



**HAL**  
open science

## IMN - Institut des matériaux Jean Rouxel

### Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. IMN - Institut des matériaux Jean Rouxel. 2011, Université de Nantes, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. ⟨hceres-02034748⟩

**HAL Id: hceres-02034748**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02034748v1>**

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.



HAL Authorization



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Institut des Matériaux Jean Rouxel

sous tutelle des

établissements et organismes :

Université de Nantes

Ecole des Mines de Nantes

CNRS

Décembre 2010



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Institut des Matériaux Jean Rouxel  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Nantes

Ecole des Mines de Nantes

CNRS

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Décembre 2010



## Unité

Nom de l'unité : Institut des Matériaux Jean Rouxel

Label demandé : UNR CNRS

N° si renouvellement : UMR 6502

Nom du directeur : Guy OUVRARD

## Membres du comité d'experts

### Président :

M. Claude DELMAS, ICMCB-CNRS, France, CoCNRS

### Experts :

M. Eric ANDRIEU, ENSIACET, France, CNU

Mme Veronica BERMUDEZ, NEXCIS, France

M. Mark GEOGHEGAN, Université de Sheffield, UK

M. Christian GUIZARD, LFSC, France

M. Daniel LINCOT, IRDEP, France

Mme Annick LOISEAU, ONERA, France

M. Jean-Pierre MANAUD, ICMCB-CNRS, France

M. Bernard MOINE, LPCML, France

M. Jean-Pierre PEREIRA-RAMOS ICMPE, France

M. Yvan SEGUI, LAPLACE, France

## Représentants présents lors de la visite

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Georges HADZIOANNOU

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

M. Jean-François TASSIN, DAS CNRS-INC

M. Jacques GIRARDEAU, VP CS Université de Nantes



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée du 6 au 9 décembre 2010. Elle a commencé par une présentation générale du bilan et du projet de l'IMN faite par le Directeur, suivie de la présentation de la fédération GRIM3 qui regroupe plusieurs laboratoires nantais travaillant sur les Matériaux. Après une entrevue avec les tutelles, chacune des équipes a ensuite été auditionnée indépendamment. La durée de chaque audition variant de 1h 30 à 1h 45 selon la taille des équipes a permis au comité de se faire une idée très précise du bilan et des projets des diverses équipes. Un entretien avec les doctorants, suivi d'une audition du conseil de Laboratoire a eu lieu en fin de visite. Le représentant des ITA au sein du comité a rencontré en parallèle l'ensemble des ITA/ITARF.

Il faut noter la qualité des documents transmis, avant et pendant la visite, et des exposés qui ont permis de réaliser cet audit dans les meilleures conditions. L'organisation des journées et la prise en charge du comité ont été particulièrement appréciées par le comité.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

L'IMN est une unité mixte de recherche, entre le CNRS et l'université de Nantes, (UMR 6502) fondée en 1988 qui occupe des locaux CNRS. Les enseignants-chercheurs sont issus de la Faculté des Sciences et Techniques et de Polytech Nantes.

Cette unité, très interdisciplinaire, est constituée de chimistes et de physiciens (sections 5, 8, 10, 15 du comité national et 28, 33, 63 du CNU). Alors que dans le passé les interactions entre les deux communautés étaient faibles, la réorganisation de l'IMN qui a été menée au cours de ce quadriennal, a conduit à un véritable esprit de laboratoire et à de nombreuses collaborations inter-équipes.

Les grands thèmes concernent :

- l'énergie (batteries, piles à combustible, cellules solaires)
- les nanosciences et les nanomatériaux (optique, électronique, santé, agronomie)
- les propriétés optiques (pigments, matériaux luminescents, matériaux X-chromes)

L'activité concerne la synthèse, la mise en forme, l'étude des propriétés structurale et physique et la modélisation. Une attention particulière est portée à la modélisation.

- Equipe de Direction :

L'équipe de direction est constituée du Directeur (PU), d'un directeur adjoint (PU), soutenue par une secrétaire générale. La direction est assistée par un bureau de Direction (comprenant tous les responsables d'équipes) et par le conseil de Laboratoire statutaire.



- Effectifs de l'unité : (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	44	51
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	20	22
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	62	4
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	38	37
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	5	2
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	48	52
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	39	42

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

L'IMN est un laboratoire de pointe au niveau international sur la thématique "Matériaux". Son activité, ses compétences et ses résultats sont du meilleur niveau, que l'on considère aussi bien les recherches fondamentales que les recherches à vocation appliquée. Son implication au niveau international, national et local est très forte. La très grande majorité des sujets concerne des thématiques très compétitives que ce soit du point de vue scientifique ou sociétal. La complémentarité des recherches à dominantes physique et chimie du solide est un des points forts de cette unité grâce à la synergie ainsi créée.

