote au sein du PMNA (pôle Matériaux et nanosciences Alsace) et contribue à l'animation et au succès de cette action régionale et transfrontalière.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'unité de recherche :

- 11 prix ou distinctions scientifiques à la fois en physique et en chimie.
- 3 relations internationales à fort impact : LIA Franco-Indien, Laboratoire commun avec le Département de physique de Ewha Woman Séoul (Corée du Sud) et KIT (Karlsruhe), 27 collaborations européennes et 25 collaborations internationales hors Europe.
- Partenariat public : Région Alsace (20), RTRA (5), autres (8)
- Partenariat privé (12)



- Présences dans des Comités : International (5), AERES (12), Formations et diplômes (3) ANR (7), Synchrotron Soleil (2), CoNRS (Sections + CS INP + CPCN + CID : 12)

Parallèlement à ces nombres, soulignons l'attractivité de l'IPCMS, forte et incontestable qui se mesure par la qualité des recrutements, le rayonnement international, et la valeur internationale des publications et conférences invitées. Il est inutile de répéter les arguments développés dans les deux précédentes rubriques. La richesse et la multiplicité des indicateurs « compétitifs » apportent toutes les réponses pour apprécier le rayonnement et l'attractivité de l'IPCMS.

L'IPCMS par son apport à la recherche, à la formation, à l'interdisciplinarité réussie avec la chimie et maintenant avec la biologie, porte la physique et les nanosciences au meilleur niveau international. Physique et nanosciences doivent être reconnues comme pièces maîtresses de la stratégie de l'Université de Strasbourg et mis en exergue dans les documents stratégiques futurs de l'Idex au même titre que la biologie et la chimie. Les 2 Equipex et l'ERC senior ne forment que la partie émergée de ce pilier de l'Université de Strasbourg centré sur la physique et les nanosciences, qui portent entre autres, une interdisciplinarité exceptionnellement riche.

### Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :

La Direction du laboratoire confiée au Directeur par les tutelles, repose sur un bureau de Direction impliquant le Directeur, les 2 Directeurs adjoints, les 5 responsables de départements, la secrétaire générale et le représentant des personnels techniques. Le Conseil scientifique, fort de 15 membres nommés, présidé par le Directeur adjoint, fonctionne avec des sessions ouvertes lors des présentations. Le Conseil de laboratoire se réunit trois fois par an. Certains élus du Conseil de laboratoire considèrent que ce conseil est davantage un lieu d'informations que de décisions.

Le souhait universel de transparence n'obtient pas toujours quitus plein et entier par tous les élus, selon le niveau d'exigence démocratique, quelquefois orthogonale à l'axe efficacité-réactivité.

La concertation entre Direction et élus ITA est régulière. Des AG sont organisées avec les ITA et l'ensemble des personnels.

Le sentiment du Comité est qu'il existe un consensus sur la gestion du laboratoire, - avec des nuances exprimées par les élus chercheurs- sans que celui-ci soit qualifiable de mou. Les points difficiles font l'objet de décisions sans enlèvement.

La communication externe a fait l'objet d'une accélération notoire et repose maintenant sur des outils modernes (IPCMS news et web). Le site web est attractif, régulièrement mis à jour. Une gazette périodique rassemble des informations internes pour tous les membres de l'IPCMS.

L'accélération des appels d'offres, et en particulier tous les « évènements en ex » ont mobilisé fortement le personnel et nombre d'éléments du laboratoire ont ressenti un manque d'informations. Ce décalage d'informations n'est pas spécifique à l'IPCMS. Ce fut général dans tous les laboratoires qui ont su être réactifs sans pour autant obtenir les succès mérités que l'IPCMS a heureusement connus.

Le développement rapide du croisement des compétences entre acteurs, et le développement instrumental conséquent, sont des indicateurs clairs d'une animation scientifique dense. Cette intensité ne conduit pas à une fébrilité stérile : les actions conséquentes entreprises se concrétisent et s'achèvent toutes dans des conditions et délais plus que raisonnables.

La gestion efficace du laboratoire doit être préservée et le Comité apprécie très justement la crainte de bouleversements inefficaces apportés éventuellement par des plateformes de gestion de « niveau-priorité 2 », échappant à la responsabilité du laboratoire.

Une grande attention est portée à l'activité hygiène et sécurité, 6 ACO, 17 SST, 2PCR, 8 personnes qualifiées électricité basse tension. Les risques majeurs sont identifiés dans l'utilisation des lasers, des produits chimiques, des machines-outils, des RX, des liquides cryogéniques, et gaz sous pression. En quatre ans, 26 accidents ont été enregistrés sans conséquence à long terme pour les blessés, 6 coupures, une brûlure acide sur la main, 4 liés au laser. Des mesures ont été prises pour réduire les risques.

Les ACO donnent une formation initiale à tous les nouveaux entrants au laboratoire, sur les risques et l'extinction des feux.



La préparation de nanomatériaux en chimie a fait et fait l'objet d'actions spécifiques de protection.

Enfin la formation permanente du personnel est prise en compte avec ses deux aspects : recevoir et donner de nouvelles connaissances.

En conclusion, le Comité apprécie la qualité du travail accompli par le Directeur et son équipe de Direction, très professionnels, qui agissent avec efficacité et réactivité à tous les niveaux, local, régional, transfrontalier, et international. La Direction a maîtrisé toutes les situations délicates dans l'intérêt du laboratoire et des personnes, pour le plus grand bénéfice des tutelles qui ont apporté leur pleine et bien méritée confiance au Directeur. Le Comité se fait plaisir de confirmer cette appréciation et souhaite que le Directeur qui quitte la Direction de l'IPCMS au 01-01-2013, trouve rapidement une position qui lui permette de mettre ses talents au service de la Communauté scientifique.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

La question essentielle posée à l'IPCMS pour son avenir n'est pas d'identifier les perspectives ouvertes sur les 5 ans à venir. L'avenir immédiat se construit avec un double objectif :

- trouver les moyens complémentaires pour accomplir les engagements, impossibles à tenir complètement avec les seules ressources allouées et disponibles à ce jour (c'est inhérent aux appels d'offres de compter sur un complément à fournir par les tutelles et les collectivités locales, soit pour l'infrastructure soit pour les ressources humaines ou les deux)
- poursuivre le développement des autres thèmes de recherches qui initient les projets à venir, et qui fertilisent les programmes fortement soutenus actuellement.

Le projet de l'IPCMS est centré sur 4 grands thèmes, trois d'entre eux dans lesquels la chimie prend une part essentielle (axes 1, 3 et 4).

- Dans l'axe 1 (Nano-électronique : nouveaux matériaux et propriétés de base), il s'agit de l'étude du transport via une molécule unique, de l'électronique organique, de nouveaux matériaux magnéto-électriques et de jonctions tunnel magnétiques.
- L'axe 2 identifié par l'optique ultra-rapide et la nanophotonique se développe sur un spectre large interdisciplinaire où chimie et biologie sont concernées directement, comme plusieurs thèmes de la physique et des développements technologiques au meilleur niveau international.
- Pour l'axe 3 (Biophysique et biomatériaux pour la santé), l'accent est mis sur les nanoparticules d'oxydes de fer et sur les simulations relatives aux membranes et aux interactions membranes-acide nucléique.
- L'axe 4 (Matériaux fonctionnels) est celui où sont développés de nouveaux matériaux (particules, couches hybrides, matériaux mésomorphes, oxydes à propriétés spécifiques, leur caractérisation multiéchelle y compris à l'échelle atomique, et la simulation des propriétés structurales et électroniques.

Ces quatre dernières années, nombre de résultats obtenus ont été de véritables ruptures, qui sont à développer. Pour les cinq ans à venir on peut identifier les lignes directrices suivantes :

- les nouvelles architectures chimiques pour les nanoparticules cœur/coquille, pour les systèmes hybrides multi-couches, pour les nanoparticules dendronisées, et pour des nouveaux matériaux multiferroïques,
- les multi-matériaux par auto-assemblage pour le mésomorphisme et l'auto-organisation pour les méta-matériaux, les fullerènes et endo-fullerènes
- l'assemblage 2D de nanoparticules
- de nouveaux matériaux pour le photovoltaïque.

Ces axes sont les priorités de l'IPCMS et doivent permettre d'obtenir de nouveaux matériaux fonctionnels innovants.

Au cœur de la spintronique, un pas important sera la réalisation de structures verticales combinant couches moléculaires et matériaux magnétiques. Les propriétés des interfaces seront étudiées par photoémission résolue en spin.



Le projet proposé comporte également des études très prometteuses de molécules multifonctionnelles pouvant être contrôlées par plusieurs paramètres externes, tels que pression, température, champ électrique... et leur insertion dans des structures pour l'électronique de spin.

Le développement expérimental de la plateforme STnano est essentiel (développement d'outils pour la déposition par voie chimique, pour la microfluidique pour la structuration de nouveaux matériaux, mise en place d'un bâti de CVD pour la croissance de graphène...) et sera mis à profit pour lancer une nouvelle thématique sur le graphène et ses applications potentielles en électronique de spin.

Le rôle des parois de domaines sur la conduction du multiferroïque BiFeO<sub>3</sub>, ou encore l'exploitation d'effets photoélastiques observés dans ce même matériau pour le contrôle de l'anisotropie magnétique sont des thèmes porteurs. L'approche originale de l'IPCMS, notamment sur les effets photoélastiques devrait permettre d'identifier le laboratoire dans un contexte à très forte compétitivité internationale.

Les théoriciens amélioreront dès 2012 la puissance du cluster pour multiplier les capacités par un facteur 5. Les nouveaux enjeux concernent la dynamique extrême dans le domaine de la matière condensée (déclinée sur les charges et spins, la liaison chimique des nanosystèmes par exemple l'interaction molécule-surface, les nanoparticules fonctionnalisées), le contrôle cohérent du magnétisme, les matériaux applicatifs, tels que les verres ternaires pour l'infra-rouge profond.

#### Appréciation sur l'implication de l'unité dans la formation :

L'IPCMS est au cœur de l'Ecole Doctorale Physique et Chimie-Physique (EDPCP). Il contribue aux masters Physique et Chimie, et Chimie-Biologie. 24 enseignants chercheurs de l'IPCMS enseignent dans le master physique et matériaux. Des enseignants ou des chercheurs de l'IPCMS ont de plus des responsabilités dans deux programmes spécifiques au sein du master du département physics & engineering. Ils sont impliqués dans le fonctionnement/direction de l'UFR de physique et de l'Ecole de Chimie Polymères & Matériaux. Au-delà ils interviennent de manière conséquente à l'Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg.

Au total ce sont la moitié des chercheurs CNRS (20) qui enseignent et une demi-douzaine d'ingénieurs, pour un total de 1100 heures environ soit l'équivalent de 5,5 services.

Toutes ces forces ont contribué au cursus international d'enseignement mis en place à Strasbourg en Anglais.

- Masters de physique qui attirent des étudiants étrangers et dispositif d'échange avec Wrocław (Pologne) depuis 2006.
- Deux collèges doctoraux avec Karlsruhe et Bâle depuis 2010
- Une école annuelle franco-coréenne inaugurée en 2010, adossée au laboratoire (CNRS-EWHA University Séoul)
- Ecole européenne Nanosciences Aarhus, Basel, Cambridge, Groningen, Twente, Münster, Strasbourg
- Master IRV avec l'Université de Huazhong (Wuhan-Chine)



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Département Optique ultra rapide et Nanophotonique (DON)

**Nom du responsable :** M. Stefan HAACKE

Effectifs

| Effectifs  | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants du<br>projet ** |
|--|----------------------|----------------------|---|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs   | 10                   | 9                    | 9   |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC  | 7                    | 7                    | 7   |
| <b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          | 4                    | 1                    |   |
| <b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 13 (12.9)            | 13 (12.9)            |   |
| <b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 0                    |                      |   |
| <b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            | 2                    |                      |   |
| <b>N7</b> : Doctorants   | 15                   |                      |   |
| <b>N8</b> : Thèses soutenues   | 11                   |                      |   |
| <b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues   | 3                    |                      |   |
| <b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         | 15                   | 13                   |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>   | 51 (50.9)            | 30 (29.9)            | 16  |

### • Appréciations détaillées

DON : Département « Optique ultra-rapide et nanophotonique ». Pertinence et nature de la segmentation en équipes, au sein du département.

Pourtant de taille importante, le département « Optique ultra-rapide et nanophotonique » présente une bonne cohérence thématique centrée autour de l'étude de processus physiques fondamentaux ultra-rapides (à l'échelle de la femtoseconde et attoseconde) au sein de nano-objets. Les thèmes de recherche développés sont judicieusement articulés autour des techniques optiques ultimes des impulsions laser et détection très rapides, nécessaires à la compréhension de tels processus.



- Tout en étant fortement investi dans des développements expérimentaux de pointe appuyés sur des partenariats avec des industriels, ce département (cinq équipes), développe une activité de recherche scientifique au plus haut niveau, en particulier sur la dynamique quantique et ultra-rapide de nano-objets, la dynamique ultrarapide d'aimantation et de spin ou bien la dynamique structurelle de biomolécules.
- Au-delà de ces recherches de nature fondamentale, le département conduit une activité à vocation plus applicative, autour de la nanophotonique organique et de spins. Cette cohérence thématique doublée de l'excellence de son activité de recherche lui confère une expertise de premier plan sur les techniques optiques ultimes et processus ultra-rapides et s'enrichit de nombreuses collaborations au sein du département mais aussi au sein du laboratoire et plus largement à l'échelle nationale et internationale.
- Il convient enfin de souligner la qualité de la gouvernance de l'équipe.

#### Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le département est organisé autour de cinq thèmes :

- la spectroscopie ultra-rapide de nano-objets (semiconducteurs, nanotubes...),
- la dynamique quantique de nano-objets,
- la dynamique structurelle de biomolécules,
- la dynamique ultra-rapide d'aimantation et de spin couplée à la nanophotonique de spin,
- l'étude de matériaux organiques appliquée à la nanostructuration laser pour l'optoélectronique et la microscopie.

Dans son ensemble, le département a obtenu un grand nombre de faits marquants au cours du dernier quadriennal, grâce à la remarquable dynamique des équipes techniques et scientifiques.

L'excellence de la recherche menée est attestée par les publications du département, à la fois en grand nombre (131) et de qualité (avec entre autres 1 Nature, 1 Nature Phys., 5 Phys. Rev. Lett., 2 P. Nat. Acad. Sci. USA, 1 J. Am. Chem. Soc., 1 Cancer R., ...).

Elle se traduit par un leadership international et une très grande visibilité illustrés par de nombreuses invitations à des conférences et colloques (77 sur le quadriennal). Le nombre de thèses soutenues au cours des trois dernières années (12) montrent que les chercheurs du département sont performants en termes de formation de personnel hautement qualifié en optique et en science de l'ultra-rapide. La stratégie poursuivie par le département s'est avérée fructueuse. Ainsi les nouvelles orientations scientifiques entreprises dans certaines équipes ont été riches en résultats importants.

Par exemple, les travaux expérimentaux entrepris au cours du quadriennal sur les semiconducteurs à base de nitrures et menés grâce à une collaboration fructueuse avec l'EPFL, ont permis une meilleure compréhension des mécanismes à l'origine de la relaxation du spin des excitons dans les puits, étape essentielle pour envisager l'utilisation de tels matériaux en spintronique. L'orientation nouvelle vers la dynamique de luminescence de nanostructures, en particulier les nanocristaux ou nanotubes, s'est aussi avérée pertinente, avec notamment des résultats de premier plan sur les nanotubes de carbone obtenus en collaboration avec le LP2N à Bordeaux. Dans ce domaine très actif internationalement, la mise en évidence de mécanismes nouveaux de formation des trions par photoexcitation, aura certainement un impact important sur la compréhension et le contrôle des états (multi-excitoniques) dans ces nano-objets.

L'étude de la dynamique des nano-objets fait aussi l'objet d'un travail théorique important et de qualité, qui s'appuie sur une grande variété d'approches (depuis une description complète à N corps jusqu'à des modèles macroscopiques de type hydrodynamique quantique). Outre une activité « historique » sur la physique atomique et moléculaire ou des plasmas, les principaux travaux théoriques entrepris portent sur la dynamique d'aimantation (dans les semiconducteurs magnétiques dilués ainsi que dans les nanoparticules métalliques ou ferromagnétiques) et sur la dynamique des charges (dans les films métalliques ainsi que dans les puits et boîtes quantiques semiconducteurs). Parmi les résultats de premier plan obtenus au cours du quadriennal, on notera les travaux originaux sur la fidélité quantique dans les systèmes à N corps (électrons dans un puits ou condensat dans un piège anharmonique), problématique cruciale pour l'ingénierie de techniques de traitement quantique de l'information.



Thématique d'interface, l'étude de la dynamique structurelle des biomolécules a su aussi capitaliser avec succès sur l'expertise des scientifiques du département sur les techniques ultrarapides lasers et de détection. On notera les travaux menés sur l'analyse des mécanismes de photoactivation dans les protéines photosensibles de tryptophan, mettant en évidence un déclenchement de la fonction biologique par stockage de l'énergie lumineuse sous forme d'énergie électrostatique sur des échelles de temps de l'ordre de la picoseconde. De même, on notera le succès de l'approche biomimétique pour réaliser des photo-commutateurs rapides et efficaces à base de structure alkylée d'indanylidene-pyrroline, en s'inspirant des mécanismes de photoisomérisation ultrarapide et cohérente du rétinol dans la rhodopsine. Outre des travaux sur la dynamique ultra-rapide de biomolécules, on remarque une interdisciplinarité fertile avec une ouverture vers le monde de la médecine, via les travaux sur la complexification de l'ADN avec des protéines ou molécules organo-métalliques (tels que les complexes à base de ruthénium) à des fins thérapeutiques (en particulier le cancer), travaux qui s'appuient sur des études de la dynamique de transfert de charge et d'énergie sur molécules uniques.

Activité phare du département, les travaux sur la dynamique ultra-rapide de désaimantation et de précession de spin induites par laser sur des matériaux ferromagnétiques sont de tout premier plan. Elles couvrent un vaste domaine ouvert par le femtomagnétisme. Pivot d'un grand nombre d'actions de recherche entreprises au laboratoire mais aussi riche d'un grand nombre de collaborations nationales et internationales, cette thématique a donné lieu à un grand nombre de faits marquants au cours du quadriennal. Parmi ces résultats on peut citer, sans ordre de priorité : la mise en évidence de modes collectifs de vibration dans des supra-réseaux de nanoparticules de cobalt ou bien l'identification des mécanismes accompagnant la désaimantation ultra-rapide induite par laser dans des films ferromagnétiques. Sur ce dernier point, on retiendra les résultats remarquables démontrant le rôle essentiel joué par l'interaction cohérente spin-photon dans les expériences de femtomagnétisme ou encore les travaux de premier plan sur le transfert de moment orbital et de spin de l'aimantation soulignant l'impact déterminant joué par l'interaction spin-orbite dans les processus de désaimantation ultrarapide. Soulignons également l'interaction fructueuse entre les départements DON, DSI et DMONS en ce qui concerne l'utilisation de la lumière synchrotron pour mener des expériences de dichroïsme magnétique circulaire des rayons X couplées avec des impulsions laser fs. Parallèlement, l'équipe mène une activité soutenue sur la photonique de spins. On remarquera dans ce domaine les résultats obtenus sur la commutation magnéto-optique locale par des impulsions laser femtosecondes induisant la formation de domaines sur un film polycristallin ferromagnétique ou encore l'étude des effets de recuits laser sur la dynamique de spins dans des nanoparticules Co/Pt.

Les propriétés optiques non-linéaires de composés organiques (complexes de ruthénium, molécules push-pull...) pour la microscopie non-linéaire, l'optoélectronique ou la microstructuration laser. A visée plus applicative, l'ensemble de ces travaux sont globalement satisfaisants mais restent encore parfois préliminaires, posant quelques jalons vers des applications potentielles notamment dans le traitement des surfaces et marquages ou bien dans les techniques de microscopie en particulier pour la biophotonique. On peut mentionner à ce titre l'amélioration des techniques d'imagerie par dichroïsme circulaire d'intérêt pour l'étude de la dynamique de protéines par exemple ou bien les travaux sur les composés organiques à des fins d'expériences de transfert de fluorescence (FRET) entre autres. On remarque d'autre part l'amorce d'une démarche de valorisation des techniques de microstructuration laser.

De ce point de vue, malgré de nombreux partenariats avec des industriels, en particulier dans le domaine des impulsions et de la détection ultra-rapide, on constate un faible nombre de brevets (un seul déposé au cours du quadriennal pour l'ensemble du département).

Pourtant, une des forces du département réside pour partie dans le très haut niveau de savoir-faire de ses équipes techniques et scientifiques en optique laser rapide. Outre une mise à disposition efficace et indispensable de leur savoir-faire pour la caractérisation et spectroscopie des matériaux en soutien aux « épitaxieurs » et chimistes, le département dispose d'une plateforme en optique ultra-rapide performante, qu'il a su faire évoluer et enrichir de façon pertinente et efficace au cours du quadriennal. Sans être exhaustif, on notera le lancement de la plateforme attoseconde, l'évolution du banc de spectroscopie Kerr ultra-rapide (avec l'ajout d'un cryostat et d'une bobine 10 T), l'acquisition d'un SNOM pour la microscopie non-linéaire, l'installation d'un banc de fluorescence par différence de fréquences et résolue en temps (fs), l'installation d'un microscope STED ou bien le lancement d'un montage de spectroscopie femtoseconde résolue spatialement via le recours à de la lumière structurée (modes de Laguerre-Gauss...).



### Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Très dynamique et positionnée sur des axes originaux et porteurs, le département a un rayonnement local, national et international incontestable dans son domaine d'activité.

Le département a en effet une très bonne implantation à l'intérieur du laboratoire. La plupart des équipes travaillent pour partie en collaboration interne avec plusieurs équipes, que ce soit à l'intérieur du département ou dans les quatre autres départements. Très bien intégré dans le paysage régional, il est actif dans un grand nombre de collaborations fructueuses avec des laboratoires strasbourgeois (ISIS, INSERM, IRMA, InESS, Lab. Chimie Quantique, Lab. Biophotonique et Pharmacologie,...).

Il a su construire également un très bon réseau de collaborations nationales (LM2M, XLIM, LASIM, PCNO, LP2N, Inst. Néel, Lab. Chimie de l'ENS Lyon, PHOTON...). Fort de ces collaborations fructueuses, le département a été très actif dans la réponse à des appels nationaux à projets compétitifs récents. Dans son ensemble, le département a participé à 10 projets ANR lors du dernier quadriennal (dont trois pilotés par un chercheur du département) et a été moteur dans le succès aux appels d'offre Equipex (avec le financement du projet UNION en collaboration avec l'ISIS).

Le département jouit aussi d'une reconnaissance internationale exceptionnelle, comme en témoigne l'obtention par un des scientifiques du département d'une prestigieuse et très compétitive bourse de recherche ERC advanced grant.

Ce rayonnement est aussi illustré par des travaux nombreux menés étroitement avec des partenaires européens : en Suisse (EPFL), en Allemagne (BESSY, Freie University Berlin), avec la république Tchèque (Charles University Prague), en Hongrie (Biological Research Center Szeged), en Suède (Lund University), en Espagne (Universidad Autonoma de Madrid) ou encore en Italie (CUSBO). Il se traduit par un faible nombre de contrats de coopération en Europe (doctorat en co-tutelle avec la République tchèque, un projet CNRS bilatéral avec la Hongrie, participation dans un projet COST), reflétant sans doute un appétit amoindri par toutes les réussites contractuelles précédemment décrites ou ci-dessous.

Les collaborations entretenues à l'international par le département dépassent le cadre européen. En effet, des partenariats étroits existent avec des laboratoires aux Etats-Unis, en Tunisie, en Algérie, au Brésil, au Mexique, en Chine et plus particulièrement avec la Corée du Sud. Certains sont formalisés par des doctorats en co-tutelle (avec la Chine) ou des projets CNRS bilatéraux (avec le Brésil). Il convient ici de remarquer le projet collaboratif ambitieux avec le département de Physique de EWHA Womans University à Seoul, projet comprenant notamment le lancement d'un centre de recherche international sur l'optique ultrarapide et la nanoélectronique de nanostructures fonctionnelles.

L'implication effective de membres du département dans des responsabilités d'intérêt collectif au sein d'instances nationales ou internationales (CNU, CoNRS, conseil scientifique du CNRS, COST, ...) renforce indubitablement la visibilité du département. Notons à ce titre que des membres du département ont occupé ou occupent des fonctions importantes au sein de l'UFR de Physique de l'Université. Une grande partie du personnel du département s'investit aussi fortement dans des missions de formation en physique et par la recherche, avec l'accueil d'un grand nombre de doctorants, la participation d'une majorité des chercheurs CNRS dans l'enseignement en master ou bien la prise de responsabilité de cursus en master. En outre, un certain nombre d'entre eux ont été appelés pour des expertises de laboratoire (AERES) ou des projets de financement (ERC). Ces activités témoignent du professionnalisme des chercheurs du département au sein de leur établissement, et de la Communauté scientifique.

En revanche, malgré le potentiel du département en termes d'actions de valorisation et transfert technologique, on compte très peu de dépôt de brevets (un seul durant le quadriennal). Quelques partenariats avec des entreprises sont en train de se tisser mais restent encore en nombre très réduit (deux contrats uniquement sont mentionnés dans le rapport). Le département a pourtant indubitablement la capacité à faire valoir son expertise exceptionnelle sur les technologies optiques ultra-rapides.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le département jouit d'une reconnaissance internationale exceptionnelle, comme en témoignent le grand nombre de communications invitées à l'international (près de 50 conférences, colloques ou séminaires).



Comme mentionné précédemment, le département a mis en place et a su nourrir un grand nombre de collaborations au niveau national et international avec des acteurs clé et autour des divers thèmes abordés. Les très bons niveaux de financements obtenus au niveau national sont le reflet de la performance générale de l'équipe. Il convient de rappeler aussi ici l'obtention par un des membres du département d'une bourse ERC Advanced grant, reflet du très haut niveau de son activité de recherche et de la force innovante de son projet. L'excellence scientifique de ce chercheur a été saluée par l'octroi de la médaille d'argent du CNRS en 2009.

Rappelons que le département est fortement investi dans de nombreuses collaborations internationales, au-delà des frontières européennes. Ceci participe à lui conférer une forte attractivité, qui se traduit par des écoles thématiques bilatérales avec la Corée du Sud ou bien des doctorats en cotutelle avec la République tchèque et la Corée du Sud. Le département est d'autre part au cœur du lancement d'un centre de recherche international avec la Corée du Sud.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Les projets du département s'inscrivent dans la continuité de leurs travaux depuis quatre ans mais présentent des parties nouvelles et originales. Ils reposent en grande partie sur les compétences du département en science et techniques de l'ultra-rapide.

