



**HAL**  
open science

## LSI - Laboratoire des solides irradiés

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LSI - Laboratoire des solides irradiés. 2014, École polytechnique - X, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - CEA, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02032967

**HAL Id: hceres-02032967**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032967>**

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

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire des Solides Irradiés

LSI

sous tutelle des  
établissements et organismes :

École Polytechnique

Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies  
Alternatives - CEA

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS





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

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3  
novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section  
des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Bernard CAPELLE, président du  
comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



# Rapport d'évaluation

Nom de l'unité : Laboratoire des Solides Irradiés

Acronyme de l'unité : LSI

Label demandé : UMR

N° actuel : UMR 7642

Nom du directeur  
(2009-2014) : M<sup>me</sup> Martine SOYER

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Cornelis VAN DER BEEK

# Membres du comité d'experts

Président : M. Bernard CAPELLE, Université P. & M. Curie

Experts :

- M. Mebarek ALOUANI, Université de Strasbourg
- M. Eduardo ALVAES, Bobadela LRS, Portugal
- M. Jean-Pascal BRISON, CEA, Grenoble
- M. Eric FREYSZ, Université de Bordeaux 1
- M. Martin HYTCH, Université de Toulouse (représentant du CoNRS)
- M. Roger LEGRAS, Université de Louvain-la-Neuve, Belgique

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Marc DRILLON



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

M. Hervé DESVAUX, IRAMIS-CEA

M. Giancarlo FAINI, INP-CNRS

M<sup>me</sup> Maria FAURY, DSM-CEA

M. Patrick LE QUERE, École Polytechnique



## 1 • Introduction

La visite s'est déroulée les 16 et 17 janvier 2014, dans de très bonnes conditions. Le programme était bien structuré et la visite bien organisée. Le comité d'experts a pu rencontrer l'ensemble du personnel et assister à d'excellentes présentations orales.

Les documents écrits, très complets et de lecture facile, ont facilité la tâche du comité d'experts.

Les deux dernières années ont vu une évolution dans la structuration des équipes qui évoluent de nouveau légèrement dans le projet. L'effort pour aboutir à une structure stable et efficace avec des axes définis est tout à fait perceptible. Nous reviendrons sur ces points dans l'analyse détaillée.

### Historique et localisation géographique de l'unité

Pour comprendre l'histoire du LSI, il faut remonter aux années soixante.

Au centre CEA de Fontenay aux Roses, les chercheurs travaillant sur la métallurgie du plutonium se posent la question sur la façon dont ce métal était affecté par son propre rayonnement. Cela conduit progressivement à la naissance d'une culture "irradiation" et, en 1973, à la création de la Section d'Etudes des Solides Irradiés (SESI) par M. Yves QUERE. La SESI dispose alors d'un accélérateur d'électrons Van de Graaff et une boucle d'irradiation dans le réacteur nucléaire de Fontenay aux Roses. Les recherches se déclinent en études appliquées liées au programme électronucléaire français et en études amont de physique du solide et des matériaux.

A la fin des années soixante dix, compte tenu du mouvement de retrait des activités nucléaires du centre de Fontenay aux Roses, la SESI déménage à l'École Polytechnique (le directeur de la SESI, M. Yves QUERE, y était professeur). L'implantation finale se fait à l'École Polytechnique en 1987, avec le déménagement de l'accélérateur Van de Graaff. A cette époque le laboratoire est rattaché à l'institut de recherche et de développement industriel (IRDI) du CEA. Il est l'un des quelques laboratoires de l'IRDI à faire de la recherche fondamentale. Un contrat d'association X-CEA-CNRS est signé en 1989. Le laboratoire se développe à l'École Polytechnique, participe à l'enseignement et s'enrichit de chercheurs en provenance du CEA Saclay et du CNRS.

En avril 1997, la SESI est rattachée à la direction des sciences de la matière du CEA (qui a succédé à l'ancien Institut de Recherche Fondamentale), et devient l'un des services du Département de Recherche sur l'Etat Condensé, les Atomes et les Molécules (DRECAM), qui est maintenant devenu l'IRAMIS, Institut Rayonnement Matière de Saclay. Le laboratoire, tout en s'appuyant sur son activité historique en irradiation des matériaux, développe de nouvelles activités comme la spectroscopie théorique.

En 2000, le laboratoire devient le LSI, laboratoire des Solides Irradiés, unité mixte de recherche CEA-CNRS-École Polytechnique (UMR 7642). De nouvelles équipes, avec de nouveaux thèmes de recherche, rejoignent le laboratoire, comme l'équipe Interaction Laser-Solide, ou l'équipe Polymères Irradiés.

L'accélérateur Van de Graaff ayant été démantelé en 2008, un nouvel accélérateur d'électrons (SIRIUS) est installé au LSI en 2010.

2013 : la convention d'UMR est prolongée jusqu'en décembre 2014.

Le rapport porte sur la période de janvier 2008 à juin 2013, période pendant laquelle plusieurs aménagements internes ont été réalisés ; en particulier, l'éclatement en deux équipes de l'équipe "Théorie de la matière condensée" et une redistribution des différents personnels des équipes "Supraconductivité et nanomatériaux" et "Polymères irradiés" entre deux nouvelles équipes "Physique et chimie des nano-objets" et "Supraconductivité et capteurs".

Le projet reprend la structure en équipes avec la fusion des équipes "Irradiation des matériaux" et "Interaction laser-solide" pour former l'équipe "Interaction rayonnement matière". Le laboratoire sera alors constitué de cinq équipes.

Le LSI est localisé sur le site de l'École Polytechnique, dans un bâtiment principal et un bâtiment préfabriqué qui abrite l'équipe de spectroscopie théorique. De plus l'équipe interaction laser-solide se trouve au CEA-Saclay.



## Équipe de direction

L'équipe de direction est formée d'une directrice et une directrice adjointe, et est assistée par le conseil d'unité.

Le laboratoire compte par ailleurs six équipes de recherche, une équipe administrative et une équipe de support technique attachée à l'installation SIRIUS. C'est cette structure qui a été adoptée dans le rapport pour la présentation des activités du laboratoire.

## Nomenclature AERES

ST2, ST4

## Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	5 (4,5 ETP)	5 (4,5 ETP)
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	23 (22,8 ETP)	21
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	16	15
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	9 (8,3 ETP)	1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>54</b>	<b>42</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	12	
Thèses soutenues	29	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	29	
Nombre d'HDR soutenues	8	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	24	19



Depuis le 1er janvier 2008, 17 personnes, sur un total initial de 43, ont quitté le LSI (10 du CEA, 4 du CNRS et 3 de l'École Polytechnique) et 16 personnes y sont arrivées (5 du CEA, 6 du CNRS et 5 de l'École Polytechnique). Prenant en compte un départ prévu en 2014, l'unité comptera 41 permanents au 1er janvier 2015. Malgré cet effectif quasi-constant, une analyse plus fine des personnels révèle en fait des évolutions importantes. En effet, on note une baisse des effectifs de la tutelle CEA en partie compensée par des personnels du CNRS et de l'École Polytechnique, et d'autre part une diminution du nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs permanents qui est passé de 32 en janvier 2008 à 26 au 1er janvier 2014. C'est en fait le nombre de chercheurs qui a diminué car le nombre d'enseignants-chercheurs a augmenté pendant cette période. En revanche, on note une augmentation du nombre des IT, passée de 11 en janvier 2008 à 15 au 1er janvier 2015 (16 au 1er janvier 2014).

Au niveau de la pyramide des âges, il faut noter qu'environ 50 % du personnel a plus de 50 ans, 35 % moins de 45 ans. Le recrutement de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs devra être une priorité des prochaines années.

Le nombre actuel des doctorants est 12 ce qui est peu au regard du nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs. De plus leur répartition par équipe est très inhomogène: ils se répartissent sur 4 des 6 équipes, dont 4 pour l'équipe 1, 4 pour la 2, 3 pour la 3, 1 pour la 5 et 0 pour la 4 et la 6.





## 2 • Appréciation sur l'unité

Le Laboratoire des Solides Irradiés n'a pas souhaité être évalué par équipe. Les remarques sur les équipes se trouvent donc dans les différents critères de l'évaluation de l'unité.