Ses recherches, focalisées sur de grandes thématiques (énergie, nanosciences et nanomatériaux, optique) sont bien soutenues par l'ensemble des partenaires institutionnels et industriels.

Les moyens techniques sont très importants et utilisés d'une façon particulièrement rationnelle grâce à la nouvelle structuration mise en place.



Au cours du dernier quadriennal la direction et l'ensemble du personnel ont réussi à créer une organisation rationnelle qui a montré son efficacité.

- **Points forts et opportunités :**

- Bonne ambiance et dynamique résultant de la réorganisation réalisée lors de ce quadriennal.
- Productivité élevée dans des journaux à bon indice d'impact. Amélioration significative par rapport au quadriennal précédent.
- Bonne reconnaissance et rayonnement international.
- Forte implication dans la politique contractuelle et la valorisation.
- Implication nationale et régionale importante.
- Mise à disposition d'un plateau technique important comprenant toutes les techniques lourdes.
- Très bonne politique de formation du personnel de l'IMN et d'organisation de sessions de formation ouvertes aux membres extérieurs

- **Points à améliorer et risques :**

- Améliorer les remerciements des ITA dans les publications
- Continuer à améliorer la productivité et le niveau des revues
- Risque de dispersion des sujets et de non concrétisation des publications dues à la multiplication des opportunités des relations contractuelles
- Développer des recherches exploratoires

- **Recommandations :**

- Tenir compte de la rubrique précédente
- Continuer dans la voie tracée en trouvant un bon équilibre entre la recherche fondamentale déconnectée des applications et la recherche fondamentale à caractère sociétal.

- **Données de production :**

(cf. [http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres\\_Identification\\_Ensgts-Chercheurs.pdf](http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf))

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	73
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	2
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	100%
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	6
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	58



### 3 • Appréciations détaillées :

- Qualité scientifique et production :

- Pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats

La réorganisation réalisée au cours de ce quadriennal, qui en remodelant les équipes, en créant une véritable mutualisation des moyens en personnel technique et en matériel de base, a donné une nouvelle synergie et un dynamisme qui se traduisent directement dans la pertinence, l'originalité et la qualité des travaux scientifiques réalisés à l'IMN. La forte croissance de la production scientifique et du facteur d'impact des journaux en sont des indicateurs objectifs. La taille du Laboratoire, la présence d'un parc de matériel conséquent, qui permet de mener un très large éventail de recherches, est un élément déterminant dans les performances de cet institut.

L'originalité des recherches est aussi mise en évidence par le nombre de conférences invitées, de brevets déposés et de projets acceptés dans les divers appels d'offres nationaux et européens.

- Quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions

La production scientifique est élevée (586 publications dans des revues à comité de lecture sur une période de 4,5 ans. Ceci conduit à une moyenne de 126 publications par an, en forte hausse (20 %), par rapport au précédent quadriennal. Cette production correspond à une moyenne de 3,1 publications par ETP en considérant les chercheurs et enseignants-chercheurs, ces derniers étant comptés comme 0,5 TEP. Le facteur d'impact moyen est égal à 2,38, ce qui est bon pour cette discipline. Il faut remarquer que 18% des publications sont dans des journaux de facteur d'impact supérieur à 4. La production élevée se traduit également par une forte participation aux conférences (789 communications dont 174 conférences invitées) ; la majeure partie des conférences invitées est donnée dans des congrès internationaux de haut niveau.

La forte activité scientifique est également mise en évidence par le nombre de thèses soutenues (15 par an environ) financées en majeure partie par des moyens contractuels. 2 thèses ont été reconnues au niveau national par des prix (EADS et C'Nano).

Il faut remarquer que le taux de placement des étudiants est bon puisque sur les 58 étudiants ayant soutenu leur thèse, la majeure partie d'entre eux est en post-doc ou en activité dans le secteur privé. Parmi eux quatre étaient sans emploi au 30 juin 2010, trois ont soutenu leur thèse en 2010 et un en 2006.

- Qualité et pérennité des relations contractuelles

Les relations contractuelles jouent un rôle essentiel dans la politique scientifique de l'IMN. Elles concernent divers programmes européens, nationaux et régionaux, ainsi que des relations industrielles directes. Il faut remarquer au cours du quadriennal une forte croissance des financements ANR qui dépasse l'effet mécanique attendu pendant les premières années. Elles correspondent à environ les 2/3 du budget non consolidé (mais comprenant certains financements de thèses). Cette dynamique joue un rôle essentiel dans la politique du laboratoire puisque la majorité des thèses sont financées sur des projets contractuels. L'évolution des relations contractuelles montre que cette approche est devenue un réflexe naturel des chercheurs et enseignants-chercheurs.