Ainsi, le renforcement des activités autour de la spectroscopie ultra-rapide des matériaux carbonés est jugée pertinente, tant au regard des résultats originaux obtenus que de l'ampleur du domaine très prometteur mais encore à défricher. Les travaux approfondis sur les semiconducteurs à base de nitrure seront aussi essentiels tant pour accompagner les efforts de croissance que pour mieux identifier les potentialités de ces matériaux pour la spintronique.

Outre le prolongement des travaux sur la décohérence dans les systèmes à N corps d'importance pour l'information quantique, la modélisation des processus dynamiques dans les nano-objets s'attachera à mieux comprendre les interactions cohérentes entre la matière et des impulsions laser intenses, en lien étroit avec les expériences de femto- et atto-magnétisme menées au laboratoire.

Dans ce dernier domaine, l'orientation prise vers l'attomagnétisme est très prometteuse et sera sans aucun doute très riche d'enseignements. Plusieurs axes de recherche innovants sont ouverts : couplage spin-photon à des échelles sub-femtosecondes, dynamique d'aimantation des spins corrélés afin de sonder les niveaux de cœur des atomes et non les électrons de conduction, impact des effets relativistes, exploration des limites et de la faisabilité de dispositifs utilisant la photonique de spin.

Capitalisant sur les résultats obtenus lors du dernier quadriennal mais aussi des collaborations locales bien établies, les travaux sur la dynamique de transfert d'énergie et de charges dans les nanomatériaux organiques sera poursuivie, à des fins applicatives notamment pour le photovoltaïque. L'orientation vers des expériences de dynamique structurale des complexes ADN-protéines, combinant spectroscopie et microréacteurs en circuit microfluidique, est très judicieuse. L'approche biomimétique pour la réalisation de commutateurs s'est avérée prometteuse et sera de fait approfondie.

Concernant les travaux sur le dichroïsme circulaire, leur application à des fins d'imagerie d'objets biologiques est pertinente. La microstructuration laser mettra plus particulièrement l'accent sur la réalisation de composants optoélectroniques organiques. Ancrée pour partie aux applications, cette évolution pourra être l'occasion d'une réflexion sur des collaborations renforcées ou nouvelles vers des équipes déjà très actives dans le domaine, pouvant ouvrir à des partenariats industriels nouveaux.

Un grand nombre de ces projets impliquent le développement de nouvelles techniques et plateformes optiques. De ce point de vue, le département a su et sait faire évoluer son savoir-faire de pointe, appuyé par le haut niveau des compétences techniques des ITA/IATOS. De nombreuses évolutions des plateformes optiques sont ou seront lancées. Sans être exhaustif, mentionnons le développement de la plateforme attoseconde (projet Equipex UNION), l'évolution vers des techniques offrant en sus une résolution spatiale (microscopie STED, illumination structurée...) ou encore le développement de techniques de spectroscopie femtoseconde cohérente multidimensionnelle.

Ainsi, dans leur ensemble, les sujets proposés sont pertinents et reposent sur les compétences fortes du département, avec un rôle fédérateur au sein du laboratoire grâce son expertise dans les techniques et processus ultra-rapides. Comme toute science innovante, ces projets comportent des éléments de risque, qui,



étant donné les résultats du dernier quadriennal, ne constituent pas une cause d'inquiétude. Au final, c'est un excellent projet qui se situe à la fois dans la continuité et dans l'innovation.

### Conclusion

#### ▪ *Avis global sur l'équipe :*

Très dynamique, le département mène une activité de recherche au meilleur niveau avec une très forte visibilité internationale, en bonne cohérence avec les axes majeurs du laboratoire. La dynamique du département est excellente, dopée par des investissements judicieux permettant des évolutions prometteuses et riches. Les projets originaux et bien positionnés dans le cœur des recherches du laboratoire, reposent sur les compétences fortes du département, qui est, par ailleurs, bien dirigé.

#### ▪ *Points forts et opportunités :*

- Cette équipe possède une très grande expertise dans les techniques de pointe en optique ultra-rapide
- Son expertise est reconnue sur les processus ultra-rapides en matière condensée
- Elle s'inscrit dans un excellent réseau de collaborations nationales et internationales et a un rayonnement international de très haut niveau
- Elle développe en son sein des sujets porteurs d'interface optique-magnétisme, optique-biologie...

#### ▪ *Points à améliorer et risques :*

- Valorisation et transfert de technologie trop modeste, requérant de renforcer les partenariats avec des industriels ou par une politique plus volontaire de dépôt de brevets

#### ▪ *Recommandations :*

Les thématiques de recherche menées sont certes plutôt de nature fondamentale. Cependant, le département devra veiller à valoriser et transférer plus largement ses compétences fortes et historiques. Certaines équipes ont en effet indubitablement le savoir-faire, l'expertise et des compétences qui pourraient être mieux valorisées au sein de projets européens de coopération ou dans des partenariats avec l'industrie. Hormis ce point, nous ne pouvons que conseiller aux acteurs du département de poursuivre sur leur excellente dynamique.



## Équipe 2 :

Département Surface et Interfaces (DSI)

Nom du responsable : M. Wolfgang WEBER

### Effectifs

| Effectifs   | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants du<br>projet ** |
|---|----------------------|----------------------|---|
| N1 : Enseignants-chercheurs   | 5                    | 4                    | 4   |
| N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC  | 7                    | 6                    | 6   |
| N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          | 3                    | 0                    | 0   |
| N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 8 (7.8)              | 8 (7.8)              |   |
| N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 0                    |                      |   |
| N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            | 2                    |                      |   |
| N7 : Doctorants   | 8                    |                      |   |
| N8 : Thèses soutenues   | 8                    |                      |   |
| N9 : Nombre d'HDR soutenues   | 0                    |                      |   |
| N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         | 6                    | 5                    |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>  | <b>33 (32.8)</b>     | <b>18 (17.8)</b>     | <b>10</b>   |

Les champs de recherches de DSI couvrent les relations entre structures cristallographiques et propriétés électroniques et magnétiques des surfaces et interfaces, des nanoparticules et des nanomatériaux carbonés. 12 chercheurs ou enseignants-chercheurs permanents, 13 non-permanents et 7 ITA forment le plus petit département de l'IPCMS. Sur le papier DSI est constitué de trois équipes.

- Equipe I, *Nano-matériaux étudiés par microscopie électronique*;
- Equipe II, *Processus dynamiques dans des systèmes ferromagnétiques et magnétoélectriques*;
- Equipe III, *Nanostructures et molécules sur surfaces*.

Les recherches poursuivies sont très actuelles et les thèmes sont très pertinents.

La production scientifique est excellente en qualité et quantité (166 RCL publications, dont 1 Nature, 2 Nature Nanotech., 8 Phys. Rev. Lett., 2 Nano Lett., et plusieurs autres dans les journaux de référence du domaine scientifique).



La reconnaissance internationale est à l'unisson : 65 conférences invitées et une forte implication dans l'organisation d'un nombre, 3 éditions de volumes). Les ressources financières sont pour 73% dues aux contrats, chaque équipe ayant des succès significatifs aux appels d'offres compétitifs de l'ANR.

Le succès de l'équipex UTEM (Ultrafast Transmission Electron Microscopy), conduite par l'équipe I en collaboration avec le DON, est une démonstration de son engagement à long terme dans des programmes interdisciplinaires.

Au-delà de ces données brutes, il existe des pratiques différentes de chaque équipe, tant dans l'organisation que dans les productions scientifiques et dans les implications dans la formation. Le DSI n'a pas une identification du cœur d'activités, facilement identifiable puisque les thèmes de l'équipe I, très focalisés sont bien différents de ceux des équipes II et III.

L'équipe I est identifiée par les travaux en MET, les programmes de recherches sur les matériaux carbonés (graphène, nanotubes de carbones, carbone-métal nanostructures, biocompatible films minces) et les développements technologiques (tomographie électronique analytique, et UTEM)

Quoique constituée de 4 membres, cette équipe a une forte production de publications, de transfert technologique, et a une attraction significative pour les ressources financières, et la formation d'étudiants et post-docs. Ceci est en partie inhérent à une activité centrée sur la MET qui favorise des collaborations avec des groupes internes et externes à l'IPCMS, et en partie aussi à la vitalité de l'équipe focalisée sur des objectifs de recherche cohérents.

La situation est différente pour les Equipes II and III, malgré la qualité reconnue des chercheurs et de leurs recherches. Ces équipes sont petites particulièrement l'équipe II, elle-même fractionnée, qui aboutit à des sous-groupes loin de la masse critique nécessaire pour devenir une référence du thème.

#### *Equipe I, Nano-matériaux étudiés par microscopie électronique;*

L'activité du chef d'équipe, recruté Professeur à l'Université de Strasbourg en 2007, est centrée sur les matériaux carbonés, thème sur lequel il s'est construit une reconnaissance internationale forte (invitations régulières aux conférences internationales, et plus de 600 citations par année).

Son jeune collègue, McF depuis 2003 à l'Uds, très dynamique avec un grand potentiel, ouvre une voie nouvelle à l'IPCMS, bien adaptée à la « stratégie matériaux complexes » du laboratoire, la tomographie électronique analytique (durant ces 4 dernières années, 32 publications, 3 conférences invitées internationales, 8 nationales, 2 brevets).

Le récent succès de l'Equipex UTEM crée des nouvelles perspectives, source d'une accélération conséquente des activités de cette équipe avec le concours du département DON. « Formater » cette initiative pour la réussir, passe par une conduite de projets particulière non triviale, au-delà des seules ressources actuelles de l'IPCMS. Le Comité a pleinement confiance dans les capacités du chef d'équipe à mener ce projet jusqu'à son terme.

#### *Tomographie électronique*

Avec une ressource humaine minimale, la tomographie électronique a donné des premiers résultats excellents. La morphologie 3D, et les informations locales sur la composition chimique sont des données cruciales de la caractérisation des nanograins de matériaux nouveaux, particulièrement utiles aux chimistes.

Après cette phase I où les performances en termes de résolution spatiale sont au meilleur niveau mondial, il est essentiel de focaliser la phase II sur l'analyse quantitative des données. La résolution finale en 3D est non seulement corrélée à la nature de l'échantillon, mais aussi aux programmes de reconstruction. Il convient de profiter de l'expertise européenne acquise et disponible.

#### *Equipe II, Processus dynamiques dans des systèmes ferromagnétiques et magnétoélectriques.*

Equipe II, Dynaspin, 3 sous-groupes, 3 chercheurs permanents.

II-a. 3 PRL et 9 autres publications et 4 conférences invitées pour ce premier sous-groupe, focalisé sur l'interaction électrons polarisés en spin/surfaces ferromagnétiques, incluant des expériences de réflexion électronique à l'interface vide-métal, et mesure de magnétorésistance dans les jonctions tunnel magnétiques.





La précession du spin lors de la réflexion par une surface ferromagnétique permet d'accéder à des informations sur le transport polarisé en spin et la manipulation de spin des films magnétiques ultraminces. Il est montré que la réflexion électronique à l'interface isolant-ferro influence fortement la magnétorésistance tunnel de Fe/MgO/Fe, et est importante pour définir l'efficacité du transfert du vortex de spin dans ces dispositifs.

Un résultat notable pointe le rôle joué par des couches « atomiques » non magnétiques pour modifier le couplage oscillant des tri-couches Fe/Cr/Fe qui peut être utilisé pour ajuster l'interaction entre couches magnétiques, en contrôlant les propriétés électroniques de confinement de l'empilement.

Trois PRL et 9 autres publications et 4 conférences invitées : la production est excellente. Toutefois il semble que le thème de la réflexion électronique polarisée en spin des surfaces ferro atteigne « une maturité certaine ». Le Comité apprécie et appuie fortement l'ouverture pour les 5 prochaines années des études de réflexion de spins vers les interfaces organo-ferro. Il s'agit d'un thème, très actuel de la spintronique organique qui s'inscrit aussi dans les lignes de recherches actuelles du DMONS et du DCMI.

II-b. Dynamique d'aimantation et échange dans les multicouches abordés avec des techniques « synchrotron ». (6 conférences et 10 publications dont un article fondateur dans Nature)

Depuis 2010 l'impact de II-b s'est amplifié par cette réalisation d'une « expérience pionnière » sur le découplage spin-orbite d'un métal ferromagnétique doux induit par une excitation laser femto qui est vraiment fondatrice : aux temps ultracourts les transferts de moments orbital et de spin ont des temps caractéristiques différents. Au-delà de son côté fondamental, ce papier publié dans Nature est le fruit d'un croisement d'expertises au meilleur niveau entre composantes de la physique de l'IPCMS, DSI, DMONS et DON. Cette étude s'est poursuivie et aborde (résultats non publiés) le transfert de moment angulaire induit par des lasers pompes polarisés circulairement. Ce groupe, hors organigramme, cristallisé autour de II-b est fortement impliqué dans des expériences X-FEL à Stanford pour aborder les dynamiques femto des domaines magnétiques avec la diffraction élastique résonante des RX et aussi avec les X-UV sources labo. Ces ouvertures expérimentales pionnières convergent aux frontières des connaissances dans deux champs scientifiques, celui de la dynamique d'aimantation et celui des mesures ultrarapides avec des rayons X. Il faut noter l'effet d'entraînement de l'IPCMS, aujourd'hui rejoint par SOLEIL pour introduire cette ligne de recherche XFEL en France, (ANR blanche "f-slicing at X-FEL"). A l'évidence ce groupe est trop réduit pour tirer le plein avantage de ces expériences pionnières et de l'environnement interdisciplinaire de l'IPCMS. Croissance du groupe par recrutement ou agrégation venant d'autres équipes sont nécessaires pour tenir cette position très en pointe, dans cette activité dépendante de la pratique très exigeante imposée par les très grands équipements mondiaux.