### Avis global sur l'unité

Dans son ensemble, le laboratoire des Solides Irradiés est un très bon laboratoire. Pendant le dernier contrat il a su faire aboutir deux projets expérimentaux d'importance dont l'un, SIRIUS, remplaçant le Van de Graaff arrêté en 2008, a permis au LSI de garder sa principale spécificité. L'activité scientifique est bien cadrée par l'aboutissement de 4 projets, 2 portés par le LSI, SIRIUS et FemtoARPES, et 2 pour lesquels le LSI a été un acteur essentiel, le projet Européen ETSF (European Theoretical Spectroscopy Facility) et CIMEX (centre interdisciplinaire de microscopie électronique de l'école polytechnique).

Le LSI est très présent dans les structures scientifiques locales, l'École Polytechnique, le Triangle de la Physique et l'Université Paris-Saclay. Sa participation aux Labex PALM (équipes 4,5 et 6) et NanoSaclay (équipes 1, 2 et 3) et son implication dans les Equipex TEMPOS et ATTOLAB en témoignent.

Sa production scientifique globale est très bonne avec 341 publications (environ 2 par an et par chercheur et enseignant-chercheur permanent), 250 communications orales et surtout 153 conférences invitées sur les cinq ans et demi de la période de référence.

### Points forts et possibilités liées au contexte

La période de janvier 2008 à juin 2013 a vu le laboratoire s'enrichir de nouveaux moyens expérimentaux et avoir accès à des structures de recherche très performantes. Il dispose aujourd'hui de moyens expérimentaux qui doivent lui permettre de mettre en place des thématiques bien ciblées et originales. A titre d'exemple, le montage expérimental de photoémission résolue en angle et en temps, FemtoARPES, l'un des plus performants au niveau mondial, permettra d'accompagner de façon efficace les projets scientifiques qui sont présentés comme les études en liaison avec le projet ATTOLAB.

Le comité d'experts a également noté :

- l'originalité des recherches du groupe spectroscopie théorique (ST) du LSI qui repose sur l'introduction d'une méthode réellement nouvelle pour calculer les propriétés des matériaux présentant, en particulier, de fortes corrélations entre électrons ;
- des compétences rares dans la problématique des changements de propriétés de la matière induits par la création de défauts sous irradiation et dans celle de l'élaboration de matériaux originaux par irradiation (électrons et ions) ;
- le projet ERC advanced grant « Seizing Electron Energies and Dynamics: a seed for the future » ;
- l'expertise remarquable dans l'étude des phénomènes de piégeage dans les supraconducteurs, crucial pour les applications des supraconducteurs, tant pour le transport de forts courants que pour des capteurs haute-fréquence ;
- le savoir-faire du laboratoire sur les micro-capteurs qui a permis des développements originaux dans les domaines de la magnétométrie et de la détection de métaux lourds dans l'eau ;
- l'implication dans deux EQUIPEX, ATTOLAB (équipe 6) et TEMPOS (équipes 1 et 3), ainsi que dans deux LABEX, PALM (équipes 4, 5 et 6) et NanoSaclay (équipes 1, 2 et 3) ;
- le grand nombre de collaborations et de projets collaboratifs aux niveaux national et international montrant l'excellente ouverture du laboratoire dans son ensemble et sa très bonne visibilité. Globalement, le LSI a une bonne capacité à obtenir des financements ;
- la présence des membres du LSI dans l'organisation de workshops, conférences et écoles au plan national et international et dans de nombreux comités scientifiques.

### Points faibles et risques liés au contexte

La cohérence du laboratoire doit être améliorée, même si l'éloignement actuel de l'équipe Spectroscopie théorique et celui de deux des membres de l'équipe Interaction laser-solide est un handicap.



Dans la moitié des équipes, le pourcentage de publications avec un seul permanent comme auteur dépasse les 75 %. Bien évidemment, dans ces conditions, il ne peut y avoir beaucoup d'actions transversales entre équipes comme le montre le faible nombre de publications inter-équipes, 15 sur un total de 341 (dont une seule impliquant 3 équipes).

- La présence de théoriciens et expérimentateurs est considérée par le comité d'experts comme une richesse du laboratoire. Malheureusement, là aussi, les échanges entre théoriciens et expérimentateurs sont insuffisants ; sur les 100 publications des équipes théoriques, on dénombre seulement 4 publications avec des expérimentateurs.

- La nécessité de renouveler les collaborations existant en interne dans plusieurs équipes.

- Le risque de perte complète de compétences dans le domaine des capteurs. Il existe un risque de sous-criticité au niveau des ressources humaines suite à la scission de l'équipe travaillant sur les supraconducteurs.

- La nécessité de faire évoluer les sujets centrés sur le nucléaire, qui, malgré leurs pertinences, ne trouvent pas assez d'échos en aval.

- Le manque de support technique pour les mesures in-situ (RPE notamment), qui risque d'handicaper l'exploitation de SIRIUS au niveau scientifique.

- Plusieurs équipes publient trop dans des revues à moindre facteur d'impact alors que certains de leurs résultats leur permettraient d'être plus ambitieux.

### Recommandations

- Il semble indispensable de mener une réflexion en profondeur sur les savoir-faire présents au laboratoire, pour redéfinir les thématiques en s'assurant qu'aucune ne soit sous-critique. Il faudra aussi définir des axes de recherche prioritaires en exploitant mieux le potentiel exceptionnel d'interaction entre théoriciens et expérimentateurs.

Cette réflexion doit être menée en analysant les savoir-faire du laboratoire qui sont en danger à plus ou moins court terme comme une partie de l'activité sur les supraconducteurs et la magnétométrie par sonde de Hall. Il faudra certainement faire baisser fortement la part liée aux problématiques du nucléaire dans les thématiques de l'équipe 5 et faire des choix clairs parmi les nombreuses possibilités ouvertes notamment par SIRIUS. De ce point de vue la fusion des équipes 5 et 6 nous semble une excellente opportunité pour repréciser plus largement les objectifs dont l'un pourrait être les défauts permanents ou transitoires photo-induits dans les matériaux diélectriques en englobant la problématique des fibres.

- Le laboratoire doit être plus présent dans les conférences, pour améliorer la reconnaissance et le rayonnement des travaux menés sur les irradiations.

- Le positionnement du dispositif de FemtoARPES sur le site de l'École Polytechnique serait sans aucun doute extrêmement positif pour le laboratoire.

- Les priorités de recrutement d'ingénieur ou technicien doivent être définies au niveau global du LSI, en prenant en compte le caractère stratégique de ces postes (trop) rares.



### 3 • Appréciations détaillées

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

Pour la période considérée, 341 publications sont répertoriées dont 27 avec un facteur d'impact supérieur à 7 (22 PRL, 1 Nat. Mater., 2 Nanoletters, 1 Mater. Today, 1 Chem. Rev.) et 37 sont dans les 10 % les plus cités. Cette production scientifique est très bonne mais les publications à fort impact sont réparties de façon très inégale (48 % des articles à  $FI > 7$  et 43 % des publications dans le top 10 pour une seule des 6 équipes). Ces publications sont complétées par 250 communications orales et surtout 153 conférences invitées sur la période de référence.

L'activité théorique du LSI, principalement regroupée dans les équipes 1 (équipe ST) et 2 (équipe TSM), occupe environ le tiers du personnel et est dans son ensemble excellente.

- L'originalité et la portée des recherches de l'équipe ST repose sur l'introduction d'une méthode complètement nouvelle pour calculer les propriétés des matériaux présentant en particulier de fortes corrélations entre électrons. Même si les approches proposées s'avèrent trop gourmandes en temps de calcul, elles pourront être utilisées pour générer des méthodologies plus efficaces et permettront une meilleure compréhension des effets de corrélation. L'impact de cette recherche est par conséquent très important au niveau fondamental, et diffusera vers des domaines très variés (photovoltaïque, magnétisme, adhésifs...).

En particulier la recherche sur le développement fondamental de la physique à N-corps est clairement très innovante ; son succès obligerait à reconsidérer toutes les méthodes utilisées en science des matériaux, et représente par conséquent une avancée majeure dans le domaine. Par ailleurs, la combinaison de la théorie des perturbations à plusieurs corps (MBPT) avec la théorie de la fonctionnelle de densité statique et celle dépendant du temps (DFT et TDDFT) est utilisée pour comprendre la durée de vie des quasi-particules, la dispersion des plasmons et l'amélioration des fonctionnelles hybrides. L'équipe a également développé plusieurs codes numériques : le code DP pour le calcul des propriétés diélectriques, le code EXC pour le calcul des propriétés optiques avec les effets excitoniques, et le code 2light pour le calcul des propriétés optiques non-linéaires. La communauté scientifique pourra utiliser les résultats de ces travaux dont les codes seront disponibles via des licences GPL.