- Rayonnement, attractivité, et intégration de l'unité de recherche dans son environnement :

- Nombre et renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales,

La reconnaissance scientifique de l'IMN est bien mise en évidence par les prix et distinctions obtenus par ses chercheurs. Deux prix de l'Académie des Sciences, un prix de la communauté européenne, un prix de l'"Electrochemical Society" et un prix de l'"International Battery Association" ont récompensé l'activité de quelques chercheurs ayant une très forte audience internationale.

Par ailleurs, de très nombreux chercheurs ont un rayonnement international ainsi que le montre le nombre très important de conférences invitées dans les congrès internationaux. Il faut noter de fortes fluctuations selon les groupes de la participation aux grands congrès internationaux. Il est regrettable que certains chercheurs, bien reconnus dans leur communauté ne fassent pas un effort plus important de communication.



Le rayonnement de l'IMN est également mis en évidence par le nombre important de congrès nationaux ou internationaux organisés.

- Capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers,

Le nombre important de recrutements de chercheurs et enseignant-chercheurs réalisés au cours des dernières années est une preuve de l'effet attracteur de l'IMN. Pendant ce quadriennal 42 post-docs, dont 12 étrangers, ont séjourné à l'IMN pour des durées supérieures à 3 mois. Le dynamisme de recrutement de doctorants est bon ; il a conduit à la soutenance de 58 thèses, 48 thèses étaient en cours au 30 juin 2010.

- Capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité,

L'unité a une très forte capacité à obtenir des financements externes, qui représentent une partie très importante de son budget. Elle participe à de nombreux projets régionaux et notamment à deux pôles de compétitivité régionaux (EMC2 et ID4CAR). La très forte croissance du nombre de projets ANR obtenus au cours des dernières années témoigne aussi de ce dynamisme. Si globalement, les financements externes obtenus sont très importants, les différences sont significatives selon les groupes. Il faut remarquer que certains groupes qui sont parmi les plus productifs sont ceux qui ont le moins de ressources externes. Cette remarque amène à se poser des questions de fond sur la finalité de la politique de recherche contractuelle qui dépasse le cadre de cet audit.

- Participation à des programmes internationaux ou nationaux, l'existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers,

En ce qui concerne les programmes internationaux, l'unité est fortement impliquée dans toutes les actions européennes (STREP, PHC, COST, GDR-E, Réseau Alistore ERI, ...), mais maintient des relations suivies avec de nombreux laboratoires étrangers. Il faut mentionner l'implication dans deux projets d'ANR internationaux.

- Valorisation des recherches, et les relations socio-économiques ou culturelles

Les personnels de l'IMN sont très fortement impliqués dans la valorisation de leur recherche fondamentale ainsi qu'en témoigne le nombre important de brevets déposés (22) et d'extension internationale. Cette politique de valorisation est également mise en évidence par la multiplicité des contrats industriels avec de grands groupes et des PME qui sont sources de financements significatifs et surtout de co-financements de bourses de thèses. On peut également noter la création de la start up "44Solar" dans le domaine du photovoltaïque.

Il faut aussi remarquer la très forte implication du personnel dans la communication et la promotion de la science au niveau régional. La création d'une rubrique "grand public" au sein site WEB de l'IMN est de ce point de vue particulièrement originale.

- **Stratégie, gouvernance et vie de l'unité :**

- La pertinence de l'organisation de l'unité, la qualité de la gouvernance et de la communication interne et externe,

La réorganisation réalisée lors du précédent quadriennal a été particulièrement bénéfique. La redéfinition de certaines équipes, la très forte mutualisation concernant à la fois le personnel technique et les moyens techniques de base ont été extrêmement positives et bien ressenties et acceptées par le personnel.

Elle a conduit depuis 4 ans au développement d'une transversalité scientifique qui donne de la cohérence à la politique scientifique.

Sur le plan financier, les équipes conservent une partie significative de leurs ressources propres pour gérer directement le fonctionnement, les missions et les acquisitions de petit matériel.

La politique d'équipement harmonisée par la direction et impliquant le soutien de base, les ressources propres (contrats, projets ANR) et le soutien régional permettent également une meilleure optimisation des acquisitions.

La communication en interne est bonne. La reconnaissance de l'IMN montre également que la communication externe est excellente.