II-c. est d'implantation récente. Cette très petite équipe se propose d'aborder les processus dynamiques dans les matériaux multiferroïques. Ce court avis ne porte que sur le projet. Les matériaux multiferroïques présentent à la fois un ordre ferroélectrique et un ordre ferromagnétique, les applications futures naissant du couplage entre ces deux ordres. Le couplage magnétoélectrique doit permettre une écriture électrique et une lecture magnétique. Parmi toutes les questions possibles, II-c se propose de regarder l'influence mutuelle des renversements d'aimantation et de polarisation électrique sur les couplages spatiaux et la dynamique de propagation des domaines magnétiques, ferroélectriques et ferrotoroïdique. L'effort expérimental portera sur différentes méthodes d'imageries, microscopie SHG, AFM/MFM, et XPEEM. Les approches pompe-sonde ultrarapides SHG sont envisagées avec le concours de DON. Le sujet est actuel et pertinent. C'est aussi un travail ambitieux en termes de croisements d'expertises, de volume de travail, et de ressources humaines, au-delà des seules capacités actuellement affichées. Les premiers résultats encourageants ont permis deux succès pour deux nouvelles ANR.

Individuellement, chacun des sous- groupes, DSI-II possède le potentiel pour avoir un excellent impact scientifique, ces 5 prochaines années. Cependant nous ne pouvons trouver aucun dénominateur commun ou stratégie partagée au sein de l'équipe II. Si l'on croit le responsable de DSI, cette agrégation ne se justifie que le temps du Comité de visite. C'est ce que nous avons tous compris. Aussi pour ces cinq prochaines années, les avancées sur ces lignes de recherches sont fortement dépendantes de l'IPCMS et de ressources humaines et financières extérieures, variables selon les uns et les autres.



### Equipe III, Nanostructures et molécules sur surfaces.

La recherche de l'équipe III est focalisée sur les nano-objets, molécules et nanoparticules déposés sur une surface avec deux composantes, l'une expérimentale, l'autre théorique.

Le sous-groupe théorie (23 publications sur 2007-2011 dont 2 PRL, 1 Nano Letters, 1 Optics Express, et 4 PRB, 8 conférences invitées) aborde les propriétés structurales et électroniques de surfaces, des nanoparticules et des molécules, utilisant les méthodes DFT et liaisons fortes.

Entre autres résultats importants, soulignons :

- la modification des propriétés magnétiques des petites particules de Co sur des surfaces, couvertes par des métaux 5d, Pt ou Au, avec identification des contributions contraintes et hybridation, à l'énergie d'anisotropie magnétique,
- les lois de diffusion atomique en surface
- l'injection de charges dans le fullerène. Cette dernière étude explique la dépendance de la conductance de la molécule C60 orientée, avec la « position latérale du contact métallique », par rapport à la cage carbone et la nature de la liaison C-C impliquée dans le contact. Cette modélisation du contact molécule-surface est véritablement nouvelle et fructueuse.

L'interaction de ce groupe avec les expérimentateurs du DSI et du DMONS est très fertile, à la base de publications très remarquées. Les projets, portant sur la combinaison des simulations de dynamique moléculaire avec l'approche liaison forte ouvrent des voies pour une meilleure compréhension de la croissance et de la diffusion de molécules complexes sur des surfaces. L'avenir devra définir quels types de systèmes complexes sont appropriés pour entrer dans le champ de cette approche, et comment cette dernière se situe et se compare aux autres combinaisons dynamique moléculaire et calcul de structure électronique.

L'activité du sous-groupe *expérimental* (39 publications dont 1 Nature Nanotech., 3 PRL, 1 PNAS, 1 Nano Letters, 8 conférences invitées et un succès ANR) est fortement liée à la microscopie et à la spectroscopie tunnel. Partie de l'observation des nano agrégats magnétiques auto-assemblés sur des surfaces, l'équipe aborde avec originalité et brio l'étude du contact surface-molécule unique et l'émission lumineuse depuis ces contacts confinés. Ce sont deux axes nouveaux, très porteurs pour le futur, en synergie et cohérence avec les activités du DMO et du DMONS (en collaboration avec the Karlsruhe Institute of Technology).

Insistons sur les remarquables résultats portant sur le contrôle de la conductance moléculaire en « manipulant le nombre d'atomes métalliques participant au contact avec la molécule C60 unique qui différencient les « mauvais contacts » où le transport est limité par l'injection de charge, des « bons contacts » où c'est la diffusion dans la molécule qui est déterminant. Les publications avec de forts impacts ont été publiées en collaboration avec le groupe de R. Berndt à Kiel. Nul doute que le groupe (qui se recompose autour de jeunes chercheurs très dynamiques) a l'expérience et le savoir-faire pour continuer à implanter à l'IPCMS des expériences relevant de très grands défis.

### Conclusion

Le DSI est fort de trois équipes avec une diversité d'objectifs, avec une diversité de taille, intellectuellement très fortes, capables de concevoir et de mener des projets requérant un investissement humain de longue durée

Les équipes II and III ont peu d'interactions avec l'équipe I et vice-versa. Les efforts de chacun sont généralement créateurs de recherches de fort intérêt scientifique et s'appuient sur le développement de nouvelles approches expérimentales. Mis à part l'équipe I (MET), l'impact et la visibilité des innovations des autres équipes du DSI sont sous-évalués à cause de leur fragmentation sous-critique et leur couplage interne beaucoup plus faible que celui réalisé avec les autres départements.

Incontestablement l'IPCMS est avant tout un laboratoire, plus qu'un agrégat de cinq départements : voir moins de collaborations au sein d'un département qu'entre départements n'a rien d'alarmant. Avoir résisté à la segmentation induite par le financement sur contrats est à porter au crédit du laboratoire, du personnel qui reste la force essentielle de l'UMR, ...- et la principale ligne budgétaire- et de la gouvernance. Ceci étant dit, des espaces de progression existent pour introduire plus d'efficacité dans certains développements



expérimentaux. Les efforts de recomposition des interactions, de regroupement tels qu'annoncés au sein de l'IPCMS, sont de ce point de vue à encourager.



### Équipe 3 :

Département Magnétisme d'Objets NanoStructurés (DMONS)

Nom du responsable : M. Eric BEAUREPAIRE

### Effectifs

| Effectifs   | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants du<br>projet ** |
|---|----------------------|----------------------|---|
| N1 : Enseignants-chercheurs   | 9                    | 9                    | 9   |
| N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC  | 10                   | 8                    | 8   |
| N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          | 8                    | 0                    | 0   |
| N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 14                   | 14                   |   |
| N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 3                    |                      |   |
| N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            | 1                    |                      |   |
| N7 : Doctorants   | 11                   |                      |   |
| N8 : Thèses soutenues   | 11                   |                      |   |
| N9 : Nombre d'HDR soutenues   | 1                    |                      |   |
| N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         | 10                   | 10                   |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>  | <b>56</b>            | <b>31</b>            | <b>17</b>   |

### • Appréciations détaillées

Le département Magnétisme d'Objets nanostructurés (DMONS) est structuré en cinq équipes (quatre équipes expérimentales et une théorique) en bonne interaction que ce soit entre elles ou avec le reste du laboratoire. Il est composé de dix chercheurs CNRS, neuf enseignants chercheurs de l'Université de Strasbourg et quatorze techniciens et ingénieurs. La thématique principale de ce département est l'étude de films minces et d'hétérostructures pour l'électronique de spin. Le développement de cette thématique s'appuie notamment sur les très forts efforts expérimentaux liés à la mise en place d'une salle blanche permettant la réalisation et l'étude de composants à l'échelle nanométrique mais également dédiée à l'enseignement, d'un bâti pour la croissance de structures hybrides et le développement d'une plateforme de dichroïsme magnétique circulaire unique en Europe).

Ce département a connu en conséquence une très forte augmentation de son personnel permanent (14%) et non permanent (26%) pendant la période, notamment dans l'équipe "électronique de spin à l'échelle nanométrique" qui est en charge de la salle blanche.



Le département a également assuré une bonne activité de formation par la recherche (11 thèses soutenues durant ce quadriennal et l'encadrement de plusieurs post-doctorants) même si celle-ci est inégalement répartie sur les différentes équipes qui le composent.

Les recherches entreprises sont de haut niveau et bénéficient d'une très significative reconnaissance au niveau national et aussi international (87 invitations). Les projets proposés sont ambitieux.

Le financement de ses activités se fait grâce notamment à des projets nationaux ou régionaux mais aussi par la participation à des projets européens.

### Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La dynamique des équipes du département DMONS est claire et démontrée par un très bon taux de publication, 241 articles et 7 chapitres de livres sur la période considérée, dans des revues à très fort impact (1 Nature, 1 Science, 2 Nature Nanotechnology, 5 Physical Review Letters, 1 Nanoletters, 1 J. Am. Chem. Soc. ...); une volonté très claire d'assurer un transfert vers l'industrie (dépôt de 5 brevets durant cette période de quatre ans).

Les activités de recherches menées par l'équipe "Spintronique Hybride" s'articulent autour de la thématique très actuelle de la combinaison de matériaux magnétiques et de semiconducteurs organiques dans le but de tirer profit du faible couplage spin-orbite de ces matériaux et donc de leurs grandes longueurs de diffusion de spin. Ce quadriennal a permis la mise en place d'une chambre de croissance dédiée ainsi que d'une expérience de magnéto-transport.

Cette période se caractérise également par l'obtention de résultats marquants, fruits d'expertises et efforts conjugués de 2 ou 3 départements de l'IPCMS très fréquemment en interactions. Citons,

- l'étude des propriétés de magnéto-transport de molécules d'H<sub>2</sub>Pc connectées à une électrode de Co et une pointe STM,
- la mise en évidence de dynamiques différentes pour les contributions orbitale et de spin à l'échelle de la femtoseconde par dichroïsme magnétique circulaire,
- la mise en évidence de l'importance du type de liaison à l'interface molécule-surface,
- l'étude d'effets memristifs dans des jonctions tunnel magnétiques.

L'équipe "Spintronique à l'échelle nanoscopique". Objectifs : comprendre et contrôler les propriétés de magnéto-transport de composants sub-10nm réalisés par synthèse chimique et physique.

Dans cette équipe, comme dans tout l'IPCMS, on trouve un très fort effort expérimental : la mise en place d'une salle blanche partiellement dédiée à l'enseignement et le développement d'un AFM sous fort champ magnétique.

Parmi les résultats marquants de cette période, figure la réalisation de nanocontacts magnétiques par électrochimie ou électromigration, le développement de nouvelles stratégies bottom-up pour l'obtention de nanoélectrodes, la mise au point de nouveaux outils pour réaliser des hétéronanostructures par électrochimie et l'étude de leurs propriétés de magnéto-transport. Ces études ont notamment mis en évidence l'existence d'une très forte magnéto-résistance balistique anisotrope, ainsi que du rôle des états localisés dans le régime tunnel dans des nanocontacts magnétiques de Co mais aussi la possibilité d'écranter efficacement les dipôles d'interfaces en utilisant des couches présentant de forts dipôles électriques comme ceux des molécules zwitterion.

En prolongement de cette activité de haut niveau, cette équipe, (exemple marquant à suivre) a démontré une capacité de transfert vers l'industrie : dépôt de cinq brevets pendant ce quadriennal.

L'équipe "Interactions fondamentales et propriétés". Ses activités visent une meilleure compréhension de l'effet tunnel dépendant du spin, du renversement d'aimantation par transfert de spin et le développement des composants multifonctionnels en combinant des approches théorique et expérimentale. Ces problématiques sont au cœur des plus récents développements en électronique de spin.



Des résultats de tout premier ordre ont été obtenus durant cette période. Parmi ceux-ci, le développement de la spectroscopie d'ondes de spins et la mise en évidence de leur décalage en fréquence (Doppler) sous l'action d'un courant polarisé en spin, l'étude du filtrage en symétrie et d'effets memristifs dans des jonctions tunnel magnétiques et l'étude par XMCD et PEEM de nanoparticules de Fe. Les études menées sur la magnonique et l'effet tunnel dépendant du spin sont de tout premier plan et ont donné lieu à des publications remarquables.

Une activité théorique de très haut niveau portant sur les simulations micromagnétiques (dynamique de domaines notamment) vient de s'établir au sein de l'équipe. Des premiers liens sont tissés avec les équipes expérimentales concernées de l'IPCMS, sur les thématiques de la dynamique d'ondes de spins, de la structure en domaines dans les multiferroïques ou encore de la désaimantation ultrarapide. Un développement méthodologique récent et original (portage d'un code micromagnétique à éléments finis vers les nouveaux processeurs graphiques GPU) s'avère très prometteur. Stabiliser cette activité assurée par un chercheur en CDD est une question ouverte.

La combinaison expérience-simulation est une force incontestable pour aboutir à une détermination des paramètres qui gouvernent l'électronique de spin.

Cette équipe est incontestablement à l'origine d'instrumentations originales. La RMN et les développements expérimentaux entrepris sur les différents synchrotrons constituent une spécificité de l'IPCMS qui contribue à son rayonnement national et international. Cependant cette activité, basée majoritairement sur des séniors, pose le problème de la transmission des savoirs et de sa pérennité.