- L'équipe TSM s'intéresse aux propriétés des matériaux par des calculs ab initio fondés sur la méthode des pseudo-potentiels. Elle développe ses applications numériques dans le logiciel libre Quantum Espresso. L'un de ses axes de recherche est basé sur une rupture théorique : l'équipe a montré que pour les semi-conducteurs simples et le bismuth, les calculs de couplage électron-phonon en théorie de la fonctionnelle de la densité sont pertinents, et leur couplage avec l'équation de Boltzmann permet de calculer les propriétés thermoélectriques des matériaux. Cet axe est à la pointe de la recherche internationale. Quant à l'axe de recherche plasmonique à l'échelle quantique, il est basé sur une rupture méthodologique qui mène à la recherche sur de nouveaux systèmes plasmoniques, là où des effets quantiques jouent un rôle important. Dans l'avenir cette nouvelle méthode - et le code Turbo-EELS - deviendront certainement le standard pour le calcul de la fonction diélectrique inverse. L'axe de recherche sur la conception, par la méthode ab initio, de matériaux à propriétés mécaniques renforcées provient d'une thématique historiquement importante au LSI. L'équipe maîtrise les concepts théoriques et les méthodes bien établies pour identifier les défauts ponctuels et les défauts étendus dans les matériaux. L'application de ces travaux a abouti à la conception d'un nouveau matériau à propriétés mécaniques renforcées, et au dépôt d'une demande de brevet.

Les deux équipes ont une grande visibilité et notoriété, tant au plan national qu'international, qui tient à la qualité des publications, aux conférences invitées et communications orales. Elles sont fortement sollicitées pour des collaborations nationales et internationales portant aussi bien sur des sujets théoriques, méthodologiques que sur des sujets expérimentaux ou applicatifs. Tous leurs membres ont été invités dans des collaborations expérimentales.

Les quatre autres équipes ont des activités essentiellement expérimentales même si on trouve au sein de l'équipe « Physique et Chimie des Nano-objets » (XPNano) des études théoriques et numériques tournées vers la synthèse et les propriétés des matériaux fabriqués par l'équipe.

- On trouve réunies au sein de l'équipe XPNano, formée au cours de la période d'évaluation, des compétences en élaboration et synthèse, caractérisation structurale, mesures de propriétés, théorie et simulation numérique. C'est une jeune équipe avec une excellente dynamique, cherchant à s'engager sur des projets fédérateurs et avec une stratégie claire basée sur le développement de matériaux originaux façonnés à l'aide d'irradiation d'ions ou d'électrons.



Par exemple, les nano-pores produits par irradiation ionique dans les membranes de polymères permettent de nouvelles fonctions et la synthèse de nanofils métalliques en leur sein. Un mélange intéressant de fonctionnalités peut ainsi être obtenu, par exemple entre une membrane piézoélectrique et un nanofil de matériaux magnétostrictifs. Le travail de façonnage par irradiation d'ions lourds de nanoparticules métalliques dans une matrice diélectrique permet un contrôle très fin de leurs formes. Ces matériaux sont idéaux pour les études fondamentales sur des sujets porteurs en plasmonique ou en transport. En effet, l'équipe a une activité reconnue dans l'étude du transport, par exemple, de spin dans les matériaux magnétiques. En plus de leur activité propre, les études théoriques et numériques sont tournées de façon synergétique vers la synthèse et propriétés des matériaux fabriqués par le groupe. Comme détaillé plus loin, les moyens à la disposition de l'équipe de caractérisation microscopique sont à la hauteur des matériaux étudiés.

La production scientifique de cette activité est globalement excellente et au vu de la qualité des travaux, le comité d'experts encourage l'équipe à publier plus de résultats dans des revues à fort impact et à continuer sur sa lancée. Même si cela reste modeste, cette équipe est celle qui publie le plus avec d'autres équipes du LSI (10 publications sur les 87).

- Le travail de l'équipe « Supraconductivité et capteur » (SC) est centré sur l'étude des supraconducteurs à fortes corrélations électroniques, et sur le développement de capteurs à l'état de l'art. La recherche menée sur les supraconducteurs s'appuie sur l'expertise du LSI dans le contrôle et l'exploration de la modification des propriétés physiques des matériaux par création de défauts sous irradiation. Elle permet aux chercheurs du groupe de sonder la nature de l'état fondamental des supraconducteurs (symétrie du paramètre d'ordre, caractère multigap, changement de phase du paramètre d'ordre), mais aussi d'étudier les mécanismes de piégeage des vortex sous champ magnétique, une propriété essentielle aux applications des supraconducteurs pour le transport de courant ou la réponse aux champs hautes fréquences. La production scientifique en termes de publications, la reconnaissance internationale attestée par les invitations aux grandes conférences du domaine, le nombre de collaborations nationales comme internationales faisant appel à l'expertise de l'équipe démontrent l'excellence de l'activité, et l'impact remarquable que cette équipe très réduite a su produire dans le domaine particulièrement compétitif des supraconducteurs à base de fer. La fin de la collaboration interne qui avait permis cette dynamique exceptionnelle apparaît donc au comité comme particulièrement regrettable. Il encourage vivement à ce que l'expertise sur le piégeage, qui fait référence notamment dans le domaine des supraconducteurs multigaps, soit préservée autant que faire se peut.

Cette activité s'est, pour une part importante, appuyée aussi sur le développement de micro-capteurs par sonde de Hall réalisés grâce à une collaboration très étroite avec un industriel. Ce développement a porté ces capteurs au meilleur état de l'art, et permis de faire émerger la magnétométrie par microsonde sonde de Hall comme une technique de référence pour les études d'aimantation des supraconducteurs. Le comité d'experts regrette donc profondément que la transmission de ce savoir-faire exceptionnel n'ait pas été assurée, ce qui va conduire inéluctablement à l'arrêt de cette activité à court ou moyen terme et à la perte de cette compétence pour toute la communauté.

Il souligne aussi l'excellence et l'originalité d'un autre type de micro-capteur, développé pour la détection de métaux lourds dans l'eau. Il a été réalisé en collaboration avec l'équipe XPnano, exploitant l'expertise du LSI sur les processus de formation et les propriétés physico-chimiques de micro-pores créés par irradiation aux ions. Le caractère très prometteur de ce capteur, en rupture par rapport aux techniques d'analyse actuelle, et répondant a priori aux critères économiques et environnementaux requis pour une exploitation industrielle, a été reconnu par deux prix pour l'innovation et par l'intérêt de grands groupes du domaine de la gestion de l'eau.

- L'équipe « Irradiation des Matériaux » est historiquement au cœur des activités du LSI. Elle a été profondément remaniée au cours de la période d'évaluation avec le départ (à la retraite) de personnalités scientifiques de premier plan, l'arrivée d'une partie de l'activité sur la supraconductivité (mais qui reste, pour ce rapport, traitée dans l'équipe 4), et la mobilisation d'une partie des chercheurs de l'équipe pour la mise en œuvre du projet « SIRIUS » d'un nouvel irradiateur à électrons, et de l'environnement échantillon (cryogénie, mesures in-situ...) correspondant. Il s'agit donc d'une période charnière, qui a permis d'ouvrir des perspectives nouvelles, mais qui invite aussi de ce fait à une réflexion sur les orientations scientifiques à prendre pour les années qui viennent.



L'équipe a une expertise très reconnue sur les défauts induits sous irradiation, et la modification des propriétés physiques qui en résulte. Entre 2009 et 2013, une grosse partie de l'activité a été motivée par les problématiques liées au nucléaire, que ce soit pour la performance des ciments, la corrosion et le vieillissement des surfaces métalliques sous irradiation, ou la stabilité des verres (stockage). Mais d'autres activités liées à l'expertise de l'équipe sur la caractérisation fine des défauts induits par irradiation nucléaire et plus récemment U.V. visible, ont émergé. Elles portent sur la modification des propriétés optiques des fibres actives ou passives, importante pour les activités spatiales notamment.