Le personnel technique n'est plus directement affecté à des équipes de recherche ; cette mutualisation de l'activité est globalement bien ressentie, toutefois certains de ces personnels aimeraient voir plus souvent les remerciements apparaître dans les publications afin de mieux valoriser leur contribution.

Les questions relatives à l'Hygiène et Sécurité sont bien prises en compte avec 2 ACMOS et 2 PCR formés à ces problématiques. Une attention particulière sera portée aux problèmes relatifs aux nanomatériaux.

- La pertinence des initiatives visant à l'animation scientifique, à l'émergence, et à la prise de risques,

L'animation scientifique a lieu essentiellement sous forme de séminaires internes et de présentations des étudiants à mi-parcours de leur thèse. De nombreuses autres manifestations ont lieu à l'échelle du Campus (Fédération de Recherche sur les Matériaux GRIM3, Journées de l'Université de Nantes et de l'Ecole doctorale) auxquelles participent fortement les membres de l'unité.

La prise de risque est significative ; toutes les équipes développent des projets nouveaux et originaux.

D'un point de vue général qui dépasse le cadre de l'IMN, il est difficile de développer des sujets à hauts risques dans le contexte actuel de la recherche sur projets qui demande qu'une partie significative des recherches soit réalisée lors de la réponse à l'appel d'offre. Par ailleurs, la pression mise sur les chercheurs quant à leur production scientifique ne peut pas les inciter à prendre des risques inconsidérés. Il serait important que l'IMN, comme tous les laboratoires français spécialistes de la chimie du solide, développe une part de recherche exploratoire sur des composés et des structures nouvelles déconnectés des applications potentielles afin de découvrir les matériaux pour les applications de demain. Cette approche nécessite un investissement des chercheurs, mais aussi une volonté politique des tutelles au plus haut niveau. L'IMN est consciente de ce problème et l'aborde dans son projet.

- Implication des membres de l'unité dans les activités d'enseignement et dans la structuration de la recherche en région

Les enseignants-chercheurs de l'IMN sont très fortement impliqués dans la vie des diverses composantes de l'Université et de Polytech. Un nombre important d'entre eux a des responsabilités de filières, de département et même au plus niveau hiérarchique (doyen faculté des sciences).

L'IMN joue un rôle moteur sur la recherche sur les matériaux au niveau de la Région et est fortement impliqué dans tous les projets structurants. Il a joué un rôle clé dans le projet CPER.

Ses membres sont aussi fortement impliqués dans des projets nationaux et dans des instances d'évaluation de la recherche (CNU et Comité National).

- **Projet :**

- Existence, pertinence et faisabilité d'un projet scientifique à moyen ou long terme,

Le projet scientifique de l'IMN s'appuie sur les trois grands domaines : "énergie", "nanosciences et nanomatériaux" et "optique" auxquels va s'ajouter la thématique "matériaux de structure" résultant de l'incorporation d'une partie de l'équipe LGMPA qui était à Polytech Nantes. Simultanément l'autre partie de cette équipe rejoindra l'équipe ST2E en lui amenant les sujets relatifs aux supercondensateurs.

Cette évolution est une excellente opportunité pour l'IMN, qui en augmentant sa couverture du domaine des matériaux, va lui donner des potentialités de relations contractuelles avec des PME locales.

Les différents acteurs de ce nouveau projet ont l'habitude de travailler ensemble, ce qui accroît fortement sa faisabilité.

- Existence et pertinence d'une politique d'affectation des moyens,

La politique d'équipements est clairement définie et en parfaite adéquation avec le projet scientifique. Il faut remarquer que le projet Equipex relatif à la microscopie électronique n'ayant pas été retenu, l'IMN devra trouver des solutions financières pour acquérir à terme ces équipements qui lui sont absolument nécessaires.

En termes de moyens humains, une très bonne analyse des moyens nécessaires à la réalisation du projet a été réalisée.



La pyramide des âges des chercheurs est centrée sur une valeur moyenne voisine de 45 ans, ce qui ne posera pas de vrais problèmes de renouvellement. Des demandes raisonnables ont été présentées par les équipes de recherche et devraient être satisfaites afin de donner du "sang neuf" à certaines thématiques. Des départs dus à des prises de responsabilités importantes, ou en retraite, risquent de créer des lacunes importantes dans des disciplines de base indispensables au maintien de la culture scientifique d'un tel institut, ils devront être pourvus en priorité (cristallographie, métallurgie, couches minces, absorption des rayons X).

Le problème est plus aigu pour les personnels techniques notamment administratifs qui vont voir une partie importante d'entre eux partir en retraite à l'horizon 2015. Il faut également remarquer le sous classement chronique d'une partie des IATOS, phénomène récurrent au sein des universités. De nouveaux recrutements devront être réalisés pour développer les techniques d'élaboration et mise en forme, de plasmas, de mesures électriques et la microscopie électronique.

