



**HAL**  
open science

## LPEM - Laboratoire de physique et d'étude des matériaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LPEM - Laboratoire de physique et d'étude des matériaux. 2014, ESPCI ParisTech, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Université Pierre et Marie Curie - UPMC. hceres-02031154

**HAL Id: hceres-02031154**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031154>**

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

Evaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux

LPEM

sous tutelle des

établissements et organismes :

Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de

Paris

Université Paris 6 - Pierre et Marie Curie

Institut de Physique du CNRS



Novembre 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**



# Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2012-2013, 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 six critères définis par l'AERES.

NN (non noté) associé à un critère indique que celui-ci est sans objet pour le cas particulier de cette unité ou de cette équipe.

- Critère 1 - C1 : Production et qualité scientifiques ;
- Critère 2 - C2 : Rayonnement et attractivité académique ;
- Critère 3 - C3 : Interaction avec l'environnement social, économique et culturel ;
- Critère 4 - C4 : Organisation et vie de l'unité (ou de l'équipe) ;
- Critère 5 - C5 : Implication dans la formation par la recherche ;
- Critère 6 - C6 : Stratégie et projet à cinq ans.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport a obtenu les notes suivantes :

- Notation de l'unité : **Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
A+	A	A+	A	A+	A+



# Rapport d'évaluation

Nom de l'unité :	Laboratoire de Physique et d'Etudes des Matériaux
Acronyme de l'unité :	LPEM
Label demandé :	UMR
N° actuel :	UMR 8213
Nom du directeur (en 2012/2013) :	M. Jérôme LESUEUR
Nom du porteur de projet (2014-2018) :	M. Jérôme LESUEUR

## Membres du comité d'experts

Président :	M <sup>me</sup> Hélène BOUCHIAT, Laboratoire de Physique des Solides - Orsay
Experts :	M. Jean Pascal BRISON, CEA/INAC - Grenoble
	M. Etienne BUSTARRET , Institut Néel, Grenoble
	M. Klaus HASSELBACH, Institut Néel, Grenoble (représentant du CoNRS)
	M. Brahim LOUNIS, LP2N, Université de Bordeaux
	M <sup>me</sup> Valérie MADRANGAS, XLIM, Limoges (représentante du CNU)
	M. Stéphane PETOUD, Centre de Biophysique Moléculaire, Orléans
	M. Christoph RENNER, Department of Condensed Matter Physics, Genève

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Serge BOUFFARD

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

M. Giancarlo FAINI, INP - CNRS

M. Reynald PAIN, UPMC

M. Jacques PROST, ESPCI - ParisTech



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le laboratoire LPEM est situé au sein de l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la ville de Paris (ESPCI). Bien que de taille modeste, il se distingue par une grande variété d'activités scientifiques allant de la recherche à très basse température à la résolution de problèmes très appliqués en forte connexion avec le monde industriel. Ces activités sont actuellement regroupées en trois thématiques : Nanosciences, Fermions Corrélés, Instrumentation. Ces thématiques fonctionnent en excellente synergie chacune utilisant certaines compétences des deux autres.

Le laboratoire a connu des changements importants ces dernières années aussi bien en ce qui concerne son personnel que ses thématiques de recherche. L'équipe « Imagerie des milieux complexes » a quitté le LPEM pour rejoindre l'Institut Langevin créé en 2008. Ce départ d'environ 1/3 des chercheurs a dans un premier temps déstabilisé le LPEM, mais aujourd'hui, le laboratoire a retrouvé toute sa vigueur grâce à l'arrivée de jeunes chercheurs qui ont renforcé les thématiques Fermions Corrélés et Nanosciences. Trois chercheurs du groupe du professeur Lewiner récemment parti à la retraite sont aussi sur le point d'intégrer le LPEM. En 2014, le nombre de chercheurs permanents du LPEM sera ainsi identique à ce qu'il était en 2008.

### Équipe de Direction

Elle est constituée du directeur M. Jérôme LESUEUR et des représentants des trois thèmes de recherche du laboratoire : M. Benoit DUBERTRET pour les Nanosciences, M. Ricardo LOBO pour les Fermions Corrélés et M. Stéphane HOLÉ pour l'Instrumentation.

### Nomenclature AERES : ST2



## Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	15	18	18
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	10	11	11
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	9	8	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1	1
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	2		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>30</b>

<b>Taux de producteurs</b>	<b>100 %</b>
----------------------------	--------------

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	21	
Thèses soutenues	24	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	15	
Nombre d'HDR soutenues	3	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	14	14



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'activité scientifique est de grande qualité, elle donne lieu à un grand nombre de publications.

Le laboratoire est attractif. Ces dernières années, il a réussi à recruter de jeunes chercheurs avec des projets ambitieux et il attire un grand nombre de doctorants. Le nombre de visiteurs est particulièrement important.

Le récent recrutement d'un professeur permet la création d'une nouvelle activité très ambitieuse autour d'un projet STM (*Scanning Tunneling Microscope*) et ARPES (*Angle Resolved Photo Electron Spectroscopy*).

L'activité s'appuie sur de nombreuses collaborations nationales et internationales.

### Points à améliorer et risques liés au contexte

Pour un laboratoire à forte activité expérimentale, le personnel technique est en sous effectif.

L'approvisionnement en hélium liquide est un problème important en termes de disponibilité et de coût, ce qui peut être une limite pour certains projets scientifiques.

Les locaux sont souvent en mauvais état avec des retards et des problèmes d'organisation dans les travaux de réfection.

La visibilité internationale du laboratoire dans son ensemble est moins bonne que celle de certains de ses membres.

### Recommandations

Il est important que le laboratoire trouve une solution pour assurer la pérennité de l'approvisionnement en hélium liquide dont dépend très fortement l'activité du thème 2.

Les jeunes chercheurs pourraient être impliqués plus fortement dans l'encadrement des doctorants.

Pour maintenir la qualité du support mécanique, il serait opportun de moderniser les machines des ateliers.