Concernant les activités liées au nucléaire, c'est très clairement une problématique essentielle pour les programmes futurs. L'équipe devrait en toute logique avoir de nombreuses collaborations avec la DEN, voire des contrats industriels en abondance dans ce domaine. Ce n'est pas le cas : on note un seul contrat industriel avec une petite entreprise (CTG-Italcementi), et trois programmes avec la DEN (sur les verres et la corrosion, dont aucun pour 2014). Ce désengagement de la DEN sur cette recherche fondamentale va nécessiter une redéfinition des objectifs de l'équipe et de la valorisation de ses compétences.

Dans ce domaine très proche des applications (tout en restant fondamental par la recherche poussée de la compréhension et de la modélisation des phénomènes), il y a peu de publications scientifiques « à fort impact ». On peut aussi regretter le faible nombre de conférences invitées, portées de plus par peu de membres de l'équipe.

- L'activité de l'équipe « Interaction laser-solide » porte sur l'interaction d'impulsions laser ultracourtes avec des solides et la mise en évidence des modes de relaxation des nouveaux états photo-induits. Autour de cette thématique, trois axes de recherche sont développés.

La plasmonique résultant de l'interaction d'impulsions lasers intenses avec un solide ou un plasma : cette thématique a donné lieu à la publication de 3 articles dans des revues internationales à comité de lecture. Un résultat marquant, très récemment publié dans Phys. Rev. Letters, porte sur l'accélération de protons via l'excitation résonante ou non résonante de modes de surface de réseaux métalliques par des impulsions lasers intenses. Il souligne les acquis et l'intérêt du travail dans ce domaine.

La dynamique électronique dans les diélectriques : cette activité qui s'appuie sur l'expertise largement reconnue d'un des chercheurs dans ce domaine a fait l'objet de 15 publications dans des revues internationales à comité de lecture. Parmi les résultats novateurs acquis, on citera notamment la mise en évidence expérimentale de l'effet d'avalanche induit par une impulsion laser intense dans SiO<sub>2</sub>. On regrettera que ce résultat remarquable n'ait pas fait l'objet d'une publication dans une revue à très fort impact.

- FemtoARPES : cette thématique qui a débuté en octobre 2008 avec le recrutement d'un professeur de l'école polytechnique porte sur l'étude des états électroniques de solides hors équilibre. Cet axe de recherche a connu un remarquable développement grâce à un financement substantiel et au soutien humain de plusieurs laboratoires. L'ensemble des chercheurs associés à ce projet a, en un temps record, mis en place et développé un appareillage complexe combinant des sources lasers femtosecondes amplifiées avec la spectroscopie de photoélectrons résolue en temps. Ils ont par ailleurs obtenu et publié des résultats novateurs portant notamment sur la dynamique des porteurs à la surface d'un isolant topologique ou sur l'anisotropie géante du splitting spin-orbite à la surface du bismuth. L'ensemble des résultats acquis a fait l'objet de publications dans des revues scientifiques de premier plan (3 Phys. Rev. Lett., 1 Nano Lett.).

- Le CIMEX

Le LSI a saisi l'opportunité offerte par la création du « Centre Interdisciplinaire de Microscopie Electronique de l'École Polytechnique (CIMEX) » grâce notamment à l'implication des membres de l'équipe XPNano. Ces outils de caractérisation dernière génération doivent être mis au service de matériaux étudiés au laboratoire. Etant données les compétences disponibles, le laboratoire pourrait d'ailleurs jouer un rôle moteur pour que ces équipements soient utilisés au maximum de leurs possibilités. Il pourrait également participer au développement de techniques de pointe et soutenir le développement de nouvelles expériences in-situ prévu dans le projet EquipeX « TEMPOS ». Il est néanmoins essentiel de créer une masse critique de compétences autour des nouveaux équipements en créant une collaboration forte avec les autres laboratoires partenaires.



## Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le nombre important (44) de participations dans l'organisation de workshops, conférences et écoles et l'accumulation de conférences invitées (153) aux niveaux national et international sont un témoignage de la qualité de l'interaction du LSI avec le monde scientifique. Certaines conférences et écoles, de niveau international, ont reçu un soutien important (ANR, CECAM, Région Île-de-France, Triangle de Physique, séminaires JSPS-CNRS). Cet aspect est renforcé par le grand nombre de collaborations et de projets collaboratifs internationaux et nationaux avec, parmi ces derniers, plusieurs GDR. A noter, en particulier, le réseau étendu de collaborations internationales sur la supraconductivité, basé sur l'utilisation de magnétométrie locale à sonde Hall, activité dont la pérennité n'est pas assurée.

De nombreux membres du LSI ont fait ou font partie de comités scientifiques divers et variés (bureau de GDR, comité national, CoPil du triangle de la Physique, organisations de conférences et workshops), de comités éditoriaux, de jurys de recrutement ou de comités de sélection. Ces différentes participations témoignent de l'excellente visibilité de nombreux membres du LSI. Il faut ajouter à cela les interventions en tant qu'expert auprès de l'ANR et de l'AERES et bien entendu en tant que rapporteur pour de nombreuses revues scientifiques.

Durant la période 2008-2013, le laboratoire a été lauréat d'un ERC « advanced grant », deux prix de thèses de l'école polytechnique, un prix Vodafone, un prix Wissenschaftspreis Nordrhein-Westf, deux Marie Curie IEF, deux Euro-talents, un Marie Curie CIG, un prix de la 4ème conférence Asiatique sur « Crystal growth and crystal technology » et deux prix d'innovation Pollutec 2012 et OSEO.

Les plateformes du LSI montrent sa volonté de pouvoir accéder à des structures performantes en jouant un rôle moteur soit dans leur création soit dans leur fonctionnement.

- Plateforme SIRIUS : une installation unique en Europe ouverte à la communauté de l'irradiation des matériaux, au sein du réseau national d'accélérateurs EMIR.

- Expérience FemtoARPES, un des dispositifs les plus performants au monde pour la spectroscopie de photoélectrons résolue en temps et en angle (coll. LPS et SOLEIL).

- Infrastructure ETSF : une plateforme internationale et un réseau de collaborations de 17 laboratoires dans le domaine de la spectroscopie électronique, dans lequel le LSI joue un rôle moteur. Il a 2 membres dans le comité de management de la plateforme. Le LSI a joué un rôle leader dans la mise en place de cette structure.

- Création du CIMEX, centre interdisciplinaire de microscopie électronique de l'X, ouvert aux utilisateurs du plateau de Saclay et dont la responsabilité est assumée par le LSI.

Le LSI est aussi partenaire de deux LABEX (NanoSaclay et PALM) et de deux EQUIPEX (TEMPOS et ATTOLAB) dans lesquels il assure des responsabilités.

Le LSI a obtenu 74 ressources contractuelles, certaines commencées avant 2008 qui ont cependant couvert une partie de la période concernée. Ces ressources comptent 15 ANR dont environ la moitié est portée par un membre du LSI, 11 ayant démarré en 2008, 11 contrats Européens dont une ERC « advanced grant », 6 ayant démarré en 2008, et un contrat international. L'expertise sur l'effet des irradiations est soulignée par la participation à 3 réseaux d'excellence européens (de PF6) et un STREP, mais tous portés par la même personne.

Les différentes équipes ont régulièrement des chercheurs ou professeurs invités, d'horizons très divers, dont certains sont venus à plusieurs reprises depuis janvier 2008.

Au niveau des post-doctorants, leur nombre par mois, moyenné sur une année, est resté supérieur à 11 pendant les 3 premières années et depuis il est en constante diminution. Il est en effet passé à 10,6 en 2011, à 9,3 en 2012 et sur les 7 premiers mois de l'année 2013 il est égal à 5,1 post-doctorants par mois en moyenne. Cette diminution du nombre de post-doctorants s'accompagne aussi d'une diminution du nombre des chercheurs en particulier du CEA.

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

L'interaction du LSI avec l'environnement social économique et culturel se situe à différents niveaux. Au niveau des élèves de collèges et lycées, le laboratoire participe à des conférences dans des lycées, accueille des stagiaires, participe à des forums de métiers et à l'orientation professionnelle des lycéens.



Certains membres ont participé à des forums (R&D du centre national d'Expertise Réseaux), à la soirée débat RTE sur la supraconductivité et les nanotechnologies pour les systèmes électriques, à la nuit des chercheurs sur la place de la femme dans la recherche. Un des membres du LSI est membre suppléant du conseil d'administration de l'association « Femmes & Sciences ».

Une action originale, en lien très fort avec la société, sur l'histoire de la science des matériaux doit être soulignée. Plusieurs biographies (Pierre Auger et Lise Meisner, Georges Preston et André Guinier, Marie Curie) ont été publiées ainsi que des articles sur l'histoire des sciences dans des journaux à très large audience, comme « Reflets de la physique » ou « L'Archicube » (ENS).