D'un point de vue organisationnel le problème de l'intégration du personnel de l'équipe LGMPA au sein de deux équipes, dont une nouvelle, tout en gardant des locaux à Polytech a été bien analysé. Il faudra maintenant trouver un schéma d'organisation qui permette une gestion scientifique et administrative sur deux sites relativement distants tout en créant une véritable synergie scientifique.

- **Originalité et prise de risques**

Sur le plan strictement scientifique les sujets proposés par les diverses équipes sont originaux et intéressants, la prise de risque est bien maîtrisée, elle pourrait être plus conséquente si les tutelles et les organismes financeurs de la recherche intégraient réellement cette notion dans leurs appels d'offres. Les grands choix thématiques qui visent à développer des études fondamentales sur des projets à caractère sociétaux sont bons et bien analysés.

D'une façon générale, les dangers relatifs à une trop grande diversité des sujets, comportement encouragé par la recherche sur projet, qui risquent de conduire à une certaine superficialité et le besoin de relancer des sujets exploratoires sont bien perçus et pris en compte par le personnel et la direction.



## 4 • Analyse équipe par équipe et/ou par projet

**Intitulé de l'équipe :** Conversion Et Stockage de l'Energie Solaire (CESES)

**Nom du responsable :** Luc BROHAN (bilan)

Marie Paule BESLAND (projet)

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	10	8
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	3
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	5	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	15	7
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	4

- Qualité scientifique et production :

L'équipe CESES est issue d'un regroupement effectué en 2007 entre des membres de deux équipes de l'IMN spécialisées dans le domaine des matériaux et en particulier des oxydes et une équipe de l'Université de Nantes spécialisée dans le domaine des cellules solaires en couches minces basées sur le diséléniure de cuivre de gallium et d'indium (CIGS). Ce regroupement, très pertinent, a créé la base d'une dynamique de croissance de cette thématique au sein de l'IMN, dont attestent le positionnement et les résultats atteints aujourd'hui. Les recherches de l'équipe s'articulent autour de deux axes majeurs que sont :

- L'élaboration et la caractérisation de cellules solaires en couches minces à base de CIGS.
- L'élaboration et la caractérisation de dispositifs de conversion photochimiques à base d'oxyde de titane.

L'axe CIGS est caractérisé par une qualité exceptionnelle des résultats scientifiques, qui se situent aujourd'hui au premier plan au niveau national et international en ce qui concerne les procédés d'élaboration d'évaporation sous vide. Tout d'abord, l'équipe a su se hisser dans le top 10 des équipes ayant atteint les performances les plus élevées avec un rendement de 18 %, avec les technologies de l'état de l'art, ce qui représentait une étape de bench marking essentielle. En parallèle, elle a su mettre en œuvre des axes de recherches originaux concernant les procédés d'élaboration, en particulier des protocoles de croissance permettant des vitesses de dépôt plus rapides à basse température, la croissance de matériaux à grande bande interdite, la chimie interfaciale sans cadmium et enfin les propriétés fondamentales des matériaux avec de très belles études de cristallographie des écarts à la stoechiométrie dans le CIGS. Ces travaux font actuellement référence dans le domaine comme le montrent les publications, les participations aux congrès clés du domaine et l'importance des collaborations nationales et internationales.



L'axe oxyde de titane est caractérisé par une prise de risque très importante en termes d'objectifs en situant d'emblée ces travaux dans le cadre des nouveaux concepts photovoltaïques à très hauts rendements (> 40 %), dits de troisième génération, et des dispositifs associant à la fois la génération d'électricité et son stockage. Les travaux phares ont porté sur un concept de photobatterie basé sur des nanostructures d'oxyde de titane, jouant à la fois le rôle d'absorbeur des photons grâce à leurs propriétés semiconductrices de base et d'éléments de stockage par changement de degré d'oxydation du titane. Cette dernière propriété étant également vue comme la création d'une bande intermédiaire. Cette démarche, même si elle reste encore embryonnaire sur le plan des performances, s'accompagne d'avancées sur le plan de la synthèse et de l'étude des propriétés des matériaux, en particulier des nanomatériaux oxydes et de leur comportement photochimique.

L'ensemble des travaux de l'équipe a conduit à la publication de 87 articles dans des revues à comité de lecture, dont 34 % ont un facteur d'impact supérieur à 3 (~ 3 ACL/ETP/an). On peut noter que 26 % d'entre elles associent d'autres équipes de l'IMN. 28 actes de congrès ont été publiés. Ces travaux ont donné lieu à 15 thèses et 5 post-doctorats, concernant 30% d'étrangers.