L'équipe "Magnétisme des couches minces et nanostructures" associe un grand nombre de techniques expérimentales, diffraction de rayons X, NMR, XMCD, microscopie à force magnétique, microscopie en transmission, holographie afin d'aboutir à une compréhension des propriétés magnétiques jusqu'à l'échelle nanométrique. Cette thématique très bien ancrée au sein de l'IPCMS et en très forte interaction avec l'ensemble du laboratoire. Le personnel de cette équipe collabore aussi étroitement avec le synchrotron SOLEIL, notamment dans le domaine de la spectroscopie de rayons X mous et la mise en route de la ligne de lumière DEIMOS.

Ces études s'appuient indéniablement sur l'expérience des séniors, moteurs de très forts développements instrumentaux et notamment lors de ce quadriennal, la mise en place d'une plateforme XMCD basse température (300 mK, 7 T) unique en Europe.

Les systèmes étudiés vont des alliages à anisotropie perpendiculaire, aux oxydes multiferroïques, aux matériaux fortement corrélés ou encore aux semiconducteurs magnétiques dilués. Les publications de l'équipe sont globalement d'un très bon niveau et quantitativement satisfaisantes.

- L'équipe "Physique théorique: physique mésoscopique et modélisation à l'échelle atomique", poursuit deux approches théoriques, différentes à la fois par les outils et les sujets d'étude, par deux groupes de chercheurs : la première, la physique mésoscopique est menée de façon analytique principalement, alors que la seconde direction développe les simulations numériques « premiers principes » des propriétés magnétiques et électroniques des matériaux. Les publications de cette équipe sont nombreuses et de très haut niveau.

#### *Physique Mésoscopique*

Le premier sous-groupe (3 chercheurs) développe des modèles phénoménologiques contenant les ingrédients essentiels pour décrire des phénomènes de physique mésoscopique, sans se préoccuper des détails spécifiques à un matériau ou dispositif expérimental. Ces modèles doivent être « tractables » soit analytiquement, soit à l'aide de simulations numériques légères. Une balance remarquable est maintenue entre des problèmes directement motivés par les expériences menées à l'IPCMS ou ailleurs, et des questionnements théoriques propres.

Cette approche a donné ces dernières années, de nombreux résultats au plus haut niveau international: compréhension de la structure en marche / plateaux de la conductance de nanostructures mesurée dans les expériences de microscopie à grille locale, étude de la dépendance en spin des excitations électroniques dans les nanoparticules métalliques (collaboration avec le groupe théorie du DON) ou encore poursuite des travaux fructueux sur l'écho de Loschmidt. Notons un résultat marquant récent sur les effets universels dans les séquences de phases mesurées dans la conductance d'une boîte quantique en régime de blocage de Coulomb.



Un recrutement récent vient renforcer cette équipe, amenant notamment une thématique nouvelle autour des systèmes nano-électromécaniques.

#### *Ab initio*

L'approche du second sous-groupe de chercheurs est essentiellement de type ab initio (DFT dépendant du spin notamment), dans le but de déterminer les propriétés de structure électronique et magnétique des matériaux étudiés. Un accent particulier a été mis sur les propriétés de transport, en lien avec les dispositifs expérimentaux de spintronique étudiés au sein de l'IPCMS. De fait, les simulations concernent très souvent des systèmes étudiés expérimentalement à l'IPCMS, principalement au DMONS et au DCMI. Pour illustrer ce couplage fort et productif entre théorie et expérience, citons l'étude de l'influence de la relaxation de réseau, de l'épaisseur et de la composition des films pour les expériences de réflexion polarisée en spin d'électrons sur des films ferromagnétiques, ainsi qu'une série de travaux aboutissant à une compréhension poussée du transport dans des hétérojonctions de type Fe/MgO/Fe en fonction des détails de l'interface. Un autre volet de cette activité concernant le calcul ab-initio des propriétés électroniques et magnétiques du composé  $\text{Sr}_{2-2x}\text{La}_x\text{Fe}_{1+y}\text{Mo}_{1-y}\text{O}_6$  (candidat intéressant pour des applications en spintronique, synthétisé et étudié expérimentalement au DCMI) en fonction du dopage en La.

Au sein de cette équipe, la production scientifique est de haute qualité, mais répartie de façon inégale entre les différents membres. Cette disparité se retrouve dans les contrats obtenus et les étudiants/postdocs encadrés. Les activités théoriques menées au sein du DMONS sont non seulement pertinentes en phase avec les activités expérimentales menées à l'IPCMS, mais aussi au meilleur niveau national et international. Le seul bémol significatif vient du faible nombre d'étudiants formés, au vu du nombre de chercheurs permanents.

#### Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Le département DMONS bénéficie d'une bonne intégration et d'un bon nombre de collaborations au niveau local, national ou international. La mise en place de la salle blanche dédiée non seulement à la recherche mais aussi à l'enseignement est profitable à tout l'IPCMS et participe à son rayonnement.

Les développements expérimentaux entrepris sur les différents synchrotrons constituent une spécificité de l'IPCMS qui contribue à son rayonnement national et international.

Le financement de ses activités se fait grâce à des projets nationaux (participation à 10 projets ANR dont 6 comme coordinateur) ou régionaux mais aussi par la participation à des projets européens.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le département jouit d'une bonne reconnaissance nationale et internationale (87 invitations durant ce quadriennal). La contribution de membres du département dans des responsabilités d'intérêt collectif au sein d'instances nationales contribue aussi à ce rayonnement (comités ANR, comité national CNRS, comité de programme à SOLEIL...)

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Les projets présentés par le département DMONS sont dans la continuité des travaux effectués pendant ce quadriennal. Ils sont ambitieux et résultent de fortes interactions déjà existantes avec d'autres équipes des quatre autres départements de l'IPCMS mais aussi avec des collaborateurs nationaux. A l'image de celui-ci, le prochain quadriennal (en réalité quinquennal) sera marqué par de forts développements expérimentaux (expérience de photoémission résolue en spin en collaboration avec SOLEIL, spectroscopie XMCD dans le domaine des X mous, sous très fort champ magnétique...).

#### *Projet de l'équipe "Spintronique hybride"*

La finalisation du bâti de mesures électriques, magnétiques et optiques permettra d'amplifier les études sur les systèmes moléculaires. Un pas important sera la réalisation de structures verticales combinant couches moléculaires et matériaux magnétiques. Les propriétés des interfaces seront étudiées par photoémission résolue en spin.

Le projet proposé comporte également des études très prometteuses de molécules multifonctionnelles pouvant être contrôlées par plusieurs paramètres externes, tels que pression, température, champ



électrique... et leur insertion dans des structures pour l'électronique de spin. Le prochain quinquennal verra également le développement d'études centrées sur les isolants topologiques.

Cette équipe dynamique développe des sujets très actuels pour lesquels la compétition internationale est forte s'appuyant sur un fort potentiel expérimental innovant.

*Projet de l'équipe "Spintronique à l'échelle nanoscopique"*

Le projet de l'équipe comporte une phase de développement expérimental ou d'amélioration autour de la plateforme STnano (développement d'outils pour la déposition par voie chimique, pour la microfluidique pour la structuration de nouveaux matériaux, mise en place d'un bâti de CVD pour la croissance de couches de graphène...). Ces nouveaux développements seront mis à profit pour lancer une nouvelle thématique sur le graphène et son potentiel pour l'électronique de spin.

Il comprend également, en ligne directe avec les résultats préalablement obtenus, des études de dispositifs d'électronique organique, et de la possible amélioration de leurs caractéristiques aux moyens des nouvelles molécules proposées et protégées par les brevets.

Durant le prochain quinquennal, des études originales porteront sur la conduction des parois de domaines dans le multiferroïque BiFeO<sub>3</sub>, l'exploitation d'effets photoélastiques observés dans ce même matériau pour aboutir à un contrôle de l'anisotropie magnétique. Ces effets seront étudiés dans des hétérostructures combinant couches magnétiques et matériaux magnétoélastiques. Ces matériaux ou hétérostructures multiferroïques, qui présentent un très fort potentiel applicatif, sont très étudiés depuis cinq à six ans. L'approche originale de l'équipe, notamment sur les effets photoélastiques devrait lui permettre néanmoins d'obtenir des résultats originaux et prometteurs dans un contexte de très forte compétitivité internationale.

Les recrutements récents sont judicieux et constituent un apport précieux au développement de l'activité de l'équipe en lui permettant de développer notamment l'activité sur le graphène. Il serait souhaitable de soutenir également fortement les développements récents de l'activité de l'équipe vers les matériaux multiferroïques intrinsèques ou artificiels.

*Projet de l'équipe "Interactions fondamentales et propriétés"*

Le projet comporte des études d'ondes de spin dans une approche combinant expériences et simulations. Il comporte également le développement d'une expérience de photoémission résolue en spin en collaboration avec SOLEIL, pour aborder la précession de spin dans les ferromagnétiques et des études de parois de domaines magnétiques par holographie d'électrons combinées à des mesures de transport pour déterminer leur impact sur la conductivité.

L'approche GPU, permettant des simulations à grande échelle, sera utilisée pour des simulations de structures magnétiques et de leur dynamique. Cette approche sera également étendue à l'étude de matériaux ferroélectriques et multiferroïques.

*Projet de l'équipe "Magnétisme: des couches minces aux nanostructures"*

Les projets de l'équipe s'articulent autour du développement de la spectroscopie XMCD dans le domaine des X mous, sous très fort champ magnétique (30T) pour obtenir un accès direct aux orbitales 3d et 4f responsables du magnétisme et étudier des systèmes fortement corrélés ou à très forte anisotropie magnétocristalline. Le projet est original et très ambitieux.

L'utilisation des outils développés par l'équipe à la thématique des multiferroïques est un point fort du projet. Ces études permettront une meilleure compréhension des interactions à l'œuvre dans ces matériaux multifonctionnels.

La spectroscopie de rayons X mous et le développement technique des plateformes instrumentales dédiées à l'exploitation du rayonnement synchrotron sont des domaines de grande tradition et d'envergure au sein de l'IPCMS. En tenant compte de la compétition internationale et de la disponibilité limitée du personnel, il serait souhaitable de coordonner les efforts dans ce domaine entre le DMON et le DSI avec le but de consolider une masse critique qui permette à la fois de mener des expériences à SOLEIL et de poursuivre les mesures ultrarapide menées en collaboration entre le DSI et le DON.





Le devenir de ces activités est cependant lié à l'aptitude des chercheurs les plus expérimentés de cette équipe à passer le témoin.

*Projet de l'équipe "Physique théorique: physique mésoscopique et modélisation à l'échelle atomique"*

Un projet original et ambitieux d'un point de vue technique est la modélisation tout ab initio d'une expérience STM de transport électronique à travers une molécule (typiquement la phtalocyanine) déposée sur un substrat. Ce projet implique une compréhension et une modélisation fidèle des interactions de la molécule avec le substrat, ainsi qu'avec la pointe STM. Une interaction avec le nouveau groupe STM est évidemment prévisible. Par ailleurs, ces calculs seraient complémentaires de l'approche plus phénoménologique développée par le groupe de physique mésoscopique sur ce même problème.

#### Conclusion :

Le DMONS est composé d'équipes reconnues nationalement et internationalement dans les domaines de l'électronique de spin, les caractérisations RMN et rayonnement synchrotron de couches minces... et ce quadriennal n'a fait que renforcer cette reconnaissance. Il est composé d'équipes dynamiques qui fournissent des efforts importants et fructueux pour le développement de nouvelles expériences tout en obtenant des résultats de tout premier plan. Les projets proposés sont en continuité avec les thématiques développées lors du précédent quadriennal tout en proposant de nouveaux développements originaux et à fort potentiel.



## Équipe 4 :

Département des Matériaux Organiques (DMO)

Nom du responsable : M. Jean-Louis GALLANI

### Effectifs

| Effectifs   | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants du<br>projet ** |
|---|----------------------|----------------------|---|
| N1 : Enseignants-chercheurs   | 7                    | 6                    | 6   |
| N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC  | 8                    | 8                    | 8   |
| N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          | 5                    | 0                    | 0   |
| N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 6 (4.5)              | 5 (4.5)              |   |
| N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 2                    |                      |   |
| N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            | 3                    |                      |   |
| N7 : Doctorants   | 14                   |                      |   |
| N8 : Thèses soutenues   | 14                   |                      |   |
| N9 : Nombre d'HDR soutenues   | 2                    |                      |   |
| N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         | 10                   | 9                    |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>  | <b>45 (43.5)</b>     | <b>19 (18.5)</b>     | <b>14</b>   |

### • Appréciations détaillées

Le Département des Matériaux Organiques (DMO) est constitué de 3 équipes : Bio-matériaux Moléculaires, équipe I, Matière Mole Auto-Organisée, équipe II, Propriétés Physiques et Spectrométries en Champ-proche, équipe III. Ces 3 équipes ont des frontières fluctuantes, comme le montre l'appartenance de plusieurs membres du Département à deux équipes (I et II ou II et III). Elles fonctionnent selon un mode d'association dynamique, sur projet, ce qui confère une efficacité et une réactivité pour aborder des sujets chauds. En fait, pour ce Département, il faudrait plus parler de structuration en termes de thématiques qu'en termes d'équipe. Loin d'être un défaut, cette particularité contribue à l'interconnexion des équipes et à un fonctionnement collectif. Il y a une vie scientifique commune intense de l'ensemble du département, malgré les différences entre thématiques, qu'il est important de préserver. A souligner également que la succession du leader créateur du département (toujours présent et actif) a été parfaitement organisée et laisse un Département renforcé, à la fois dans ses thématiques et dans son personnel.



## Appréciation sur la qualité scientifique et la production

La force de ce Département réside dans la capacité des chimistes à synthétiser des molécules originales et à les organiser au sein d'assemblages supramoléculaires et matériaux nanostructurés. Ces molécules et matériaux sont parfaitement valorisés par l'activité de haut niveau des physiciens et des théoriciens. Cette synergie se traduit en particulier par des publications dans des journaux internationaux à très fort facteur d'impact, tout en maintenant un nombre élevé de publications. Quantité et qualité sont donc présentes simultanément.