Le LSI a eu de nombreux partenariats avec le monde industriel (3 CIFRE avec Thales, EDF, Nanovation, contrats avec RTE, Saint Gobain, le groupe CTG-Italcementi, PPG Industry, ITRON France, MS-Composites, ...). Des partenaires industriels ont également été développés dans le cadre de projets ANR. Les liens se développent maintenant au travers de la cellule valorisation de l'École Polytechnique. L'ensemble des travaux des différentes équipes a conduit au dépôt de 9 brevets dont un sur les fibres optiques et 8 essentiellement sur des membranes nano-poreuses. Ces brevets reposent sur de vrais savoir-faire originaux. Il faut ajouter à ces brevets l'écriture de plusieurs codes mis à la disposition des communautés. Deux prix pour l'innovation ont également été obtenus.

Il faut enfin noter que les plateformes mises en place au LSI ou avec le LSI, en particulier SIRIUS et FemtoARPES, offrent de nombreuses possibilités pour interagir avec le tissu local des PME.

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

A la fin de la période de référence, le LSI était constitué de six équipes de recherche, d'une équipe autour de SIRIUS avec son support technique et d'une équipe administrative. Cependant au cours de cette période, il y a eu plusieurs évolutions dans la structure du laboratoire. On peut souligner, en particulier, l'éclatement en deux équipes de l'équipe "Théorie de la matière condensée" et une redistribution des différents personnels des équipes "Supraconductivité et nanomatériaux" et "Polymères irradiés" entre deux nouvelles équipes "Physique et chimie des nano-objets" et "Supraconductivité et capteurs". La structure de ces deux dernières équipes était plus en phase avec celle des LABEX NanoSaclay et PALM. L'évolution de la structure du laboratoire présente des points positifs, mais deux équipes (4 et 6) posent problème compte tenu de leur effectif très réduit. Nous reviendrons sur ce point dans l'analyse du projet.

Au niveau du pilotage du laboratoire une réunion des responsables d'équipe et de la direction est organisée tous les quinze jours. Les sujets abordés couvrent le fonctionnement et la stratégie du laboratoire (budget, recrutement, réponses aux différents appels d'offre, relation avec les différentes structures locales). Ces réunions permettent aussi les échanges d'informations de tous types et sont au cœur de la communication interne du laboratoire. Le conseil de l'unité se réunit au moins trois fois par an et il y a une à deux assemblées générales par an. Les membres du laboratoire sont dans l'ensemble positifs vis à vis de ce fonctionnement.

Le laboratoire a mis en place un agent de valorisation et un responsable de la sécurité informatique qui assure également l'assistance informatique auprès de tous les membres du laboratoire. Un agent assure le rôle d'assistant de prévention ; il gère la communication avec le service de santé, d'hygiène et de sécurité de l'École Polytechnique et est aidé par trois assistants de prévention.

L'animation scientifique du laboratoire est assurée par des séminaires internes donnés par les post-doctorants et par les nouveaux permanents et une « journée scientifique du laboratoire ». Des séminaires sont régulièrement organisés en particulier lors des visites de chercheurs. Une cellule de communication a été mise en place, comprenant outre le directeur du laboratoire les personnes chargées du site web, de l'organisation des séminaires et de la liaison en communication avec le CNRS, l'École Polytechnique et le CEA. Là aussi le fonctionnement semble être apprécié par les membres du laboratoire. Il faut souligner l'excellente politique du laboratoire vis à vis de la formation permanente.

Le soutien de base du laboratoire vient de trois sources CEA, CNRS et l'École Polytechnique. Le laboratoire n'a pas de politique de prélèvement sur les contrats obtenus au sein des équipes. Compte tenu de la diminution importante du soutien de base et de l'augmentation du parc instrumental, le comité d'experts s'est interrogé sur la pertinence de cette politique de non prélèvement dans le contexte actuel et sur la possibilité pour les LABEX et EQUIPEX de participer au fonctionnement des plateformes.



Bien sûr, l'animation scientifique se décline à toutes les échelles, et notamment aussi au sein des équipes. De ce point de vue, il semble qu'elle soit plus présente ou mieux organisée au sein des équipes de théoriciens : l'équipe ST organise des réunions et des animations scientifiques transversales hebdomadaires auxquelles participent régulièrement les membres de l'équipe TSM. Ces deux équipes ont un mode de fonctionnement très mutualisé en particulier au niveau des ressources.

Pour les équipes 4 et 6 il est difficile de parler de vie d'équipe et d'animation scientifique interne. En effet l'équipe 4 est depuis 2012 réduite à deux personnes qui de plus ne travaillent pas ensemble à part pour une publication commune en 2010. Quant aux trois personnes de l'équipe 6, elles développent trois axes de recherche nécessitant tous des moyens expérimentaux différents qui de plus sont localisés à l'extérieur du laboratoire. Ils n'ont d'ailleurs aucune publication commune.

Les locaux ne sont pas, à l'heure actuelle, adaptés pour optimiser les échanges. Le déménagement de l'équipe ST dans un nouveau bâtiment qui doit également accueillir la structure CIMEX devrait permettre au laboratoire de s'épanouir. Il serait aussi utile de faire venir sur le site la plateforme FemtoARPES. Une salle de convivialité unique pour l'ensemble du laboratoire pourrait aussi améliorer les échanges entre équipes.

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

Lors de la visite du comité d'experts il y avait 12 doctorants au LSI, ce qui paraît un peu faible comparé aux chiffres des années antérieures. Comme pour les post-doctorants, on note une décroissance régulière depuis 2010 (de 23 en 2010 à 12 en 2014). On constate également un déséquilibre dans la répartition des doctorants puisque 8 des 12 doctorants sont dans 2 équipes.

Les doctorants apprécient l'ambiance de travail et la disponibilité de leurs encadrants. Dans la mesure des moyens disponibles, les équipes ST et TSM font participer les post-doctorants et doctorants aux conférences internationales, comme le March Meeting de l'American Physical Society, les ateliers organisés par CECAM ou le E-MRS à Boston.

Les doctorants de l'équipe ST regrettent, compte-tenu de leur localisation, de ne pas rencontrer davantage leurs collègues. Là aussi une salle de convivialité unique pour le laboratoire pourrait leur offrir plus d'opportunités de rencontre.

Tous les doctorants dépendent de l'ED 447 de l'École Polytechnique. Le suivi des étudiants semble de qualité ; sur les 34 thèses soutenues répertoriées dans le rapport il n'y a que 3 doctorants dont on ignore le devenir (2 ayant soutenu fin 2013).

Plusieurs chercheurs participent à des enseignements à l'école ou dans différentes universités (Paris-Diderot, UPMC, Evry, Orsay) en M1 et surtout en M2. Des membres du LSI participent à des cours de formation en microscopie électronique et en modélisation et simulations numériques. De plus, plusieurs membres du LSI, principalement de l'équipe ST, participent à des formations dans le cadre d'écoles en France ou en Europe.

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

Le projet du LSI repose en premier lieu sur une redistribution de certaines de ses forces en terme de ressources humaines. L'équipe « Interaction laser-solide » disparaît et fusionne avec l'équipe « Irradiation des matériaux » pour former l'équipe « Interaction rayonnement matière » (IRM), à l'exception de deux personnes qui rejoignent, l'une l'équipe « Théorie sciences des matériaux » (TSM) et l'autre l'équipe « Supraconductivité et capteurs » (SC).

Cette redistribution qui apparaît positive au niveau de la création de l'équipe IRM ne résout pas à terme le problème de l'équipe SC dont une partie de l'activité sur les supraconducteurs a été transférée dans l'équipe IRM en 2012. Le reste de l'activité sur les supraconducteurs et la magnétométrie par sonde de Hall apparaît au comité d'experts condamné à disparaître à court-moyen terme, par absence de transmission de savoir-faire. Cependant l'avenir de l'activité sur le développement de capteurs originaux par technique d'irradiation ne génère pas d'inquiétude car il repose sur de fortes synergies avec l'équipe XPhano.