- **Rayonnement, attractivité, et intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

L'équipe est encore peu présente aux manifestations internationales et nationales de référence dans certains domaines de son activité, où le nombre de conférences invitées dans les congrès internationaux est globalement relativement faible. Dans le domaine de l'activité CIGS la qualité des travaux réalisés devrait permettre une amélioration de ces aspects..

Avec 15 thèses (7 en cours, 8 soutenues), 5 post-doctorats dont 30 % d'étrangers, l'équipe a fait preuve d'une très bonne capacité à recruter des chercheurs. Elle s'est investie fortement dans les activités de formation au niveau de l'université. Elle participe à 7 projets académiques dont 5 ANR (3 coordonnées par l'équipe), 1 ACI également coordonnée par l'équipe, et vient d'obtenir un projet Curien coordonné par l'équipe. Son insertion et son rôle moteur dans les collaborations académiques nationales est donc tout à fait bon. Elle collabore avec près de 11 laboratoires en France du domaine photovoltaïque. Elle participe activement au pôle régional "PERLE", avec un soutien se traduisant par des bourses de doctorat et de post-doctorat.

Sur le plan international l'équipe participe à plusieurs missions d'expertise. Elle a également des contacts collaboratifs forts avec de grands laboratoires, en particulier dans le domaine du CIGS, tels que l'Angstrom Solar Center (Université d'Uppsala en Suède), le centre Helmholtz de Berlin (HZB) et des laboratoires américains.

Sur le plan de la valorisation des recherches, les travaux ont conduit à 2 brevets (et leurs extensions) et 3 demandes. L'équipe développe des partenariats industriels forts, avec Total, Vaillant-Duval, St Gobain Recherche, MHS, 44 Solar. On peut souligner une réalisation remarquable avec la création de la Spin Off 44 Solar autour de l'élaboration de cellules solaires en couches minces à base de CIGS par les méthodes d'évaporation sous vide. Cette société occupe une place tout à fait originale dans le domaine et fait preuve d'un grand dynamisme. Compte tenu du développement industriel fulgurant que connaît actuellement le photovoltaïque, et en particulier la technologie CIGS, la création de 44 Solar peut être considérée comme une initiative remarquable.

- **Projet :**

Le projet de l'équipe est tout d'abord marqué par une évolution au niveau de ses contours, le point le plus marquant étant l'arrivée de la directrice comme nouveau responsable de l'équipe, en provenance de l'équipe Plasma Couches Minces, et deux départs. Le domaine de spécialité de Marie Paule Besland autour de l'élaboration de couches minces par voie plasma permettra une consolidation importante des travaux de l'équipe dans ce domaine et de fait une accentuation des relations avec l'équipe PCM.

L'objectif de l'équipe sera de poursuivre le rapprochement entre les deux thématiques de fond que sont les cellules solaires en couches minces à base de CIGS et les dispositifs nanostructurés à base d'oxyde de titane, autour de l'idée de développer une ingénierie des matériaux à fonctionnalité spécifique s'appuyant sur les compétences de l'équipe et au-delà de l'IMN. Dans le domaine du CIGS, le projet visera à l'optimisation et la compréhension du procédé d'élaboration du CIGS par coévaporation, en mettant l'accent sur les croissances rapides à basse température. Cet objectif répond bien aux défis actuels de la filière sur le plan industriel mais aussi à des problématiques tout à fait pertinentes sur le plan fondamental. Ces études permettront de consolider la dynamique déjà engagée au cours du contrat précédent et d'en tirer les bénéfices. L'étude des couches tampon sans cadmium est ainsi dans la continuité des travaux précédents et tout à fait pertinente à la fois sur le plan technologique et sur le plan scientifique. Les études en rupture se situent au niveau de l'introduction des nanostructures dans le domaine des



cellules au CIGS, qu'il s'agisse de couches plus fines utilisant la plasmonique, ou de nanostructures de type « bandes intermédiaires » permettant d'aller vers les plus hauts rendements. Ces projets, comportant une grande prise de risque, sont tout à fait pertinents et font l'objet d'une attention croissante de la communauté internationale. La perspective de rapprochement avec l'IRDEP sur ces sujets est à encourager. On retrouve la dynamique vers les nanostructures avec le projet de nanostructuration des oxydes de titane. L'ambition du projet d'aller vers un meilleur contrôle de l'organisation avec en particulier la synthèse de nanofils et d'approfondir les concepts de cellule à bande intermédiaire basées sur ces structures et de photobatterie. On peut cependant apporter quelques réserves concernant la revendication de la mise au point d'une structure à bande intermédiaire à très haut rendement avec cette approche dans la mesure où cet objectif est encore loin d'être réalisé avec des matériaux éprouvés de grande qualité. Le projet comporte également des programmes transversaux concernant les couches de contact pour électrodes nécessaires dans toutes les configurations photovoltaïques. Cette transversalité s'étend judicieusement à l'équipe PCM. L'autre projet transversal concerne l'étude et le contrôle des interfaces, qui est absolument essentiel au progrès des connaissances et des performances. Il intègre également d'autres équipes de l'IMN. Il faudrait également intégrer la question de la cristallographie des matériaux de type CIGS dans les axes transversaux IMN.