Pendant les périodes de rénovation des locaux, il est nécessaire de rationaliser les déménagements des équipes.

Dans la mesure du possible, le laboratoire doit veiller à ancrer plus fortement ses activités dans l'international par une participation accrue aux conférences à l'étranger, aux contrats européens (ERC ou autres), à l'organisation de colloques internationaux...





### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les publications dans des revues de haut niveau sont nombreuses et en constante augmentation depuis 2009 (en moyenne deux par chercheur permanent et par an). La reconnaissance des activités scientifiques du laboratoire se manifeste également par 50 conférences invitées sur 5 ans. Celles-ci ne se répartissent toutefois pas de façon homogène au sein du laboratoire. A cette production scientifique il faut ajouter le dépôt de 11 brevets industriels.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le laboratoire, en se concentrant sur un nombre restreint de thèmes, s'est positionné au niveau de l'excellence internationale tant en ce qui concerne les concepts sur lesquels il travaille, ses résultats expérimentaux que son innovation instrumentale. La politique scientifique du laboratoire s'appuie sur une structuration thématique plutôt que sur une répartition traditionnelle en équipes. Concrètement, cette organisation semble favoriser les collaborations et surtout l'interdisciplinarité. Cette dernière se manifeste aussi par la multiplicité des rattachements des personnels aux différentes thématiques.

#### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les activités des chercheurs du thème 3, tournées vers l'instrumentation et la valorisation, proposent des solutions innovantes à des problèmes très concrets de la société. Le contrôle de l'humidité du bois débité en copeaux utilisé comme source d'énergie durable pour des applications industrielles en est un exemple marquant. De façon générale il existe au sein de l'ESPCI une culture de la valorisation qui fait que l'accompagnement au démarrage de « start-up » se fait par des liens directs entre ceux qui l'ont déjà fait et ceux qui y pensent.

La communication est bien organisée soit par le biais des canaux mis en place par le CNRS soit par des actions à destination du grand public passant par les musées scientifiques (la Villette, les Arts et Métiers, etc). Ces actions de communication participent à rendre l'image du laboratoire plus visible et plus attractive.

On peut également souligner la forte implication des chercheurs du LPEM dans les manifestations scientifiques et culturelles liées au centenaire de la découverte de supraconductivité qui ont eu un important succès auprès du grand public.

#### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

La politique scientifique du laboratoire s'appuie sur une structuration thématique plutôt que sur une répartition traditionnelle en équipe. Concrètement, cette organisation semble favoriser les collaborations et surtout l'interdisciplinarité. Cette dernière se manifeste aussi par la multiplicité des rattachements des personnels aux différentes thématiques. Le nombre de recrutement a été élevé au cours de ces dernières années (trois chercheurs CNRS et quatre enseignants-chercheurs dont un professeur) et effectué en parfaite cohérence avec la politique globale du laboratoire, tous ces recrutés étant extérieurs au laboratoire.

Il est à souligner que le nombre des personnels chercheurs et enseignants-chercheurs est resté globalement constant au cours des quatre dernières années, et ceci malgré le départ de l'équipe « *Imagerie des milieux complexes* ». En revanche, le nombre d'ITA a subi une forte diminution qui doit être absolument compensée dans un futur proche. C'est une situation particulièrement difficile et potentiellement dommageable au bon fonctionnement du laboratoire vu la grande technicité des installations scientifiques mises en oeuvre. La même remarque s'applique au nombre insuffisant de techniciens dans les ateliers de mécanique.

La direction a fait un excellent travail pour gérer les multiples problèmes structureaux, humains et financiers qui se sont posés lors du départ de l'équipe « *Imagerie des milieux complexes* ».

Le conseil de laboratoire est composé de telle sorte que toutes les composantes se sentent correctement représentées.



Des séminaires sont régulièrement organisés. L'animation scientifique semble, cependant, avoir souffert de la période de trouble, car depuis 2009-2010, les journées scientifiques (« ANR show », journée des thésards, réunion de laboratoire...) qui rassemblaient le LPEM n'ont pas repris. Par contre, les chercheurs se sont fortement impliqués lors des manifestations pour les 100 ans de la supraconductivité, et ont massivement assisté aux exposés préparés pour le comité de visite. La reprise de ces actions d'animation, si possible à l'initiative directe des chercheurs, ne devrait pas poser de problème, et sera sûrement profitable aux initiatives de collaborations internes et au décroisement des doctorants.

Bien que bénéficiant de crédits spécifiques de la ville de Paris, le laboratoire est très actif et efficace au niveau de la recherche de financements. Plus de 70% des crédits du laboratoire correspondent à des contrats ANR dont certains sont internationaux. Par contre le LPEM est relativement peu impliqué dans des contrats européens.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le nombre de post-doctorants est modeste (5) et pourrait être fortement accru. En revanche, le nombre de doctorants du laboratoire est relativement important (de l'ordre d'un étudiant en moyenne par chercheur permanent) mais cette moyenne cache de grandes hétérogénéités d'encadrement. On note que peu de chercheurs ont leur habilitation, et que les vingt doctorants du LPEM en 2012 ne sont officiellement encadrés que par six chercheurs, avec un record de huit étudiants pour un chercheur. Il apparaît ainsi qu'un nombre notable de chercheurs habilités n'encadre pas de thésards. Vu le potentiel en jeunes chercheurs du LPEM, il devrait y avoir une vague d'habilitation à diriger des recherches à très court terme. Pour cela, il serait important que de façon générale les jeunes chercheurs du laboratoire soient impliqués dans l'encadrement des étudiants en thèse, ce qui est d'ailleurs indispensable pour qu'ils puissent soutenir leur habilitation. Une pratique qui a tendance à se généraliser est d'imposer deux encadrants officiels par doctorants, ce qui permet aux étudiants de s'adresser sans scrupule à l'un ou à l'autre en cas d'indisponibilité d'une des deux personnes. Comme les écoles doctorales concernées ne semblent pas imposer de compte rendu annuel, donc d'entretien formel doctorant/directeur de thèse pour faire le point sur l'avancée du projet, il serait intéressant que cela soit organisé au niveau du laboratoire.