En dehors de cette redistribution l'essentiel du projet consiste en une bonne gestion et une mise en valeur de l'existant. En effet, au cours des dernières années le LSI a mis en place tout un ensemble de structures et d'équipements lourds dont l'acquisition, pour certains, avait été préparée pendant le contrat quadriennal précédent. C'est ainsi que SIRIUS a été testé en avril 2011 et inauguré en novembre 2012 et que le dispositif FemtoARPES opérationnel en 2011 a produit ses premières publications en 2012. Parallèlement à ces plateformes, CIMEX a été créée au début 2010 sous l'impulsion du LSI (un des membres en assure la responsabilité). Il faut ajouter l'infrastructure ETSF dont la mise en œuvre doit beaucoup à l'équipe ST, plusieurs membres y assurant des responsabilités. Les nœuds de cette infrastructure impliquent aujourd'hui 68 chercheurs permanents de 13 pays en Europe plus les USA et les utilisateurs viennent de 34 pays dont 24 en Europe.

Si l'ETSF a maintenant un fonctionnement bien rodé il n'en est pas encore de même pour les trois autres plateformes qui n'ont pas atteint leur vitesse de croisière. Le nombre d'utilisateurs extérieurs devrait augmenter, ce qui devrait améliorer les ressources propres du LSI. Il est important que le LSI soit actif dans la consolidation de ces plateformes :

- en termes de développement qui ont été prévus dans le cadre d'EQUIPEX ;
- en termes d'implantation pour FemtoARPES (pour l'instant installé dans des locaux de SOLEIL) ;
- en termes de personnels techniques, en particulier pour FemtoARPES et pour la RPE sur SIRIUS ;
- en termes de projets scientifiques construits sur des thématiques regroupant plusieurs personnes du LSI.

Le LSI dispose avec ces ensembles de formidables atouts qui doivent fournir des opportunités de collaborations avec d'autres équipes et permettre de réunir plusieurs chercheurs, voire équipes, du LSI sur des axes de recherche bien identifiés.

Le projet présenté au comité semble aller dans ce sens avec ses quatre items : consolidation de l'existant, mutualisation, rationalisation et rentabilité ; le comité d'experts le soutient et l'encourage.

Compte tenu des forces en présence, le LSI doit choisir de diminuer son activité dans certains domaines, comme ceux centrés sur le nucléaire, pour renforcer ou faire émerger des thèmes dans lesquels il peut être un acteur majeur. Le projet met en avant de nombreux axes prometteurs pour lesquels le laboratoire peut valoriser son instrumentation et son expertise : il n'y a plus qu'à faire les choix !

Avec SIRIUS et son environnement cryogénique et de mesures « in-situ », et FemtoARPES, le LSI peut se recentrer sur le cœur de son savoir-faire : l'étude des propriétés fondamentales de l'état solide et ses diverses interactions avec les radiations (photons, électrons, ions) via des approches conjointes expérimentales et théoriques. Ses compétences rares doivent le rendre « incontournable » dans ce domaine.

Une consolidation des moyens existants sur le nouvel accélérateur SIRIUS paraît importante au comité, notamment les caractérisations en RPE qui reposaient sur un chercheur désormais retraité. L'intérêt de ces mesures pour l'étude des défauts sous irradiation a été brillamment démontré lors des études sur le noircissement des fibres optiques, et semble absolument prioritaire. Un poste d'ingénieur en spectroscopie, pouvant porter les développements de la RPE et de l'équipement du projet FemtoARPES semble pour le comité être une priorité.

D'autres priorités affichées vont dans le bon sens, à condition d'y mettre les moyens.

Par exemple, l'activité sur la photo-dégradation des fibres optiques dopées a une visibilité certaine. Il faut poursuivre et conforter cet axe de recherche autour duquel le regroupement des équipes 5 et 6 doit permettre de créer une synergie. Le projet au niveau de cette nouvelle équipe IRM nous semble à la fois construire sur les forces de l'équipe, et répondre aux faiblesses identifiées, notamment du côté des moyens et des thématiques.

La plasmonique, axe émergent de l'équipe TSM issu d'une collaboration avec des équipes de premier plan en calculs ab initio (SISSA et ICTP à Trieste), devrait constituer un axe commun avec les équipes XPNano et IRM du LSI et permettre une collaboration avec une équipe expérimentale au CEA-LITEN. Cette thématique pourrait également stimuler une collaboration avec l'équipe ST.

Certaines priorités sont la continuité des travaux en cours et constituent des points d'ancrage forts pour les années à venir. C'est le cas du développement d'une méthode très innovante de calcul des propriétés des matériaux à fortes corrélations électroniques. Cette recherche, proposée dans un ERC qui a démarré en 2013, présente clairement une rupture méthodologique par rapport à l'état de l'art dans le domaine de la physique à N-corps. Même si la prise de risque est importante, les forces nécessaires sont présentes et de grande qualité.



C'est aussi le cas de la description ab initio de la thermoélectricité dans les nanomatériaux. A la pointe de la recherche internationale, les travaux s'orientent vers la résolution des problèmes de dissipation de chaleur et de régulation thermique, et vers la recherche d'une grande puissance thermoélectrique pouvant être utilisée pour la conversion d'énergie.

Le projet semble tout à fait réaliste et doit tirer encore le laboratoire vers le haut, en stimulant et en renouvelant les collaborations entre permanents. Il y a tout ce qu'il faut, une portée, des notes de toutes sortes, un chef d'orchestre et des musiciens de talent ; il n'y a plus qu'à trouver une ligne mélodique pour que la musique soit harmonieuse.



## 4 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : Jeudi 16 janvier 2014 à 9h15  
 Fin : Vendredi 17 janvier 2014 à 16h00

### Lieu de la visite

Institution : LSI à l'École Polytechnique  
 Adresse: École Polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau cedex

### Déroulement ou programme de visite

#### COMITE D'EXPERTS AERES DU LSI PROGRAMME

*Jeudi 16 Janvier 2014 :*

9h15-10h15	Présentation du bilan par le DU (M. Soyer)
10h15 - 10 h45	Réunion du comité d'experts à huis-clos avec le DU
10h45 - 11h05	Pause
11h05- 11h55	Deux exposés scientifiques publics M. Matteo GATTI (Equipe 1), M. Pierre-Eugène COULON (Equipe 3)
12h05 - 13h20	Buffet avec l'ensemble du personnel
13h30 - 15h15	Visite du laboratoire, en 2 sous-comités (A et B) en parallèle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sous-comité A (M. ALOUANI, E. FREYSZ, B. CAPELLE): Présentation Equipe 1 puis Equipe 2</li> <li>• Sous-comité B (R. LEGRAS, JP BRISON, E. ALVES, M. HÏTCH) : Présentation puis visite Equipe3 Présentation puis visite Equipe 4</li> </ul>
15h15 - 15h45	Pause
15h45-16h35	2 exposés scientifiques publics M <sup>me</sup> Nadège OLLIER (Equipe 5) M. Luca PERFETTI (Equipe 6)
16h45-17h45	Visite du laboratoire, en 2 sous comités (A et B) en parallèle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sous-comité A (M. ALOUANI, E. FREYSZ, B. CAPELLE): Présentation Equipe 6</li> <li>• Sous-comité B (R. LEGRAS, JP BRISON, E. ALVES, M. HÏTCH) : Présentation puis visite Equipe 5</li> </ul>
17h45-18h00	Rencontre à huis clos avec le directeur de l'ED EDX
18h00 - 19h00	Rencontre à huis clos avec les tutelles
19h00 - 19h45	Réunion du comité d'experts à huis-clos



*Vendredi 17 Janvier 2014 :*

9h00-10h00	Rencontre avec le conseil de labo
10h00-10h30	Rencontre avec les doctorants et post-doctorants
10h30-11h00	Pause
11h00-11h30	Rencontre avec les ITA
11h30-12h30	Présentation du projet par le nouveau DU (K. VAN DER BEEK)
12h30-16h00	Délibération du comité d'experts à huis-clos

Points particuliers à mentionner

M. Roger LEGRAS (Unité de chimie et de Physique des hauts polymères, BSMA, Louvain-la-Neuve, Belgique) nommé expert au sein du comité d'experts n'a pas pu participer à la visite pour des raisons personnelles.



## 5 • Observations générales des tutelles



**Patrick Le Quéré**  
Directeur adjoint de l'Enseignement et de la Recherche

**Madame Nathalie Dospital**  
**Déléguée Administrative**  
**Section des unités**  
**AERES**  
**20 rue Vivienne**  
**75002 PARIS**

Objet : Evaluation AERES du LSI  
Référence : DAER /LL/14 – n° 115  
PJ : Réponse au rapport d'évaluation du LSI - E2015-EV-0911568K-S2PUR150007992-004936-RT

Palaiseau, le 19 mai 2014

Chère Madame,

Je vous prie de trouver ci-joint les remarques générales et corrections factuelles que le LSI (UMR 7642) a souhaité apporter au rapport d'évaluation qu'il a reçu.