Les équipes I et II sont constituées de chimistes, ayant des activités différenciées, mais qui peuvent se rejoindre sur certains points ; c'est le cas en particulier de la thématique dendrimères, développée dans les deux équipes avec des objectifs différents, mais aussi d'une composante biologique, elle aussi sur des aspects différents.

L'équipe I est la plus petite du département en nombre de permanents, ce qui ne l'empêche pas d'être particulièrement active. On peut distinguer 3 thématiques, qui sont parfois imbriquées : la catalyse, les matériaux et la biologie (avec des collaborations externes dans ce dernier cas). Sur l'activité catalyse, on peut en particulier citer des catalyseurs dendrimériques recyclables, ou l'utilisation de catalyseurs pour la synthèse de biopolymères (un sujet à l'interface des 3 thématiques de l'équipe). Dans le domaine des matériaux, on peut citer les liquides ioniques. L'aspect biologique concerne d'une part des métallo-carbènes, qui sont des agents thérapeutiques originaux innovants, et des nanoparticules d'oxyde de fer recouvertes de dendrons pour l'imagerie médicale par résonance magnétique (collaborations internes et externes).

L'équipe II a historiquement fortement contribué à la création de ce département. Deux thématiques essentielles sont développées dans cette équipe : les matériaux (en particulier les cristaux liquides) et la biologie (en collaboration avec des biologistes), avec dans certains cas de fortes interactions entre les deux thématiques. Dans les matériaux, on peut citer les polymères dendronisés, et plusieurs activités dans le domaine du magnétisme, qui sont développées dans l'équipe III. La traditionnelle thématique des cristaux liquides a connu des développements intéressants et originaux avec d'une part les cristaux liquides dendronisés, et d'autre part les élastomères cristaux liquides. L'aspect matériaux se retrouve aussi dans certaines activités biologiques, en particulier des multicouches élaborées pour améliorer les propriétés d'implants biomédicaux. En biologie, il faut aussi citer des dendrochélates pour le théranostique, et l'utilisation originale de sels d'imidazolium pour la transfection du siARN.

L'activité de l'équipe III, « Propriétés physiques et spectrométries en champ proche » est centrée sur l'auto-organisation et la caractérisation de molécules et nano-objets à propriétés magnétiques. Deux approches sont poursuivies. D'une part, l'étude du magnétisme de matériaux et monocouches nanostructurés repose sur une étroite collaboration avec les chimistes organiciens du département. Des résultats marquants ont été obtenus sur les aimants moléculaires de type cluster de manganèse (Mn<sub>12</sub>), avec notamment la découverte du contrôle de l'aimantation par voie photomagnétique qui offre des perspectives dans le domaine des mémoires magnétiques, ou encore sur les propriétés de magnétisme inattendues de réseaux hybrides de nanoparticules d'or fonctionnalisées par des dendrimères. D'autre part, l'équipe développe une très belle activité dans le domaine du STM, en particulier très en pointe sur des mesures en polarisation de spin sur des molécules individuelles. Des résultats remarquables ont été obtenus, comme la première détection du spin d'une phtalocyanine de cobalt unique, ou l'influence de l'orientation de molécules de C<sub>60</sub> adsorbées sur un métal sur la conductance moléculaire.

## Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

DMO est le département qui a déposé le plus de brevets (10 en 5 ans), montrant sa capacité à mener de front une recherche fondamentale de haut niveau et le souci de la valorisation industrielle/sociétale de ses résultats. Plusieurs contrats industriels ont été obtenus par ce département, qui a été particulièrement performant pour l'obtention de financements ANRs (8) et participe aussi à des projets européens.

Il faut aussi souligner que ce département, en plus des collaborations internes, a des collaborations avec tous les autres départements de l'Institut, montrant ainsi son importance dans la structuration de l'IPCMS.

## Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Une grande partie de DMO est constituée de brillants jeunes chercheurs, qui sont invités, malgré leur jeune âge dans des congrès internationaux. La venue récente de nouveaux chimistes de haut niveau montre



l'attractivité particulière de cette équipe, dans une ville qui pourtant ne manque pas d'autres points d'attraction pour les chimistes. L'arrivée d'un DR spécialiste en catalyse et chimie organométallique vient renforcer l'équipe I, en particulier pour l'élaboration de biomatériaux. L'arrivée d'un professeur de chimie de renommée internationale dans le domaine de l'électronique moléculaire vient renforcer l'activité sur l'électronique de spin en apportant des compétences dans les nanostructures à transition de spin photoactivable ou dans les dispositifs supramoléculaires magnétiques.

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

L'essentiel du projet est basé sur le développement des « highlights » qui ont été obtenus lors du quinquennat qui vient d'être évalué. Ceci est tout à fait légitime, puisque beaucoup des résultats obtenus sont particulièrement intéressants, et dans certains cas de véritables ruptures, méritant donc être développés. De nouvelles thématiques semblent aussi émerger, basées sur le savoir et savoir-faire du Département, comme l'assemblage direct d'objets dans des liquides ioniques, des structures supramoléculaires ou de dimensionnalité réduite et de nouveaux matériaux pour le photovoltaïque.

#### Conclusion :

Le DMO est un département très dynamique, qui comprend beaucoup de jeunes éléments brillants, à côté de « valeurs sûres ». L'interdisciplinarité développée à l'intérieur du DMO et envers les autres départements est remarquable, et a été particulièrement fructueuse en irriguant tout l'IPCMS. Il faut encourager cette interdisciplinarité. Il faut noter l'évolution de la composante STM qui est amenée à participer en partie au projet de création d'un pôle STM avec de jeunes chercheurs du département DSI. Il faudra veiller à maintenir la richesse des activités « propriétés physiques » fortement ancrée dans la stratégie du département DMO.



## Équipe 5 :

Département de Chimie des Matériaux Inorganiques

Nom du responsable : M<sup>me</sup> Geneviève POURROY

### Effectifs

| Effectifs   | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants du<br>projet ** |
|---|----------------------|----------------------|---|
| N1 : Enseignants-chercheurs   | 7                    | 7                    | 7   |
| N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC  | 8                    | 7                    | 7   |
| N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          | 4                    | 0                    |   |
| N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 6 (5.5)              | 6 (5.5)              |   |
| N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 1                    |                      |   |
| N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            | 3                    |                      |   |
| N7 : Doctorants   | 13                   |                      |   |
| N8 : Thèses soutenues   | 13                   |                      |   |
| N9 : Nombre d'HDR soutenues   | 1                    |                      |   |
| N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         | 10                   | 9                    |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>  | <b>42 (41.5)</b>     | <b>20 (19.5)</b>     | <b>14</b>   |

### • Appréciations détaillées

Le Département de Chimie des Matériaux Inorganiques (DCMI) est constitué de 4 équipes thématiques : Oxydes en couches minces, équipe I, Nano-oxydes : fonctionnalisation, organisation et applications biomédicales, équipe II, Approches DFT de la modélisation à l'échelle atomique en science des matériaux, équipe III, Hybrides organiques-inorganiques, équipe IV. Mise à part l'équipe III (2 permanents), elles sont de tailles comparables avec 4 ou 5 permanents et bénéficient du soutien de 5,5 ETP techniques. Les objectifs scientifiques généraux sont l'étude des couplages entre l'élaboration, la structure, la morphologie, la composition et les propriétés de matériaux en vue d'applications en santé, énergie ou technologies de l'information. Les collaborations entre équipes sont nombreuses et basées sur les compétences particulières de leurs membres.



## Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'activité de synthèse, élaboration et caractérisation de matériaux, généralement suivie de rationalisation des propriétés afin de les améliorer en vue d'applications, conduit à une bonne cinquantaine de publications par an dans des revues dont le facteur d'impact est en général dans la bonne moyenne de l'IPCMS.

Les équipes I, II et IV se consacrent à l'étude de matériaux différents dans leurs applications, ce qui entraîne l'utilisation de techniques diverses pour leur mise en forme et leur caractérisation. L'équipe III, récemment constituée dans ce Département, utilise, pour la modélisation et la simulation, des techniques de calcul basées sur la théorie de la fonctionnelle de la densité.

La spécialité de l'équipe I est l'élaboration de couches minces ou de multi-couches et l'étude de leurs structures, morphologie et propriétés en vue d'applications en électronique de spin (dépôts le plus souvent par ablation laser) ou en photovoltaïque (dépôts par pulvérisation cathodique).

La modulation des propriétés est obtenue en jouant sur les interactions entre le réseau cristallin et le spin ou la charge ou le moment orbital.  $\text{Ga}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ , magnéto-électrique a été élaboré en couches minces sur conducteurs avec réduction du nombre de variants et des courants de fuite. La température de Néel a été amenée jusqu'à 370 K, ce qui peut laisser espérer à long terme des applications pour des mémoires magnéto-électriques. Le magnétisme de basse dimension dans les composés au cobalt  $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ ,  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  et  $\text{CoV}_2\text{O}_6$  induit des frustrations qui conduisent à des plateaux dans les courbes d'aimantation. Ces composés sont des composés modèles pour l'étude du transport dépendant du spin, l'objectif lointain étant la réalisation de jonctions tunnel magnétiques. La distribution de cobalt en nano-clusters proches de l'interface dans des films semiconducteurs magnétiques dilués  $(\text{Zn},\text{Co})\text{O}$  a été déterminée. Cette étude, comme les précédentes, a été l'occasion d'utiliser des techniques très sophistiquées en collaboration avec des équipes de l'IPCMS (XMCD) ou extérieures (tomographie atomique). On peut citer enfin l'amélioration du rendement de cellules photovoltaïques organiques par le dépôt par pulvérisation d'une couche mince de  $\text{ZnO}$ , ainsi que le dopage par des ions de terres rares pour la conversion photonique dans les cellules photovoltaïques.

L'activité de l'équipe II est centrée sur les nanoparticules d'oxydes de fer et comprend 5 opérations. La synthèse de nanoparticules est effectuée par des méthodes éprouvées de précipitation ou de décomposition thermique de précurseurs moléculaires. La synthèse est maîtrisée et a permis d'obtenir des objets parfaitement monodisperses sphériques ou cubiques.

L'utilisation de différentes techniques : couches de Langmuir-Blodgett, couche par couche, connexion par chimie moléculaire (chimie "click") a permis de réaliser des assemblages réguliers bi et tridimensionnels et d'en étudier les couplages dipolaires. Un résultat particulièrement intéressant est l'observation d'un comportement magnéto-résistif sur des couches de nanoparticules de 16 nm déposées par la technique de Langmuir-Blodgett : des magnétorésistances de l'ordre de 20% ont été observées à température ambiante. La synthèse concerne également l'accès à des espèces originales cœur/coquille  $\text{FeO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  et la recherche de nouveaux polymorphes de l'oxyde de fer,  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , pour leurs propriétés magnéto-électriques. L'autre axe fort de l'équipe concerne la fonctionnalisation des nanoparticules, notamment pour leur utilisation dans des applications bio-médicales. Un résultat fondamental important de cette étude concerne la démonstration de l'effet du mode de coordination du ligand de surface (carboxylate ou phosphonate) sur les propriétés magnétiques des particules. Les particules ont été "dendronisées" et fonctionnalisées avec un fluorophore, ce qui permet pour un objet d'étude donné d'obtenir à la fois une imagerie optique et une imagerie magnétique (IRM). Ces nanoparticules sont utilisées pour la détection du ganglion sentinelle du cancer du sein. Les projets de l'équipe concernent la complexification des nanoparticules en composition (core-shell  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{métal}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{semiconducteur}$  ou  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{antiferro}$ ) ou par leurs ligands de surface pour les utiliser comme des plateformes de détection et de délivrance de médicaments.

L'équipe III comprend seulement 2 permanents, dont l'un vient d'un autre Département et l'autre a été recruté il y a 18 mois. Son thème général est la simulation et la caractérisation des matériaux à l'échelle atomique en utilisant la théorie de la fonctionnelle de la densité en combinaison avec la dynamique moléculaire *ab initio* (DMAI).

Cette équipe est à la pointe de ce qui se pratique dans le domaine de la DMAI et participe aux avancées méthodologiques les plus actuelles (fonctionnelles hybrides, méthodes multi-échelles,...). Les résultats sont remarquables, que ce soit dans les collaborations internes au DCMI, avec d'autres simulateurs de l'IPCMS ou avec la communauté internationale. En collaboration avec l'équipe IV, les interactions entre structure et



magnétisme dans l'hydroxy-acétate de cuivre  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3(\text{CH}_3\text{COO})\cdot\text{H}_2\text{O}$  ont été étudiées, conduisant à la détermination « difficile » de la structure, à la description de la structure électronique et des propriétés magnétiques locales et enfin au calcul des constantes de couplage et de la susceptibilité. La DMAI a aussi permis de déterminer les propriétés structurales et dynamiques de molécules et de clusters isolés ou sur des surfaces, tels que des fullerènes dopés par du silicium, des molécules de ferrocène sur du cuivre ou des molécules biologiques sur du graphène. Dans le domaine des matériaux désordonnés, les calculs ab initio ont permis, dans des verres de séléniures de germanium, le calcul des propriétés vibrationnelles, Raman et infrarouges, ainsi que l'attribution de déplacements chimiques en RMN. Enfin, l'utilisation multi-échelle de techniques ab initio et semi-empiriques (Tight-Binding), en collaboration avec le Département DSI, et les techniques QM/MM, utilisées à l'interface Chimie-Biologie, permettent à cette équipe de maîtriser une grande partie des outils de modélisation des matériaux à l'échelle atomique. Les programmes de recherche et projets de cette équipe sont à l'heure actuelle en grande partie indépendants du reste du Département, mais constituent in fine un apport indéniable à DCMI et au reste de l'IPCMS.