De façon générale le laboratoire accueille de nombreux étudiants de l'ESPCI au niveau licence et master. Cette école est réputée pour la qualité de sa formation par la recherche.

Les enseignants-chercheurs participent aux enseignements dans quatre masters 2 : « *Capteur Mesure Instrumentation* », « *Lasers, matériaux, milieux biologiques* », « *Concepts fondamentaux de la physique* », « *Science des Matériaux et Nano-objets* ».

Les doctorants sont inscrits majoritairement dans les trois écoles doctorales suivantes :

- ED 389 *La Physique de la Particule à la Matière Condensée* ;
- ED 391 *Sciences mécaniques, acoustique, électronique & robotique de Paris* ;
- ED 397 *Physique et Chimie des Matériaux*.

et pour un nombre plus restreint de doctorants ED 107 (Physique de la Région Parisienne), ED 287 (Sciences pour l'Ingénieur), ED 474 (Frontières du Vivant) et ED 518 (Matière Condensée et Interfaces).

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

Les principaux projets du laboratoire pour les années à venir ont été exposés par le directeur ainsi que par des représentants des différents thèmes et les jeunes chercheurs récemment embauchés au laboratoire. Il est essentiellement prévu de renforcer les activités déjà en cours dont certaines démarrent tout juste grâce aux nouvelles recrues de ces dernières années (voir ci-dessous). Les collaborations amorcées durant ces dernières années entre les différentes thématiques devraient également se développer en maintenant un bon équilibre entre recherches très fondamentales et prospectives et recherches plus appliquées pouvant déboucher sur des prises de brevet voire la création d'entreprises. Cette proximité entre fondamental et appliqué fait l'originalité de ce laboratoire, et de façon plus générale, de l'ESPCI.



L'acquisition d'une plateforme de microscopie à sonde locale combinée avec de la photoémission est un des projets phares du laboratoire. Il est rendu possible par la mise en commun des financements de trois chercheurs permanents en plus de soutiens externes. Ces instruments vont placer le laboratoire dans une position de force unique pour les études simultanées des propriétés électroniques de matériaux dans l'espace réel et réciproque. Le développement de cette activité de pointe se fait de manière très intelligente, en prévoyant du personnel scientifique permanent associé au projet en soutien au professeur responsable. On peut, par contre, ici aussi regretter l'absence de soutien adéquat du côté personnel technique.

Un point important est également le développement et l'acquisition d'équipements communs à l'ensemble du laboratoire : SEM-FEG (microscope électronique à balayage à canon à émission de champ) pour l'observation et la nanofabrication par lithographie électronique et PPMS (Physical Properties Measurement System) permettant une caractérisation rapide des propriétés de transport, d'aimantation et de chaleur spécifique des matériaux. Ces équipements devraient contribuer à augmenter la synergie entre les chercheurs du laboratoire.



## 4-bis • Analyse thème par thème

**Thème 1 :** Nanophysique, Nanostructures and Nanomatériaux

Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2012	Au 01/01/2014
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	5	6
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	3	4
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	1	1
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	10	
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>11</b>

### • Appréciations détaillées

Le personnel de ce thème est composé de 9 permanents au 30/06/2012. 17 doctorants et 2 post-doctorants ont travaillé sur ce thème entre 2007 et 2012. La qualité de la recherche se traduit par 73 articles dans des revues à comité de lecture, 16 conférences invitées, 4 brevets, et du point de vue budget, de 11 contrats nationaux dont 7 projets ANR et 3 projets CNANO, 2 contrats industriels et 2 contrats internationaux.

Par rapport à la précédente évaluation de février 2008, le LPEM a très considérablement consolidé sa position au niveau international dans le domaine des nanosciences et des nanotechnologies. Outre les travaux sur les nanoparticules et les nanoplaquettes semiconductrices qui ont pris une ampleur considérable, de nouvelles activités sont apparues sur les jonctions Josephson à base de supraconducteurs à haute température qui ouvrent des perspectives très intéressantes aussi bien en recherche fondamentale que du point de vue de leurs applications.



## Synthèse et caractérisation des nanocristaux semi-conducteurs

L'activité de synthèse de nanostructures de semiconducteurs II/VI de type cœur/coquille avec des propriétés de luminescence optimisées ainsi que par les études visant à la compréhension détaillée des mécanismes photophysiques de ces nanostructures est très impressionnante. L'équipe se distingue au niveau international par un souci de rationalisation très fine entre structure et propriétés, de caractérisation systématique et de valorisation.

Une avancée importante est la suppression du clignotement de la luminescence grâce à la synthèse de nanocristaux CdSe/CdS avec des coques épaisses. Ce phénomène a été longtemps le facteur limitant les applications utilisant des nanocristaux individuels notamment en biophotonique. Une autre avancée majeure est la synthèse de plaquettes bidimensionnelles avec des épaisseurs contrôlées de quelques plans atomiques.

Ces travaux ont donné lieu à un nombre important d'invitations à des conférences internationales et de publications dans les revues à fort impact avec des taux de citations déjà spectaculaires. On peut juste regretter que les contributions des plus jeunes ne soient pas plus mises en avant.

Dans le cadre de la réalisation de biomarqueurs, des résultats prometteurs ont été obtenus sur la synthèse et la fonctionnalisation de nanoparticules de petites tailles et/ou émettant dans le proche infrarouge. Bien que des collaborations avec des médecins existent, il est souhaitable de favoriser les contacts sur ce sujet avec des biologistes afin de créer des synergies permettant de mieux valoriser ces développements.