En tant que co-tutelle du LSI, nous n'avons pas de commentaire particulier à faire, autre que vous prier de remercier en notre nom l'ensemble des membres du comité et son président pour le temps qu'ils ont consacré à cette évaluation.

En vous souhaitant bonne réception de la présente, je vous prie de croire, Chère Madame, à l'assurance de mes meilleures salutations.

**Patrick Le Quéré**  
*Directeur adjoint de l'Enseignement et de la  
Recherche*



Palaiseau, le 9 juin 2014

Re : Rapport d'évaluation de l'AERES sur l'unité **Laboratoire des Solides Irradiés**

Unité sous tutelle de l'Ecole Polytechnique, du Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS - UMR 7642)

## **Remarques et commentaires des responsables de l'unité sur le rapport**

Tout d'abord, nous souhaitons, au nom de tous les agents du Laboratoire des Solides Irradiés, qu'ils soient affiliés à l'Ecole Polytechnique, au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), ou au Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), remercier les membres du Comité d'Experts pour leur investissement, leur travail fourni, et de leur temps donné au bénéfice de l'évaluation de notre unité. Le résultat se traduit par un rapport très complet, concis, et factuel, qui sera de grande utilité comme vadémécum lors de la poursuite du renouveau du LSI, de la définition de sa stratégie, et du développement de son programme scientifique. Les agents du LSI ont particulièrement apprécié la collégialité lors de la visite du Comité d'Experts, le concret de la discussion, et la qualité des échanges.

Toutefois, le rapport appelle, de la part des agents du LSI, un certain nombre de compléments d'information sur des points particuliers, qui sont détaillés ci-dessous.

Le point principal concerne la description des activités du groupe « Spectroscopie Théorique », qui ne se résume pas uniquement au développement, dans le cadre du programme ERC « Seizing electron energies and dynamics: a seed for the future (*SEED*) », à des nouvelles méthodes pour traiter, de manière cohérente, les corrélations électroniques dans le problème à N corps (résumé de la page 6 et descriptif des paragraphes 3 et 4 de la page 8) Nous voudrions rappeler que le groupe « Spectroscopie Théorique » mène également des travaux très originaux sur la dispersion des excitons et sur les satellites plasmoniques dans les expériences de photo-émission, sur l'optique non-linéaire (où les effets primordiaux de



champs locaux et des excitons ont été pris en compte en TDDFT), et sur les nanostructures. De plus, le lien important qui est désormais fermement établi avec la recherche à SOLEIL, avec le détachement partiel d'un chercheur théoricien du LSI auprès du synchrotron montre qu'une forte dynamique a été établie entre théorie et expérience. Ces travaux, de très haute visibilité (ils ont notamment donné lieu à la publication la plus citée du LSI dans la période 2008-2013), et qui sont indépendants du programme SEED, concernent tous les chercheurs du groupe.

Sur une note plus technique, il y a une ambiguïté à la page 8, ligne 12. Est-ce que ce sont les anciennes méthodes de calcul qui sont trop gourmandes en temps, ou les nouvelles ? Le but du programme SEED n'est pas tellement la mise au point d'algorithmes permettant la réduction du temps de calcul, que la mise au point d'approches réellement nouvelles pour attaquer le problème à N corps.

A la page 17, le rapport mentionne que « *les locaux ne sont pas, à l'heure actuelle, adaptés pour optimiser les échanges. Le déménagement de l'équipe ST dans un nouveau bâtiment ...devrait permettre au laboratoire de s'épanouir* ». Ce rapprochement des équipes est effectivement une opportunité pour le LSI, qui tient à une occupation rationnelle de ce nouvel espace. Notamment, il regretterait la distribution éventuelle de l'équipe « Spectroscopie Théorique » sur plusieurs niveaux du nouveau bâtiment, disposition qui nuirait sensiblement au fonctionnement futur du groupe.

En tout et pour tout, et mis à part les quelques points abordé ci-dessus, le Rapport du Comité d'Experts reflète bien la réalité du Laboratoire des Solides Irradiés, son évolution récente, et le projet proposé, et désormais entrepris, par la nouvelle direction. Les commentaires et les recommandations du Comité sont ciblés, très pertinents, et très utiles pour les années à venir.

Fait à Palaiseau, le 9 juin 2014.

Martine SOYER

Directrice du LSI, 2008 – 2013

Kees VAN DER BEEK

Actuel Directeur du LSI





Palaiseau, le 9 juin 2014

Re : Corrections factuelles à apporter au rapport d'évaluation de l'AERES sur l'unité **Laboratoire des Solides Irradiés**

Unité sous tutelle de l'Ecole Polytechnique, du Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA),  
et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS - UMR 7642)

Monsieur,

Nous avons lu avec beaucoup d'attention le rapport d'évaluation de l'UMR 7642. Nous vous transmettons ci-dessous quelques corrections factuelles que nous vous demandons de bien vouloir apporter au rapport.

1°) Page 6 : le titre du programme SEED et le résumé de son contenu (points 1 et 3 dans la liste en bas de la page 6) sont dissociés. Il conviendrait de remplacer les 3 points :

- *l'originalité des recherches du groupe spectroscopie théorique (ST) du LSI qui repose sur l'introduction d'une méthode réellement nouvelle pour calculer les propriétés des matériaux présentant, en particulier, de fortes corrélations entre électrons ;*
- *des compétences rares dans la problématique des changements de propriétés de la matière induits par la création de défauts sous irradiation et dans celle de l'élaboration de matériaux originaux par irradiation (électrons et ions) ;*
- *le projet ERC advanced grant « Seizing Electron Energies and Dynamics: a seed for the future » ;*

par les 2 points suivants :

- *L'originalité de l'éventail de recherches menées au sein du groupe de spectroscopie théorique (ST) du LSI et, en particulier, le projet ERC advanced grant « Seizing Electron Energies and Dynamics : a seed for the future », qui*



*repose sur l'introduction d'une méthode réellement nouvelle pour calculer les propriétés des matériaux présentant, en particulier, de fortes corrélations entre électrons.*

*- des compétences rares dans la problématique des changements de propriétés de la matière induits par la création de défauts sous irradiation et dans celle de l'élaboration de matériaux originaux par irradiation (électrons et ions) ;*

2°) Page 8, fin du 4<sup>ème</sup> paragraphe, Il convient de remplacer « La communauté scientifique pourra utiliser les résultats de ces travaux dont les codes seront disponibles via des licences GPL » par « Les codes DP et EXC sont librement accessibles à la communauté scientifique ».

3°) En haut de la page 5, il faudrait remplacer

*« l'équipe de direction est formée d'une directrice et une directrice adjointe, et est assistée par le conseil d'unité »*

par

*« l'équipe de direction est formée d'une directrice et une directrice adjointe, et consulte régulièrement l'avis de conseil de laboratoire ».*

4°) Dans le paragraphe suivant, il convient de remplacer

*« ...et une équipe de support technique attachée à l'installation SIRIUS »*

par

*« ...et une équipe de support technique comprenant l'équipe SIRIUS et travaillant pour l'ensemble des équipes expérimentales du LSI ».*

En effet, l'équipe de support technique travaille non seulement pour SIRIUS, mais également pour l'ensemble des équipes expérimentales du laboratoire.