Ces projets sont accompagnés par une politique bien adaptée d'affectation des moyens.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe, créée récemment, a su développer des recherches de premier plan dans le domaine de l'énergie solaire, en particulier dans le domaine du photovoltaïque à base de couches minces de semiconducteurs chalcogénures (CIGS). Les développements dans ce domaine sont excellents, à la fois sur le plan fondamental et sur le plan des applications industrielles. De nouveaux concepts de cellules ou de photobatteries à base d'oxyde de titane nanostructuré ont été étudiés, avec des avancées sur le plan de la synthèse des matériaux et de l'étude des mécanismes fondamentaux mis en œuvre dans ces dispositifs.

L'activité de l'équipe est excellente dans sa globalité.

- Points forts et opportunités :

- Grande maîtrise des technologies d'élaboration des cellules CIGS
- Grande maîtrise des matériaux et des propriétés d'interface
- Potentiel exceptionnel d'interaction entre les différentes compétences de l'IMN
- Grandes opportunités sur le plan de l'innovation industrielle dans le domaine du photovoltaïque CIGS
- Grande capacité à initier ou s'intégrer des collaborations avec des partenaires aussi bien académiques qu'industriels
- Le photovoltaïque est en plein essor, avec une forte composante de progression par l'innovation. Cela crée des opportunités exceptionnelles qu'il faudra pouvoir saisir dans les années à venir. La création de la start up 44 Solar est exemplaire de ce point de vue.

- Points à améliorer et risques :

- Favoriser les interactions au sein de l'équipe et avec les autres équipes de l'IMN dans un axe « photovoltaïque » horizontal de façon à pouvoir bénéficier et faire fructifier le potentiel exceptionnel, expérimental et théorique, de l'IMN en matière de matériaux, en particulier oxydes et chalcogénures.
- Eviter l'isolement et le repli sur soi
- Nouer des relations fortes avec d'autres acteurs du photovoltaïque, en France en particulier, de façon à éviter la sous-criticité potentielle de l'équipe dans un environnement international marqué par le renforcement des équipes et la création de grands centres spécialisés.
- Améliorer la présence internationale sur la base d'une politique de publications encore renforcée et d'une participation aux conférences internationales.



– Recommandations :

- Poursuivre l'intégration de l'équipe dans l'IMN en faisant fructifier les compétences complémentaires susceptibles d'accroître l'impact des recherches dans le domaine du photovoltaïque.
- Renforcer les collaborations au niveau national et international dans le domaine du photovoltaïque.
- Faire un effort de rayonnement international.
- Eviter la dispersion en s'appuyant sur les points forts les plus prometteurs au fur et à mesure de la mise en œuvre du projet.

**Intitulé de l'équipe :** Physique des Matériaux et Nanostructures (PMN)

**Nom du responsable :** Jean-Luc DUVAIL

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	14	13
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	4	4
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	18	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	15	12
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	12	12

- **Qualité scientifique et production :**

Les recherches de l'équipe sont structurées selon 3 thématiques : 1) les nanostructures et les nanocomposites, 2) l'interface physique - matériaux - biologie, 3) matériaux complexes à propriétés électroniques non conventionnelles. Les nanotubes de carbone sont au cœur des deux premières thématiques, et plus particulièrement leurs interactions avec leur environnement, qu'il s'agisse de molécules gazeuses ou fonctionnalisantes, d'une radiation, d'une surface métallique ou d'un matériau polymère. L'équipe, qui a été une des équipes pionnières dans le domaine des nanotubes, développe des études toujours très novatrices de spectroscopie Raman avec la mise en évidence d'un effet CARS et la compréhension du couplage Raman et de la résonance plasmon, de modélisations DFT des effets d'environnement sur la structure des tubes en liaison directe avec des préoccupations expérimentales, du transport thermique dans des systèmes composites et d'élaboration de composites fonctionnels à base de biopolymères pour des applications capteurs. Sur le quadriennal, la thématique 2, qui était émergente, il y a 4 ans, s'est considérablement renforcée et diversifiée. Outre les études déjà mentionnées utilisant les nanotubes, elle concerne la recherche de l'amélioration de la stabilité des dispositifs organiques pour OLED et l'utilisation des ionogels pour l'ingénierie tissulaire avec des résultats très prometteurs. Enfin, la thématique 3 est nouvelle pour l'équipe et a pu se