L'équipe IV est spécialisée dans les matériaux hybrides et présente deux axes forts : les composés d'intercalation associant solides lamellaires et hôtes moléculaires et les matériaux pour les cellules photovoltaïques hybrides.

Dans le premier axe, l'effet recherché est la synergie entre propriétés physiques et l'accès à des « multimatériaux ». La recherche s'articule sur la distance inter-feuillet, la connexion et la fonctionnalisation des feuillets qui peuvent entraîner une modification des propriétés magnétiques des matériaux. Ainsi, les inclusions permettent d'accéder à des sondes paramagnétiques, des aimants durs, des aimants chiraux et des aimants luminescents. Cette approche permet donc d'accéder à des matériaux présentant des propriétés originales résultant de la nature du complexe intercalé. Le deuxième axe concerne l'utilisation de nano-bâtonnets de ZnO pour la constitution de cellules photovoltaïques hybrides, en association avec des colorants organiques ou organométalliques. Ceci implique notamment le contrôle de la croissance de nano-bâtonnets. Ce projet se situe dans un contexte international hautement compétitif.

#### Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Les membres de DCMI participent à 6 GDR, dont 1 comme coordinateur. Plusieurs contrats privés ou publics ont été obtenus par le département le DCMI, qui participe à 9 projets ANR, dont 3 comme coordinateur. Un projet européen du PCRD 7 est coordonné par le DCMI et une ANR internationale avec l'Allemagne démarre en 2012. Un brevet a été déposé dans la période de référence.

Les membres du Département ont de nombreuses collaborations internes à l'IPCMS, mais aussi avec l'extérieur (11 sur les 52 collaborations internationales formalisées de l'IPCMS, plutôt à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'Europe).

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Pratiquement tous les chercheurs seniors du département DCMI sont invités souvent dans des congrès internationaux. Les jeunes chercheurs reçoivent aussi des invitations. En plus de l'arrivée de l'équipe III, seuls 2 jeunes chercheurs ont été recrutés dans l'équipe I dans la période de référence. Hormis dans l'équipe II (3), aucun chercheur post-doctoral n'était présent au moment de la visite. Le nombre de doctorants présents est égal à celui des chercheurs permanents sauf dans l'équipe IV (un seul doctorant et un post-doctorant conjonctuellement).

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Les projets consistent en l'approfondissement de certaines recherches prometteuses récemment commencées. Dans le projet de l'IPCMS, présenté par grands axes, ils apparaissent essentiellement dans les axes 1, 3 et 4. Dans l'axe 1 (Nano-électronique : nouveaux matériaux et propriétés de base), il s'agit de nouveaux matériaux magnéto-électriques et de jonctions tunnel magnétiques (équipe I). Pour l'axe 3 (Biophysique et biomatériaux pour la santé), l'accent est mis sur les nanoparticules d'oxydes de fer dendronisées (équipe II) et sur les simulations relatives aux protéines de membranes et aux interactions membranes-acide nucléique (équipe III). L'axe 4 (Matériaux fonctionnels) est naturellement celui où se retrouvent beaucoup de projets du DCMI, à cause de sa spécificité de synthèse inorganique et de simulation des propriétés structurales et électroniques. Il apparaît donc dans le sous-thème 4.1 (Nouvelles architectures chimiques) pour les nanoparticules cœur/coquille (équipes II et III), pour les systèmes hybrides multicouches



(équipes III et IV), pour les nanoparticules dendronisées (équipe II) et pour des nouveaux matériaux multiferroïques (équipes I et IV) ; dans le sous-thème 4.2 (Multi-matériaux par auto-assemblage) pour le mésomorphisme et l'auto-organisation (équipe II), pour les méta-matériaux (équipe II), pour les fullerènes et endo-fullerènes (équipes II et III) et pour l'assemblage 2D de nanoparticules (équipe II) ; pour le sous-thème 4.3 (Nouvelle voie vers les matériaux photovoltaïques) apparaissent les équipes I, III et IV. Ces projets sont donc parfaitement intégrés à ceux de l'IPCMS et, en continuité des travaux actuels, doivent permettre d'obtenir de nouveaux matériaux performants.

### Conclusion :

Ce département a profondément fait évoluer ses thématiques de recherche. Il se situe au meilleur niveau international dans le domaine des nanoparticules hybrides. Des résultats de premier plan ont été obtenus aussi bien du côté nanophysique (TMR) que du côté nanoparticules pour la biologie. Il est trop tôt pour juger de l'intégration de l'équipe « modélisation » dans le département mais l'activité de cette équipe est sans conteste excellente. Les activités en chimie du solide, couche mince et composés d'intercalation ont produit des résultats intéressants. En résumé, ce département produit une recherche de grande qualité. Hormis l'équipe de modélisation, l'équipe « matériaux nanostructurés oxydes » (équipe II) est celle qui possède à l'heure actuelle la plus grande dynamique, le plus grand nombre de collaborations et les projets les plus originaux. Les collaborations avec le DMO sont à encourager. L'ensemble est très sérieux et doit être soutenu pour que l'IPCMS garde une compétence importante en chimie du solide.





**Équipe :** Services Généraux (SG)

**Nom du responsable :** M. Marc DRILLON

**Effectifs**

| Effectifs  | Nombre au 30/06/2011 | Nombre au 01/01/2013 | 2013-2017<br>Nombre de<br>produisants du<br>projet ** |
|--|----------------------|----------------------|---|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs   |                      |                      |   |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC  |                      |                      |   |
| <b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs                          |                      |                      |   |
| <b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*     | 14 (13.8)            | 14 (13.8)            |   |
| <b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires* | 1                    |                      |   |
| <b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité            |                      |                      |   |
| <b>N7</b> : Doctorants   |                      |                      |   |
| <b>N8</b> : Thèses soutenues   |                      |                      |   |
| <b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues   |                      |                      |   |
| <b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées         |                      |                      |   |
| <b>TOTAL N1 à N7</b>   | 15 (14.8)            | 14 (13.8)            |   |

L'activité des services généraux n'est pas à proprement parler dans le cadre des missions d'évaluation et des compétences du Comité de visite AERES qui a été composé avec des critères scientifiques bien établis. Ceci étant rappelé, chacun des membres du Comité vit dans un laboratoire dont l'efficacité repose sur la diversité et la cohérence des compétences. Il faut souligner l'importance de la qualité des services généraux dans un grand laboratoire, fortement doté en contrats qui amènent ressources et obligations subséquentes. Obligations de résultats scientifiques c'est l'affaire des chercheurs et équipes technologiques. Obligations de justifications en temps et en heures, de réaliser des documents de qualité de nature administrative, financière, ou plus technique inhérents à la recherche sont demandés à tous au sein d'un laboratoire en tenant compte de dates limites qui s'acharnent à créer des périodes de surchauffe.

Les tutelles et la gouvernance du laboratoire ont témoigné de la qualité des services rendus. Le Comité a très apprécié le soutien des services lors de ces journées de visite consacrées à l'évaluation. La force du laboratoire réside aussi dans sa capacité de se mobiliser pour surpasser les événements porteurs d'intenses activités ou de turbulence, démontrant une vision partagée de la cohérence dans l'action.

La Direction du laboratoire a très légitimement fait écho des succès, des solutions apportées dans les rares phases de turbulence et insisté sur la richesse du dynamisme actuel.



## Plateformes

### La plateforme « Microscopie électronique à transmission » (MET) à l'IPCMS

A ce jour, la plateforme MET assure une double mission

- recherche sur deux axes identifiés portés avec succès par l'équipe
- service pour les autres équipes de l'IPCMS, en particulier les équipes de chimie concevant et réalisant de nouveaux matériaux.

Le récent succès de l'Equipex UTEM crée une nouvelle mission, source d'une accélération conséquente des activités de cette équipe avec le concours du département DON. « Formater » cette initiative pour réussir passe par une conduite de projets non triviale au-delà des seules ressources actuelles de l'IPCMS. Le Comité a pleinement confiance dans les capacités du chef d'équipe à mener ce projet jusqu'à son terme.

#### *UTEM :*

- La MET ultrarapide n'est pas une technique standard. Son émergence est récente et développée à ce jour seulement par le groupe de Zewail à Caltech. Cette approche associe un microscope électronique conventionnel avec une source d'électrons pulsée créée par les pulses ultra-rapides d'un laser femtoseconde. Cette réalisation est encore à un stade de développement expérimental à Caltech où les limites de la technique, l'identification des applications et l'interprétation des résultats sont loin d'être pleinement explorées.
- Le Comité souhaite recommander la conduite de ce projet avec les autres projets semblables des laboratoires français, (Toulouse, Orsay, sans oublier l'expérience acquise à Rouen pour la sonde atomique) par une cellule nationale ad-hoc à former au sein du réseau opérationnelle METSA avec une revue semestrielle par exemple par une cellule en partie externe aux trois projets.
- Les quatre centres ont chacun leur savoir-faire, important et complémentaire qu'il faut mettre en commun dans une stratégie de conduite de projet nationale. L'apport strasbourgeois sur les lasers ultrarapides et l'optique associée est une pièce maîtresse de ce projet de grande valeur.

#### *Renouvellement du parc instrumental*

Il est impératif de remplacer le MET Topcon qui a presque 20 ans pour lequel les pièces de rechange n'existent plus. Une bonne complémentarité, pousse à acquérir un MET avec une très bonne résolution spatiale.

#### *Ressources humaines*

C'est une évidence de souligner, particulièrement avec l'arrivée de l'Equipex UTEM, que les ressources humaines doivent être accrues pour réussir les objectifs fixés. Au moins un chercheur ou ingénieur avec une compétence « instrument » doit rejoindre l'équipe. Heureusement, et c'est un apport décisif pour le projet, le savoir-faire technologique dans le domaine des lasers pulsés est bien ancré et disponible à l'IPCMS.

Les plateformes « Spectroscopie attoseconde » et « Spectroscopie femtoseconde dans le domaine spectral RX-THz »

Lancées en 2010 et 2011, ces plateformes s'appuient sur le développement de sources laser délivrant des impulsions attosecondes dans la gamme 1-100 eV et délivrant des impulsions femtosecondes dans le domaine spectral RX-THz. Elles sont au cœur de deux projets, respectivement le projet ERC Advanced Grant ATOMAG et l'équipex UNION. Ces plateformes, dont la première est en cours d'installation, viennent en appui direct à plusieurs perspectives de recherche originales offertes par la résolution temporelle de telles installations ainsi que par les énergies et domaines spectraux accessibles. Pour le projet ATOMAG, citons, sans être exhaustif, la dynamique cohérente de spin dans des expériences d'attomagnétisme ou bien la dynamique de spins attoseconde dans le domaine RX. Concernant le projet UNION, mené conjointement avec l'Institut de Science et d'Ingénierie Supramoléculaires (ISIS-Laboratoire des Nanostructures), on peut mentionner : l'étude de l'interaction spin-photon avec une résolution spatiale et temporelle sans précédent ou encore la dynamique de spin dans le domaine RX ou proche IR. Un accent sera porté aux possibles applications liées à la photonique de spin ultra-rapide et la plasmonique. Notons que dans ces domaines (science de l'ultra-



rapide en matière condensée, photonique de spin et plasmonique), les deux équipes impliquées dans le projet UNION (département DON à l'IPCMS et Laboratoire de Nanostructures à l'ISIS) sont indubitablement des acteurs de premier plan au niveau international.

A ce jour, la plateforme « Spectroscopie attoseconde » est en cours d'installation. Elle s'appuie sur les progrès réalisés au cours des dix dernières années dans la génération d'impulsions attosecondes et sur l'expertise du département DON dans les techniques de l'optique ultra-rapide. Elle utilise l'amplification d'impulsions de quelques fs produites à partir d'une chaîne laser IR stabilisée en phase et délivrant des impulsions de 25 fs. Ces impulsions ultracourtes serviront à la génération des harmoniques d'ordre élevé dans un jet de gaz d'hélium. L'installation future de la plateforme « spectroscopie femtoseconde dans le domaine spectral RX-THz » sera pour partie financée par le projet UNION, en partenariat avec un constructeur laser, avec pour objectif la valorisation et le transfert technologique des développements entrepris.

La construction de la plateforme « spectroscopie attoseconde » s'appuie aujourd'hui sur l'expertise de deux ingénieurs de recherche. En revanche, avec l'arrivée de l'Equipex UNION, il apparaît que les ressources humaines devront être accrues: un ingénieur de recherche avec une compétence « techniques optiques de l'ultra-rapide » devra rejoindre l'équipe.

#### La plateforme de micro/nanofabrication StNano du grand-est, composante IPCMS

Durant ces quatre dernières années, l'IPCMS a considérablement développé sa plateforme de nanofabrication StNano, une des composantes strasbourgeoises de la centrale de proximité Grand-Est (CTS Lor-Al). La plateforme est ainsi constituée d'une Salle Blanche de 180 m<sup>2</sup>, dédiée pour moitié à l'enseignement et à la recherche et complétée par un laboratoire spécifique dédié à la lithographie électronique.

L'organisation mise en place constituée d'une équipe technique de quatre personnes (IPCMS et ECPM) sous la responsabilité d'un Ingénieur de Recherche et de deux chercheurs, responsables scientifiques, assure à la fois un fonctionnement de type service et le développement de nouvelles thématiques et de nouveaux procédés. Elle doit ainsi maintenir une bonne synergie entre les différents moyens de lithographie présents.