Enfin, à la page 12, 4<sup>ème</sup> paragraphe, il convient également de parler de « Conseil de Laboratoire » plutôt que de « Conseil d'Unité ». Donc, il convient de remplacer « le conseil de l'unité se réunit au moins trois fois par an... » par « le conseil de laboratoire... »

5°) Un point factuel concerne l'évolution des effectifs du Laboratoire. Notamment, le dernier paragraphe de la page 5 fait acte de 17 départs. Or, un décompte précis à l'aide du tableau de la page 14 du rapport d'activité nous renseigne qu'il



s'agit en réalité de 14 départs, et de 16 si l'on inclut le départ à la retraite de F. Beuneu en 2013, ainsi que le départ (mobilité) de M. Soyer vers l'IRAMIS (CEA – DSM). Le tableau fait également acte de 17 arrivées. Or, il convient de ne pas prendre en compte l'arrivée en mobilité de S. Boiziau, technicien déjà actif au LSI avant 2008. On a donc effectivement 16 arrivées pendant la période en question. Par ailleurs, le nombre de chercheurs et de chercheurs-enseignants entrants dans la période était de 6 (M. Gatti, D. Gorse-Pomonti, M. Kobylko, L. Perfetti, J. Sjakste, M. Soyer), tandis que le nombre de départs était de 9 (C. Baudin, T. Berthelot, F. Beuneu, S. Botti, A. Dunlop, S. Esnouf, G. Geoffroy, G. Petite, M. Soyer). Le nombre de chercheurs et de chercheurs-enseignants est donc passé de 29 à 27 au 30 juin 2013, et à 26 aujourd'hui. Le nombre sera de 25 au 1 janvier 2015. Le nombre de ITA / BIATSS est, avec 9 arrivées, et 6 départs, passé de 12 à 15. A noter qu'un nouveau départ à la retraite est prévu courant 2015.

En résumé, il faudrait remplacer

*« Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, 17 personnes, sur un total initial de 43, ont quitté le LSI (10 du CEA, 4 du CNRS et 3 de l'École Polytechnique) et 16 personnes y sont arrivées (5 du CEA, 6 du CNRS et 5 de l'École Polytechnique). Prenant en compte un départ prévu en 2014, l'unité comptera 41 permanents au 1<sup>er</sup> janvier 2015. Malgré ... pendant cette période. En revanche, on note une augmentation du nombre des IT, passée de 11 en janvier 2008 à 15 au 1<sup>er</sup> janvier 2015 (16 au 1<sup>er</sup> janvier 2014). »*

par

*« Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, 16 personnes, sur un total initial de 43 agents permanents, ont quitté le LSI (10 du CEA, 5 du CNRS et 1 de l'École Polytechnique) et 16 personnes y sont arrivées (4 du CEA, 7 du CNRS et 5 de l'École Polytechnique). Prenant en compte un départ prévu en 2014, l'unité comptera 40 permanents au 1<sup>er</sup> janvier 2015. Malgré ... pendant cette période. En revanche, on note une augmentation du nombre des IT, passée de 11 en janvier 2008 à 15 au 1<sup>er</sup> janvier 2014. »*

6°) On note qu'à la page 9, dernière ligne, la notion d' « irradiation nucléaire » n'est pas approprié. Il s'agit d' « irradiation par du rayonnement ionisant ». Il faut donc remplacer « irradiation nucléaire » par « irradiation par du rayonnement ionisant ».

7°) A la fin de la page 11, il convient de remplacer « Lise Meisner » par « Lise Meitner ». Aussi, la phrase



*Plusieurs biographies (Pierre Auger et Lise Meisner, Georges Preston et André Guinier, Marie Curie) ont été publiées ainsi que des articles sur l'histoire des sciences dans des journaux à très large audience, comme « Reflets de la physique » ou « L'Archicube» (ENS).*

étant incomplète, on suggère de la remplacer par

*Plusieurs biographies (Pierre Auger et Lise Meitner, Georges Preston et André Guinier, Marie Curie, Georges Friedel, Sir Alan Cottrell) ont été publiées ainsi que des articles sur l'histoire des sciences dans des journaux scientifiques (par exemple Met Mat Trans A et Phil. Mag.) et des journaux français à très large audience, comme « Reflets de la physique », « L'Actualité chimique » ou « L'Archicube» (ENS).*

8°) A la page 12, première ligne, il convient de remplacer « *partenaires industriels* » par « *partenariats industriels* ». De même, sur la même ligne, il faut remplacer « *au travers de la cellule valorisation de l'Ecole Polytechnique* » par « *au travers des cellules valorisation de l'Ecole Polytechnique, du CEA et du CNRS* ». En effet, ces partenariats ne se développent pas uniquement à travers la direction responsable de la valorisation à l'Ecole Polytechnique (anciennement la DRIP, actuellement le Service de la Recherche Partenariale et de la Propriété intellectuelle), mais aussi à travers celle du CEA et du CNRS. En particulier, les contrats obtenus sur le vieillissement des fibres optiques, comme ceux sur les capteurs électrochimiques, sont gérés par le CEA, tandis que le brevet d'invention développé par le groupe TSM sur une nouvelle forme de carbure de bore a été déposé par l'Ecole Polytechnique conjointement avec le CNRS.

9°) En bas de page 12, 4<sup>ème</sup> paragraphe avant la fin, il faudrait remplacer

*« et de la liaison en communication avec le CNRS, l'École Polytechnique et le CEA »*

par

*« et de la liaison avec les cellules de communications du CNRS, de l'Ecole Polytechnique et du CEA ».*

Plus loin, les phrases

*« Pour les équipes 4 et 6 il est difficile de parler de vie d'équipe et d'animation scientifique interne. En effet l'équipe 4 est depuis 2012 réduite à deux personnes qui de plus ne travaillent pas ensemble à part pour une publication commune en 2010..." »*



sont ressentis comme ne faisant pas justice au travail commun et à l'appui mutuel entre les deux membres de l'équipe 4. On propose le remplacement par

*"Pour les équipes 4 et 6 il est difficile de jauger la vie d'équipe et l'animation scientifique interne. En effet l'équipe 4 est depuis 2012 réduite à deux personnes dont le travail commun ne se reflète que par une publication commune en 2010."*

10°) A la page 13, 3<sup>ème</sup> paragraphe, la participation des doctorants aux congrès internationaux n'est pas une particularité des groupes de recherche théorique. Donc, remplacer

*« Dans la mesure des moyens disponibles, les équipes **ST et TSM** font participer les post-doctorants et doctorants aux conférences internationales, comme le March Meeting de l'American Physical Society, les ateliers organisés par CECAM ou le E-MRS à Boston »*

par

*« Dans la mesure des moyens disponibles, les équipes **du LSI** font participer les post-doctorants et doctorants aux conférences internationales, comme le March Meeting de l'American Physical Society, les ateliers organisés par CECAM ou le E-MRS à Boston ».*

En ce qui concerne le 4<sup>ème</sup> paragraphe, ce sont les doctorants en général qui ont exprimé le regret de ne pas rencontrer davantage leurs collègues, sans référence particulière concernant les doctorants de l'équipe ST travaillant au bâtiment 411. Il faut donc remplacer

*« Les doctorants de l'équipe ST regrettent, compte tenu de leur localisation, de ne pas rencontrer davantage leurs collègues »*

par

*« les doctorants du laboratoire ont exprimé le regret de ne pas rencontrer davantage leurs collègues. »*

11°) A la page 14, le travail sur la plasmonique évoqué dans le paragraphe

*« La plasmonique, axe émergent de l'équipe TSM issu d'une collaboration avec des équipes de premier plan en calculs ab initio (SISSA et ICTP à Trieste), devrait constituer un axe commun avec les équipes XPNano et IRM du LSI et permettre une collaboration avec une équipe expérimentale au CEA-LITEN. Cette thématique pourrait*



*également stimuler une collaboration avec l'équipe ST.. »*

est, pour le moment, seulement l'objet d'un éventuel axe commun avec le groupe Spectroscopie Théorique. Aussi, il n'y a pas actuellement de projet sur la plasmonique en cours avec le CEA – LITEN. On propose donc de remplacer ce paragraphe par

*« La plasmonique, axe émergent de l'équipe TSM issu d'une collaboration avec des équipes de premier plan en calculs ab initio (SISSA et ICTP à Trieste), devrait constituer un axe commun avec l'équipe ST. Cette thématique pourrait également stimuler une collaboration avec les équipes XPNano et IRM du LSI, dans le cas où une problématique expérimentale bien posée ferait appel à des développements théoriques. »*

Sur le plan de l'appréciation, la seule remarque concerne la page 4, 9<sup>ème</sup> ligne avant le bas de page, où la qualification de la séparation de l'équipe Supraconducteurs et Nanomatériaux » en deux équipes « Supraconductivité et Capteurs » et « Physique et Chimie des Nano-objets » en termes d'« éclatement » paraît inappropriée. La séparation a surtout été effectuée dans un souci de cohérence thématique.

Ainsi, on propose de remplacer le terme « éclatement » par « séparation ».

Fait à Palaiseau, le 9 juin 2014.

Martine SOYER

Directrice du LSI, 2008 – 2013

Kees VAN DER BEEK

Actuel Directeur du LSI