Un projet important de cette thématique est le développement des plaquettes semi-conductrices pour l'optoélectronique et l'effet photovoltaïque. Il s'agit d'applications extrêmement concurrentielles, où les plaquettes constituent une niche prometteuse qui vaut la peine d'être explorée, et où l'arrivée d'une spécialiste des dispositifs optoélectroniques constitue une opportunité pour confirmer le potentiel annoncé. Faute d'informations plus précises, on peut se demander si le créneau principal de la startup solarwell est dans ce domaine ou dans celui du commerce de nanoparticules fonctionnalisées.

## Microscopie à fluorescence

On note la mise en place d'expériences de spectroscopie d'objets uniques permettant de caractériser les particules synthétisées. On relève également que sur ce thème, la collaboration interne entre équipes a été exemplaire et extrêmement fructueuse ; il serait fortement souhaitable que la synergie actuelle ne soit pas affectée par ce travail expérimental, même si le développement local d'une telle instrumentation est intéressante.

En ce qui concerne l'imagerie, l'originalité des développements instrumentaux utilisant l'illumination spatiale structurée permettant de gagner en résolution et en rapidité d'acquisition et de traitement d'image est à souligner. Le projet concerne aussi l'introduction d'une optique adaptative pour mettre en forme le faisceau en utilisant les « quantum dots » non clignotants comme « étoiles » de référence afin d'ouvrir la possibilité de l'imagerie 3D dans des échantillons épais. Les performances de l'outil en développement seraient certainement mieux valorisées si elles étaient appliquées à des problématiques biologiques bien identifiées.

## Nano-optique plasmonique et nanothermique

La présentation enthousiaste des performances du dispositif expérimental développé pour sonder localement les champs électromagnétiques et la température au voisinage de nanostructures était très intéressante. Basé sur l'utilisation des propriétés de fluorescence d'un cristal dopé par des ions terres rares collé à une pointe de microscopie optique à sonde locale, ce dispositif a permis de cartographier la température avec une résolution spatiale atteignant la centaine de nanomètres, et d'accéder à des mesures quantitatives de champs proche aux voisinages de structures plasmoniques (fentes dans des films d'or, disques...). Ces travaux d'instrumentation innovants et uniques sur le plan international ont conduit à des publications nombreuses et importantes dans de très bonnes revues scientifiques. Les performances de l'instrument en font maintenant un outil de choix pour des études fondamentales dans le domaine de la plasmonique et des nanosciences ou pour certaines applications en nanothermie. Ces performances seront optimisées en explorant l'utilisation d'autres sondes fluorescentes avec des taux d'émission plus importants. On peut s'interroger sur la valorisation possible de cet outil.



### Nano-jonctions Josephson en supraconducteur à haute $T_c$

Les travaux récents sur les nano-jonctions Josephson en supraconducteur à haute température critique ( $T_c$ ) ont donné lieu à des résultats intéressants avec des perspectives prometteuses dans le domaine du THz. Ils suscitent un foisonnement de projets dont certains sont soutenus par des collaborations industrielles, mais on peut se demander si tous pourront être menés de front. Dans ce cadre, le projet sur la spectroscopie quantique d'un nanotube en cavité THz est apparu très original et audacieux mais son lien avec le reste de l'activité THz du laboratoire n'est pas apparu évident. On peut néanmoins être optimiste quant à l'apport annoncé des compétences regroupées au sein du thème instrumentation.

### Conclusion

Le dynamisme et la qualité de l'ensemble des activités de ce thème est très appréciable. Il faut encourager les chercheurs à renforcer encore plus leur potentiel pluridisciplinaire en développant les collaborations avec les biologistes et les médecins.



## Thème 2 : Systèmes électroniques fortement corrélés et de basse dimensionnalité

### Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2012	Au 01/01/2014
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	6	6
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	6	6
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	6	
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>12</b>

### • Appréciations détaillées

Le personnel de ce thème est composé de 12 permanents au 30/06/2012. 12 doctorants et 2 post-doctorants ont travaillé sur ce thème entre 2007 et 2012. Les 120 articles dans des revues à comité de lecture, les 60 conférences invitées, les 12 contrats nationaux dont 6 projets ANR et 2 projets CNANO caractérisent la qualité de la recherche. Les résultats obtenus sont de façon générale tout à fait remarquables et bénéficient de l'expertise instrumentale des chercheurs du LPEM (cette thématique ne bénéficie que de peu de support technique). On peut toutefois souligner que l'activité de ce thème semble morcelée même si des efforts sont consentis pour accroître les interactions et la mise en commun de moyens techniques. La cohérence thématique souffre probablement de l'absence de la maîtrise locale de l'élaboration des matériaux d'intérêt. Il est également peu habituel dans ce domaine qu'une telle activité expérimentale n'ait localement aucun pendant théorique. Ce point a d'ailleurs été mentionné par le laboratoire. Néanmoins, si des choix stratégiques doivent être faits pour les embauches futures, il est sans doute plus important de renforcer les synergies naissantes entre expérimentateurs, ce qui permettrait d'augmenter la visibilité du LPEM dans ces thématiques. Suivent quelques remarques non exhaustives sur les différentes activités et projets qui nous ont été présentés.

#### Fluctuations supraconductrices

Il s'agit d'un domaine où le laboratoire se distingue depuis déjà plusieurs années. De beaux résultats ont été obtenus, notamment par effet Nernst, dans un domaine qui reste d'actualité et pour lequel la qualité des échantillons est cruciale. Les projets d'équipements en spectroscopie à champ proche comprenant une chambre de préparation et l'arrivée d'un nouveau professeur permettront peut-être de le revisiter.