Une centaine d'étudiants sont formés aux techniques de micro, nano-fabrication chaque année. Les résultats obtenus en termes de production scientifique, de brevets et d'ouverture vers les laboratoires extérieurs sont très satisfaisants. Les perspectives de développements de thématiques (sciences de la vie, chimie, microfluidique...) et de procédés (SU8, PDMS ...) sont cohérentes avec l'environnement scientifique local et doivent être encouragées comme les projets liés à la croissance/nanofabrication du graphène.

Le mode de fonctionnement très souple de cette plateforme est favorable à l'accueil de sujets de recherche très amont, souvent peu ou pas financés : le coût des étapes de microfabrication ne doit pas être un frein rédhibitoire pour ces nouveaux projets.

Le comité recommande aux tutelles du laboratoire de participer aux coûts de fonctionnement de la plateforme de micro/nanofabrication StNano afin de garantir ce rôle « d'incubateur » à projets, très important dans un laboratoire de recherche fondamentale et interdisciplinaire qui porte l'innovation « Nano » à Strasbourg.

#### « Plateforme numérique »

Par sa taille et son caractère non spécifique, la *«plateforme numérique»* n'est pas comparable aux autres plateformes développées à l'IPCMS, mais est toutefois un outil important et majeur pour les recherches théoriques menées au laboratoire.

Suite à un besoin important exprimé par ses membres effectuant des calculs numériques, l'IPCMS s'est doté fin 2008 d'un cluster de calcul (partagé principalement avec l'Institut Charles Sadron mais situé dans les murs de l'IPCMS). Le taux d'utilisation de ce cluster doté actuellement d'un peu moins de 1000 cœurs de calcul, est proche de 100%, ce qui prouve l'intérêt et l'utilité de cette plateforme.

Le nombre et le type de processeurs semblent adaptés pour les calculs numériques menés actuellement à l'IPCMS, en gardant à l'esprit que les chercheurs effectuant les simulations ont aussi accès aux ressources numériques régionales (mésocentre de Strasbourg) et nationales. Afin de prévoir les besoins croissants liés à l'ampleur des projets numériques proposés par les chercheurs de l'IPCMS, il faudra toutefois songer à augmenter progressivement le nombre de processeurs, ainsi qu'à veiller à leur renouvellement dans les années à venir.

## 5 • Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2011-2012, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités).

Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des quatre critères définis par l'AERES. Elle a été accompagnée d'une appréciation d'ensemble.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport (et, le cas échéant ses équipes internes) a (ont) obtenu l'appréciation d'ensemble et les notes suivantes :

### Appréciation d'ensemble de l'unité IPCMS :

Excellente unité tous points de vue.

### Tableau de notation :

| C1                                  | C2   | C3                                 | C4                                |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Qualité scientifique et production. | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement. | Gouvernance et vie du laboratoire. | Stratégie et projet scientifique. |
| A+                                  | A+   | A+                                 | A+                                |

### Appréciation d'ensemble du département DON :

Excellent département à tous points de vue.

### Tableau de notation :

| C1                                  | C2   | C3                                 | C4                                |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Qualité scientifique et production. | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement. | Gouvernance et vie du laboratoire. | Stratégie et projet scientifique. |
| A+                                  | A+   | -                                  | A+                                |

### Appréciation d'ensemble du département DSI :

Département dont la production est excellente. Le rayonnement est très bon. Le projet est bon mais pourrait être amélioré.

### Tableau de notation :

| C1                                  | C2   | C3                                 | C4                                |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Qualité scientifique et production. | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement. | Gouvernance et vie du laboratoire. | Stratégie et projet scientifique. |
| A+                                  | A  | -                                  | B                                 |



Appréciation d'ensemble du département DMONS :

Excellent département à tous points de vue.

Tableau de notation :

| <b>C1</b>                           | <b>C2</b>  | <b>C3</b>                          | <b>C4</b>                         |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Qualité scientifique et production. | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement. | Gouvernance et vie du laboratoire. | Stratégie et projet scientifique. |
| A+                                  | A+   | -                                  | A+                                |

Appréciation d'ensemble du département DMO :

Excellent département à tous points de vue.

Tableau de notation :

| <b>C1</b>                           | <b>C2</b>  | <b>C3</b>                          | <b>C4</b>                         |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Qualité scientifique et production. | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement. | Gouvernance et vie du laboratoire. | Stratégie et projet scientifique. |
| A+                                  | A+   | -                                  | A+                                |

Appréciation d'ensemble du département de Chimie des Matériaux Inorganiques :

Excellent département à tous points de vue.

Tableau de notation :

| <b>C1</b>                           | <b>C2</b>  | <b>C3</b>                          | <b>C4</b>                         |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Qualité scientifique et production. | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement. | Gouvernance et vie du laboratoire. | Stratégie et projet scientifique. |
| A+                                  | A+   | -                                  | A+                                |

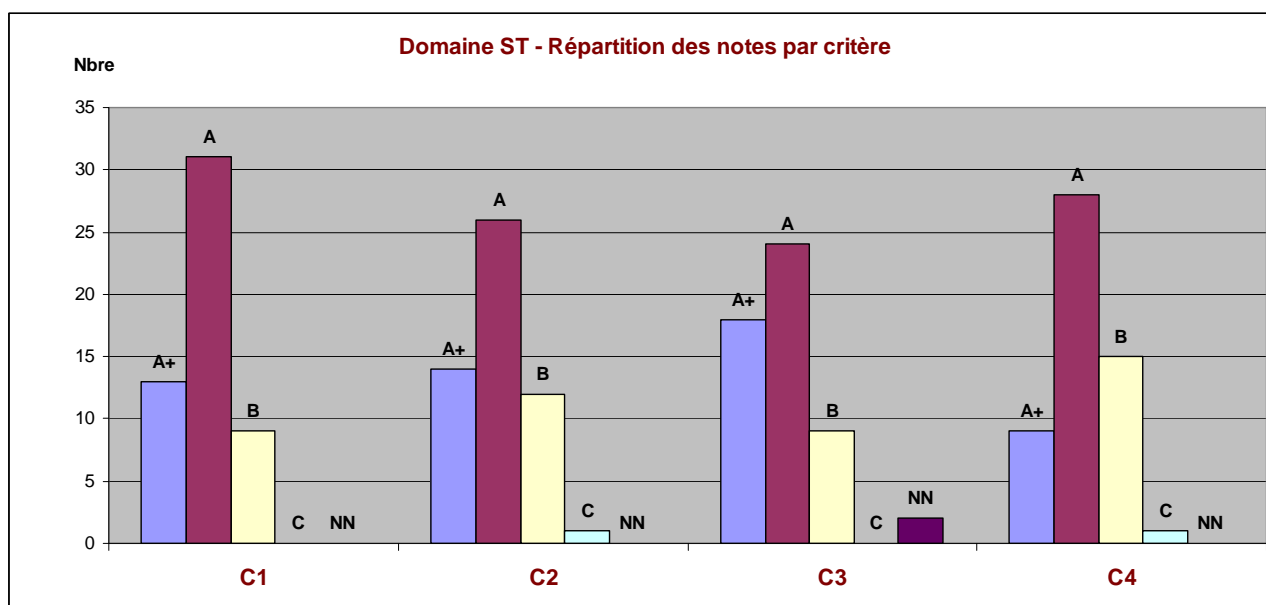
## 6 • Statistiques par domaine : ST au 10/05/2012

### Notes

| Critères | C1                                 | C2  | C3                                | C4                               |
|----------|------------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
|          | Qualité scientifique et production | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement | Gouvernance et vie du laboratoire | Stratégie et projet scientifique |
| A+       | 13                                 | 14  | 18                                | 9                                |
| A        | 31                                 | 26  | 24                                | 28                               |
| B        | 9                                  | 12  | 9                                 | 15                               |
| C        | -                                  | 1   | -                                 | 1                                |
| Non noté | -                                  | -   | 2                                 | -                                |

### Pourcentages

| Critères | C1                                 | C2  | C3                                | C4                               |
|----------|------------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
|          | Qualité scientifique et production | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement | Gouvernance et vie du laboratoire | Stratégie et projet scientifique |
| A+       | 25%                                | 26%   | 34%                               | 17%                              |
| A        | 58%                                | 49%   | 45%                               | 53%                              |
| B        | 17%                                | 23%   | 17%                               | 28%                              |
| C        | -                                  | 2%  | -                                 | 2%                               |
| Non noté | -                                  | -   | 4%                                | -                                |





## 7 • Observations générales des tutelles

Monsieur Pierre GLAUDES  
Directeur de la Section des Unités de recherche  
Agence d'évaluation de la recherche et de  
l'enseignement supérieur (AERES)  
20 rue Vivienne  
75002 PARIS

Alain BERETZ  
Président

Strasbourg, le 27 avril 2012

Objet : Rapport d'évaluation de l'UMR 7504 Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg  
(réf. S2PUR130004531-RT)  
Réf. : AB/EW/N° 2012-213

**Affaire suivie par**

Eric WESTHOF  
Vice-président Recherche  
et formation doctorale  
Tél : +33 (0)3 68 85 15 80  
eric.westhof@unistra.fr

Direction de la recherche

Cher collègue,

Je vous remercie pour l'évaluation de l'unité mixte de recherche « Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg » (IPCMS – UMR 7504) dirigée par Monsieur Marc Drillon.

Vous trouverez ci-joint les réponses du directeur d'unité de recherche concernant les erreurs factuelles et les remarques et appréciations du comité d'experts.

Je souhaite apporter deux précisions au nom de l'Université.

L'IPCMS est très fortement soutenue financièrement chaque année par l'Université de Strasbourg. Par contre, les moyens alloués à la recherche par l'Université ne sont pas destinés à compenser les baisses provenant du CNRS ou de l'ANR. Tout comme les budgets des grands organismes, les budgets des universités sont en décroissance. De plus, le budget IdEx est fléché sur des actions spécifiques et programmées dans le projet IdEx de l'Université de Strasbourg. Les membres de l'IPCMS pourront, tout comme ceux des autres unités de recherche, postuler aux appels d'offre compétitifs qui seront mis en place.

Le rapport évoque les modalités de gestion du laboratoire. La collaboration de longue date entre l'Université de Strasbourg et le CNRS donne lieu depuis plusieurs mois à un important travail visant à mettre en place une plateforme de services partagés. L'objectif est d'apporter plus de services et d'efficacité dans la gestion quotidienne. Les réflexions qui sont menées autour de ce projet ne perdent jamais de vue la qualité des services de proximité déjà existants et ne sauraient en aucun cas ou désorganiser des services qui ont prouvé leur efficacité ou prendre des décisions « échappant à la responsabilité du laboratoire ».

Je vous prie d'agréer, Cher Collègue, l'expression de mes sentiments distingués.

4 rue Blaise Pascal  
CS 90032  
F-67081 STRASBOURG cedex  
Tél. : +33 (0)3 68 85 15 80  
Fax : +33 (0)3 68 85 12 62  
www.unistra.fr

  
Alain BERETZ 

P.J. :

- Une première partie corrigeant les erreurs factuelles
- Une seconde partie comprenant les observations de portée générale



## Réponse au comité de visite de l'AERES



Institut de physique  
et chimie des matériaux  
de Strasbourg

23 rue du Loess – BP43  
67034 Strasbourg cedex 2

[www-ipcms.u-strasbg.fr](http://www-ipcms.u-strasbg.fr)

T. +33 (0)3 88 10 71 41  
F. +33 (0)3 88 10 72 50  
UMR 7504

Les appréciations du comité AERES sur la qualité des travaux et la stratégie à long terme de l'IPCMS représentent un soutien remarquable aux équipes du laboratoire pour aborder avec confiance les nouveaux défis qui les attendent dans le domaine des nanosciences.

Le comité souligne dans son rapport la proximité des activités du « Département Surface et Interface » avec le « Département Magnétisme des Objets Nanostructurés » et pose in fine la question de sa pertinence comme composante à part entière de l'IPCMS. Il souligne en particulier la faible taille de ses équipes et l'absence de cohérence globale.

La direction de l'IPCMS tient à souligner que ce département possède une culture scientifique et technique spécifique, centrée sur la caractérisation structurale de surfaces et interfaces et sur les études de croissance à la frontière de la chimie et de la physique. Son savoir-faire, qui relève typiquement des axes thématiques de la section 5 du CN du CNRS, le place dans un rôle charnière dans divers projets stratégiques du laboratoire, que ce soit dans le domaine des nanostructures magnétiques, de l'électronique moléculaire et de spin, ou des études d'objets uniques.

Le comité a bien souligné les percées remarquables du DSI dans les domaines (i) de la caractérisation analytique 3D et de la croissance in-situ de nanostructures par microscopie électronique, (ii) des études de nanostructures et d'objets uniques par microscopie en champ proche, et (iii) de l'étude des processus physiques par rayonnement synchrotron.

Ces trois directions sont clairement des priorités de l'institut dans les années à venir. Le premier axe doit bénéficier d'une synergie forte autour de l'EquipEx UTEM sur la microscopie résolue en temps, piloté par l'équipe de F. Banhart. Le second qui s'appuie sur de jeunes chercheurs de talent gagnera en lisibilité dès cette année avec le regroupement des activités STM de l'IPCMS. Enfin, le troisième thème bénéficiera des avancées dans le domaine de la dynamique ultrarapide en optique et RX, notamment avec le « Département d'Optique Ultrarapide et de Nanophotonique » dans le cadre de l'EquipEx UNION.