### Les supraconducteurs à base de fer et les multiferroïques

Ce sujet expérimental concerne un seul chercheur, dont l'expertise dans le domaine est reconnue au meilleur niveau international. Elle repose sur une maîtrise impressionnante de la spectroscopie infrarouge de ces matériaux. La pertinence des résultats obtenus est attestée par le nombre des collaborations nationales et internationales, ainsi que par la qualité des échantillons étudiés (accès aux meilleures sources). Les projets sont dans la continuité. Le renforcement de cette activité par le recrutement d'un jeune chercheur est une priorité du laboratoire. Elle semble tout à fait pertinente, au vu des résultats obtenus et du potentiel de développement (instrumentation, réactivité et accès aux cristaux...). Il serait intéressant d'en profiter pour renforcer les nouvelles synergies développées sur la thématique « *fortes corrélations* » du LPEM, en exploitant le creuset de compétences du laboratoire pour mener des travaux focalisés sur un nouveau composé, une nouvelle physique.

### Supraconductivité aux interfaces d'oxydes

Il s'agit d'un sujet très compétitif où la contribution du laboratoire est originale et remarquable grâce à une analyse en profondeur des signaux de magnétorésistance, et aux efforts de modélisation du rôle de l'interface sur la structure de bande. C'est une étude sur le long terme, bien renforcée par l'arrivée d'un jeune recruté.

### Effet Nernst dans les semi-métaux

C'est un sujet où le laboratoire a joué un rôle de pionnier au plan mondial, et où il maintient son avance suivant un parcours cohérent, avec une productivité scientifique et une reconnaissance internationale exceptionnelles dans un domaine très compétitif. L'exploration complète, à trois dimensions, de la surface de Fermi du bismuth sous champ magnétique élevé et la mise en évidence des domaines associés aux macles font date dans la littérature du domaine.

### Nanoparticules métalliques et supraconductrices

Ce sujet combine de façon intelligente les savoir-faire existants au LPEM : synthèse de nanoparticules, observation par microscopie électronique et microscopie en champ proche, mesures thermodynamiques, RMN. De plus, il bénéficie du récent recrutement d'un jeune chercheur.

La mesure par spectroscopie d'une nanoparticule unique est devenue possible par la mise en oeuvre d'un dispositif de projection contrôlée, ouvrant la voie à une préparation d'échantillons efficace. Ainsi l'exploration de l'évolution des propriétés électroniques et supraconductrices de ces nanoparticules en fonction de leur taille devrait donner des résultats d'autant plus pertinents qu'elles sont bien caractérisées.

### Projet Quantumspecs

Ce projet d'instrumentation ambitieux combinant un STM/AFM à basse température avec un appareil de spectroscopie résolu en angle s'inscrit dans le projet plus vaste « Nanospec » de spectroscopie ultime des états électroniques. Cette plateforme impliquant l'ensemble des laboratoires de Paris - Centre, associera les diverses spectroscopies en champ proche déjà présentes (INSP, LPEM, MPQ) avec un élément nouveau mais essentiel car complémentaire : une ARPES-Laser à 2K.

Il s'agit d'un projet phare du laboratoire correspondant à un important investissement, à la fois sur les plans financier et humain (embauche d'un nouveau professeur en 2011 et d'un maître de conférences programmée). Les deux appareils prévus se justifient pleinement. Le projet est pertinent d'un point de vue thématique et très ambitieux d'un point de vue technologique (surtout l'ARPES-Laser à 2K). Il mènera sans aucun doute à de fructueuses interactions avec les autres chercheurs du thème 2. Autant la composante ARPES du projet présenté est apparue convaincante et scientifiquement extrêmement solide, autant il a été plus difficile de percevoir l'originalité des expériences de spectroscopie tunnel à basse température proposées sur les nanotubes de carbone connectés, en particulier en comparaison au grand nombre d'études déjà réalisées dans le domaine.





## Conclusion

De façon générale le foisonnement des activités de ce thème ainsi que l'originalité et l'audace des nouveaux projets menés avec dynamisme est très appréciable.



### Thème 3 : Instrumentation

#### Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2012	Au 01/01/2014
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	6	7
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	1	1
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	1	1
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	6	
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>10</b>

#### • Appréciations détaillées

Le personnel du thème « Instrumentation » se compose de 9 permanents issus de deux laboratoires LPEM et LEG (2 personnes ont été intégrées en mai 2012, 1 sera intégrée en janvier 2014), 7 doctorants et 4 post-doctorants. Ils développent une instrumentation spécifique et originale pour des applications scientifiques et des capteurs pour des applications industrielles. L'équilibre entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée se traduit par 95 articles dans des revues à comité de lecture, 4 conférences invitées, 7 brevets, 7 contrats industriels, 2 projets ANR et 1 projet FUI. Il faut noter que le projet VIRGO génère à lui seul un nombre important de publications (62 ACL). Les sujets de recherche sont en train d'évoluer progressivement pour intégrer les nouvelles activités des personnes récemment arrivées dans le thème. Le projet présenté devrait permettre de renforcer la dynamique de groupe. En effet, les activités sont recentrées autour de projets fédérateurs s'appuyant à la fois sur les compétences internes au thème et présents dans le laboratoire.

- *Recommandation :*

La promotion rapide d'un jeune chercheur serait souhaitable pour ce thème.



### Instrumentation électrostatique et capteurs

Le but de cette activité est le développement des outils, essentiellement des capteurs capacitifs, permettant d'estimer la distribution de charge dans des matériaux non uniformes. Il en résulte des applications donnant lieu à de multiples collaborations et contrats avec des industriels : capteurs pour contrôler l'humidité du bois, capteurs de fumée pour remplacer avantageusement les capteurs ioniques classiques. Un objectif important est de repousser les limites de la résolution spatiale de ces capteurs. Les chercheurs du LPEM sont leader en France dans ce domaine. Les projets dans d'autres domaines sont multiples : extensomètre permettant de mesurer des déformations pour le génie civil (barrage hydraulique, centrale nucléaire...), géolocalisation de véhicules pour une aide à la conduite...

### Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) bas champ

Il s'agit d'un projet instrumental de longue haleine, très difficile et ambitieux. Le but est de déboucher sur le développement d'un spectromètre RMN pour la mesure en environnement ouvert et en champ magnétique terrestre. Cette activité repose sur la conception de capteurs magnétiques ultra-sensibles avec un contrôle et une réduction drastiques du bruit environnant. Beaucoup d'efforts ont été consacrés à la réalisation d'un transformateur de flux (plat), couplé à un SQUID commercial fonctionnant à l'hélium liquide. Les derniers résultats obtenus sont encourageants (mesure d'un signal RMN dans un champ de l'ordre du champ terrestre). Il est prévu de remplacer les supraconducteurs à basse température par des supraconducteurs à haute température.

#### ▪ *Recommandation :*

Cette activité a démarré il y a plusieurs années, alors que peu d'équipes s'étaient lancées dans cette voie. Aujourd'hui, des concurrents sont plus avancés sur la partie imagerie très bas champ pour les applications médicales, ou ont développé des systèmes à aimants permanents pour les applications en milieu industriel (forages pétrolier...). On peut se demander si la vraie valeur ajoutée du LPEM dans ce domaine ne serait pas plutôt dans l'utilisation et le développement de SQUID avec des supraconducteurs à haute température critique, et pas nécessairement pour des applications RMN. La technique unique de fabrication des jonctions auto-shuntées est un avantage compétitif de premier plan, et pourrait être exploitée pour le développement d'applications THz (comme c'est déjà en partie le cas au LPEM), notamment en imagerie magnétique (en osmose avec les compétences remarquables en imagerie par sonde de champ proche). Ce dernier point permettrait d'être en rupture avec ce qui existe actuellement au niveau de la résolution, de la gamme de champ et de la température atteignable. Une réflexion devrait donc être menée au laboratoire sur l'orientation de cette activité à fort potentiel.

### Antennes, méta matériaux, propagation micro-onde et capteurs

Cette activité initialement consacrée à l'optimisation d'antennes adaptatives s'est renouvelée et élargie vers la réalisation de capteurs d'humidité micro-ondes par exemple pour la mesure en teneur en eau dans les plaquettes forestières. Ce travail remarquable qui a débuté par des premiers tests en laboratoire et s'est prolongé par une validation « sur le terrain » dans les conditions d'exploitation industrielles. Il continue avec le développement de capteurs adaptés aux autres étapes clés de la filière bois.

En parallèle se développe depuis quelques années une activité centrée sur les métamatériaux combinant des réalisations instrumentales innovantes (coupleur contrôlé électroniquement par des diodes PIN) et le développement d'outils mathématiques pour modéliser et synthétiser ces nouveaux composants (par exemple pour accéder à la phase d'une onde électromagnétique THz au delà des capacités de l'instrumentation conventionnelle). Les collaborations avec l'équipe du thème 1 développant des jonctions Josephson à base de supraconducteurs à haute température critique dans le domaine du THz sont à encourager.

### Imagerie thermique

Les techniques d'imagerie par mesure de photo-réflectance font parties des savoir-faire reconnus du laboratoire. Elles permettent d'avoir accès aux propriétés thermiques de matériaux encapsulés en optimisant la longueur d'onde de l'infrarouge à l'UV en fonction de la transparence de la couche d'encapsulation. Une instrumentation a été développée avec la possibilité de coupler trois longueurs d'onde différentes pour caractériser en température des structures complexes.



Plus récemment sont développés des instruments très performants basés sur des techniques de thermographie infrarouge ou des mesures photothermiques permettant la détection de fissures et de leur profondeur avec des applications dans les domaines de l'aéronautique et du nucléaire.

### Détection des ondes gravitationnelles : projet VIRGO

Il s'agit d'un projet d'ampleur internationale dans lequel deux membres du LPEM contribuent très fortement en collaboration avec le LAL à Orsay. Ils participent à la définition des stratégies pour verrouiller les différentes cavités optiques à une même fréquence de résonance et sont très impliqués dans la conception et l'optimisation des laser en terme de bruit en fréquence. Cette activité est très productive en terme de publications.

### Conclusion

La qualité et la grande originalité des développements instrumentaux spécifiques, couvrant un large spectre d'applications de « niche » tant vers le fondamental (parfois) que l'industriel (souvent) et, dans ce dernier cas, un souci d'aller jusqu'au démonstrateur grandeur nature sont à souligner. Le projet correspond à une évolution thématique qui prend en compte les compétences de l'ensemble des membres, notamment en simulation. Il faut encourager le LPEM à distinguer des axes fédérateurs offrant une synergie avec les recherches en cours dans les deux autres thèmes, notamment pour la supraconductivité dans le domaine des THz et des micro-ondes ou de la RMN à bas champ, de la détection des charges et de l'imagerie infrarouge. Les contributeurs à ce thème sont encouragés à passer leur HDR si ce n'est pas encore fait.



## 5 • Déroulement de la visite

Dates de la visite :

Début : Mercredi 14 novembre 2012 à 8h30

Fin : Jeudi 15 novembre 2012 à 17h00

Lieu de la visite : Laboratoire LPEM

Institution : SPCSI

Adresse : 10 rue Vauquelin - 75231 Paris cedex 05

Déroulement ou programme de visite :

<b>Mercredi 14 novembre :</b>	
8h30 - 9h00	Accueil du comité
9h00 - 9h40	Huis clos comité
9h40 - 10h40	Présentation du LPEM par M. Jérôme LESUEUR
10h40 - 10h55	Pause café
10h55 - 12h25	Présentations
	M. Benoit FAUQUE : « Métaux dilués dans la limite quantique »
	M. Nicolas BERGEAL : « Supraconductivité à l'interface d'oxydes »
	M. Alexandre ZIMMERS : « Transport quantique dans les nanoparticules »
	M. Ricardo LOBO : « Spectroscopie IR de matériaux multiferroïques comment charge et spin se voient »
12h25 - 13h30	Déjeuner
13h30 - 15h00	Présentations
	M. Benoit DUBERTRET : « Synthèses et applications de nanoparticules de semiconducteurs »
	M <sup>me</sup> Alexandra FRAGOLA : « Microscopie à illumination structurée pour l'imagerie de fluorescence 3D super résolue »
	M. Lionel AIGOUY : « Imagerie en champ proche avec une particule fluorescente : applications en plasmonique »
	M. Stéphane HOLE : « Estimation de la teneur en eau dans les plaquettes forestières au cours du déchetage »
15h00 - 17h00	Visite du laboratoire et présentation de posters
17h10 - 17h40	Rencontre avec le conseil de laboratoire
17h40 - 18h10	Rencontre avec les ITA
18h10 - 18h40	Rencontre avec les doctorants
18h40 - 19h45	réunion à huis clos du comité



Jeudi 15 novembre :	
8h30 - 9h00	Accueil du comité
9h00 - 9h50	Rencontre avec les tutelles
9h50 - 10h30	Présentation du projet du laboratoire par Jérôme Lesueur
10h30 - 11h10	Projets scientifiques des jeunes chercheurs
	M <sup>me</sup> Cheryl FEUILLET-PALMA : « Interaction lumière-matière ultra-forte dans un puits quantique en cavité »
	M. Guillaume LANG : « Propriétés électroniques locales de nanomatériaux corrélés »
	M <sup>me</sup> Sandrine ITHURRIA-LHUILIER : « Synthèse d'hétérostructures et dopage de nanocristaux »
11h10 - 11h20	Pause café
11h20 - 12h50	Projets scientifiques
	M. Stéphane PONS, M. Dimitri RODITCHEV, M. Hervé AUBIN : « QUANTUMSPECS Spectroscopies ultimes d'états électroniques »
	M. Zhuoying CHEN : « Optoelectronic Devices based on New Colloidal Nanocrystals »
	M. Emmanuel GERON : « Métamatériaux monodimensionnels : application aux circuits fonctionnels hyperfréquences »
12h50 - 13h10	Les équipements communs
	M <sup>me</sup> Brigitte LERIDON & M. Hervé AUBIN : « PPMS, SQUID VSM, MEB-FEG »
13h10 - 14h30	Discussion avec le directeur
14h30 - 17h00	Réunion du comité à huis clos

### Appréciation de l'organisation du comité de visite

Cette visite s'est déroulée sur trois demi-journées très bien organisées, avec un bon équilibre entre présentations orales et visites de laboratoires. Après une présentation très documentée et pédagogique par le directeur de l'unité établissant le bilan de l'ensemble des opérations scientifiques menées au sein du laboratoire, le comité a écouté huit exposés synthétiques et brillants sur les activités du laboratoire.

La qualité, la précision, ainsi que les discussions scientifiques suscitées par ces présentations, ont permis au comité de prendre connaissance des résultats les plus récents et les plus pertinents du laboratoire. Ces exposés ont été agréablement complétés par des visites de certains laboratoires, par petits groupes, ce qui a permis d'obtenir un éclairage très complémentaire sur l'ensemble des activités présentées avec dynamisme et enthousiasme.

Le comité a ensuite rencontré les membres du conseil de laboratoire, chercheurs et personnel technique en trois groupes séparés. Ces rencontres ont confirmé l'impression générale de bon fonctionnement du laboratoire avec toutefois l'évocation de quelques problèmes spécifiques : faibles possibilités de promotion pour les enseignants, personnel technique en très fort sous effectif, problèmes de vétusté des locaux. La journée s'est terminée par une discussion avec les doctorants qui sont en moyenne satisfaits de leurs conditions de travail (à part quelques problèmes d'exiguïté des salles de chimie). Certains affirment avoir souffert d'un manque de disponibilité de leur directeur de thèse. Ces problèmes pourraient être simplement résolus par l'encadrement des étudiants par les jeunes chercheurs permanents des équipes concernées.

La deuxième journée a commencé par une rencontre avec les tutelles, au cours de laquelle ont été évoqués les problèmes soulignés ci-dessus. En ce qui concerne la vétusté des locaux et le manque de place, il s'agit d'un travail de longue haleine que la direction semble maîtriser dans ses différents aspects financiers et organisationnels. Il ne semble pas contre pas exister de solution simple aux problèmes posés par les sous effectifs des ITA et le manque de promotions des MCF. Le reste de la matinée a été consacrée aux exposés des projets. L'exposé général du directeur, a été complété par ceux des jeunes chercheurs ainsi que le projet « NANOSPEC ». Le comité a regretté l'absence inopinée d'un porteur de projet remplacé par un collègue de l'INSP. Dans l'ensemble le comité a fortement apprécié l'originalité et la qualité scientifique de l'ensemble de ces projets, tout particulièrement ceux portés par les jeunes chercheurs.

## 6 • Statistiques par domaines : ST au 10/06/2013

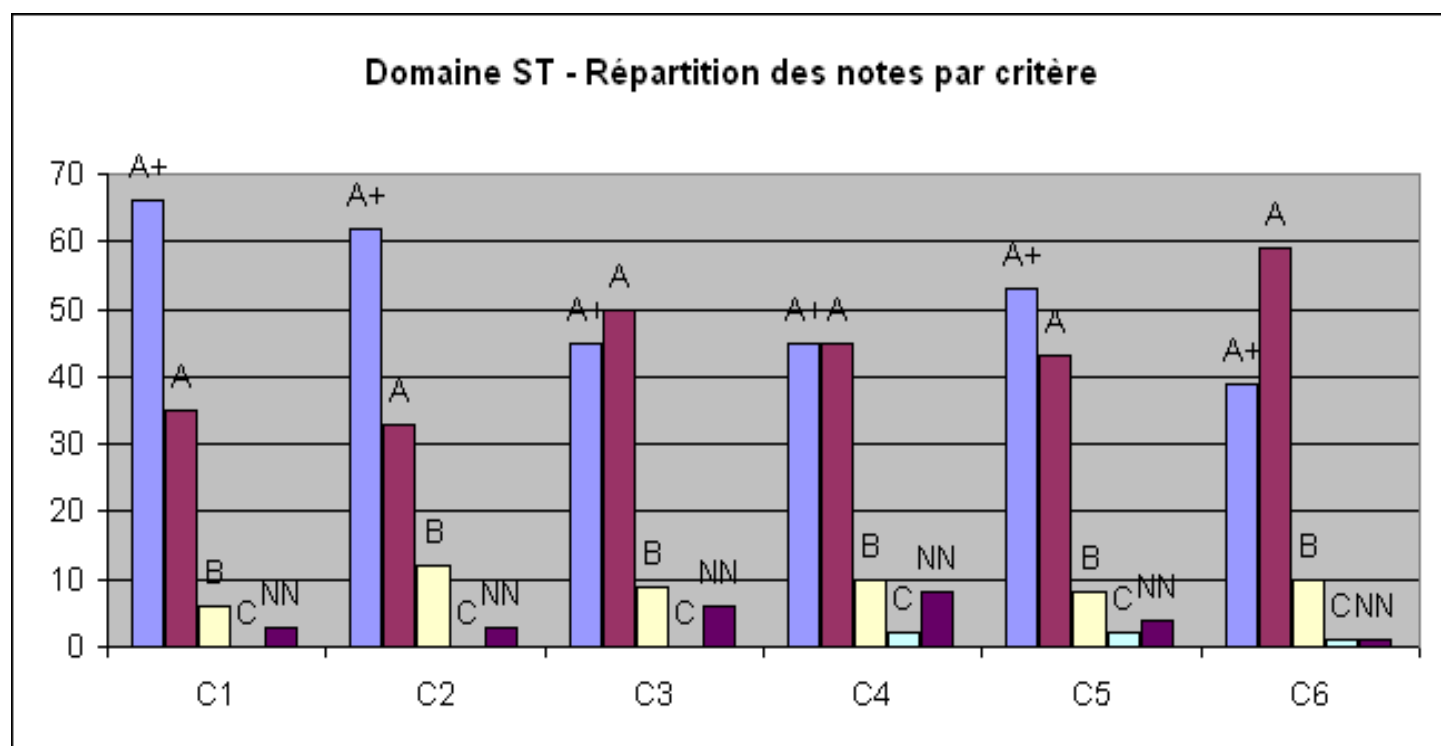
Notes

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	66	62	45	45	53	39
A	35	33	50	45	43	59
B	6	12	9	10	8	10
C	0	0	0	2	2	1
Non Noté	3	3	6	8	4	1

Pourcentages

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	60%	56%	41%	41%	48%	35%
A	32%	30%	45%	41%	39%	54%
B	5%	11%	8%	9%	7%	9%
C	0%	0%	0%	2%	2%	1%
Non Noté	3%	3%	5%	7%	4%	1%

Domaine ST - Répartition des notes par critère





## 7 • Observations générales des tutelles



Paris le 10 04 2013

Le Président  
Didier Houssin  
Agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur  
20 rue Vivienne - 75002 PARIS

M. le Président,

Nous avons pris connaissance avec le plus grand intérêt de votre rapport concernant le projet du Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, porté par M. Lesueur. Nous tenons à remercier l'AERES et le comité pour l'efficacité et la qualité du travail d'analyse qui a été conduit.

Ce rapport a été transmis au directeur du laboratoire qui nous a fait part en retour de ses commentaires que vous trouverez ci-joint. Nous espérons que ces informations vous permettront de bien finaliser l'évaluation du laboratoire.

Restant à votre disposition pour de plus amples informations, je vous prie de croire, M. le Président, à l'expression de mes salutations respectueuses.

Le Vice -Président Recherche et Innovation

Paul Indelicato





**Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux  
UMR 8213 ESPCI-UPMC-CNRS**

**Commentaires sur le rapport AERES 2013**

**La visite du comité de l'AERES**

Nous tenons à souligner la qualité du travail du comité de visite de l'AERES au LPEM les 14 et 15 novembre 2012, et le très grand professionnalisme dont il a fait preuve au cours de cette journée d'une part, et de la rédaction du projet d'autre part. Les membres du comité ont examiné en détail les travaux scientifiques qui leur étaient présentés, de telle sorte que la Science fût au cœur de cette évaluation. Des questions très pertinentes ont été posées à la suite des exposés par des experts qui avaient manifestement travaillé en profondeur à partir des documents que nous avons fournis. Les personnels du LPEM ont apprécié la qualité d'écoute des membres du comité, et l'intérêt qu'ils ont manifesté pour leur travail.

**Le rapport du comité de l'AERES**

Le rapport fourni par le comité reflète ce que nous venons de décrire de la visite du comité. Il est exact et très pertinent sur l'ensemble des thématiques scientifiques. Il met en lumière non seulement la qualité scientifique des travaux effectués, mais également la dynamique du laboratoire, et propose des pistes de réflexion pour l'avenir. Certaines d'entre elles sur les thématiques ou la vie scientifiques relèvent de la direction du laboratoire. D'autres, en particulier l'insuffisance du personnel ITA, ou la mise en place d'un atelier commun sont de la responsabilité des tutelles, et nous espérons que celles-ci vont répondre positivement à nos demandes répétées de soutien à l'activité du LPEM. Ce rapport montre que la qualité et le dynamisme scientifique du laboratoire sont remarquables, mais fragiles. Nous souhaitons que nos tutelles poursuivent et intensifient le dialogue pour favoriser le développement harmonieux du LPEM.

**Conclusion**

La visite du comité de l'AERES et le rapport qui a suivi sont très importants et encourageants pour le Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, ses chercheurs, enseignant-chercheurs, ITA et pour la direction. Les principaux points d'attention soulevés par le rapport seront discutés au sein du conseil de laboratoire, et mèneront à des propositions d'inflexions de la politique du LPEM. Ces informations seront importantes pour la nouvelle équipe de direction qui se mettra en place en 2014.

Paris, le 18 mars 2013

Jérôme Lesueur, directeur