développer grâce à l'arrivée de deux chercheurs. Elle consiste à étudier les propriétés électroniques de composés fortement corrélés, proches de la transition métal - isolant, de type AM4X8 qui présentent une transition résistive. Depuis sa découverte en 2003, cette transition donne lieu à des recherches en croissance exponentielle au niveau international. Grâce à sa maîtrise de l'élaboration de ces composés, l'équipe a su se positionner dans ce contexte et obtenir des résultats très originaux à la pointe des recherches.

L'ensemble de ces recherches a donné lieu à 250 publications dont près de 200 dans des revues à comité de lecture (ACL), ce qui représente une moyenne de 4,7 ACL/an/ETP, soit une des plus fortes du laboratoire. A ces chiffres, il faut ajouter près de 10 contributions à des ouvrages et 15 soutenances de thèse. Ces travaux sont fortement reconnus au niveau international comme en témoigne le nombre très élevé (plus de 80) d'invitations dans des conférences internationales. Ramené en ETP de l'équipe, ce nombre est de très loin le plus élevé du laboratoire. Si on lui ajoute le nombre de communications (plus de 180), on voit que ces indicateurs témoignent d'un très grand dynamisme de l'équipe à communiquer et interagir avec une communauté scientifique très compétitive, qu'il s'agisse des nanotubes ou des composés à électrons fortement corrélés. Il faut en particulier souligner l'effort remarquable consenti par les enseignants-chercheurs pour communiquer dans des conférences internationales et nationales.

Ce dynamisme se retrouve également dans sa capacité à nouer des relations contractuelles et à les animer dans la durée. L'équipe a ainsi obtenu une vingtaine de contrats, au niveau régional, national, européen et international. Elle est d'ailleurs l'équipe qui va le plus à l'international en établissant des actions sur la durée comme des projets bilatéraux, et des co-tutelles de thèse. Elle ne néglige pas pour autant les relations inter-équipes à l'IMN et une fraction de ses travaux a donné lieu à des publications inter-équipes, contribuant notamment à essaimer les nanotubes au sein de l'IMN.

- **Rayonnement, attractivité et intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Deux prix internationaux ont été octroyés à l'équipe sur le quadriennal. Comme il a déjà été mentionné plus haut, ses travaux lui ont valu un nombre très élevé d'invitations à des conférences internationales, soit près de 2 par ETP/an ainsi que près de 50 séminaires sur invitation. Ses membres sont également sollicités régulièrement pour l'organisation ou l'élaboration du programme scientifique de manifestations scientifiques nationales ou internationales de grande envergure comme la conférence NT08 à Montpellier en 2008. Avec 35 interventions de cette nature sur 4 ans, on peut même dire que l'équipe a développé sur la durée 'un label' qui est très apprécié.

La composition de l'équipe a fortement évolué pendant ce quadriennal avec le départ de 3 chercheurs et l'arrivée de 4 autres. Sa stratégie lui a permis de renforcer et dépasser une taille critique pour chaque thématique. Elle a en particulier su attirer des enseignants-chercheurs de haut niveau qui vont permettre la montée en puissance de la thématique la plus émergente qui est celle de l'interface physique-bio et le renforcement des études spectroscopiques. Elle a accueilli sur le quadriennal 44 chercheurs non permanents - doctorants, post-docs, chercheurs invités -. Elle doit ce bilan à sa forte implication et aux responsabilités lourdes qu'elle assure dans les structures de formation et d'enseignement et à sa remarquable capacité à monter des projets et animer des relations contractuelles qui lui assurent un excellent niveau de financement externe.

Côté formation, elle est en effet site d'accueil pour 3 écoles doctorales, responsable des études de Polytech'Nantes, coresponsable de plusieurs Masters, et en particulier d'un Master régional qu'elle a créé. Côté actions contractuelles, elle est impliquée, au niveau régional, dans les actions de la fédération de recherche et est porteur notamment du réseau 'Nanofonc' dans le domaine des nanomatériaux fonctionnels. Au niveau national, elle est membre de 6 GDR et partenaire de 12 projets ANR. Enfin au niveau européen et international, elle est membre d'un GDR international dont elle assure la communication, codirige un réseau COST et est partenaire de 6 contrats européens et d'actions bilatérales lourdes avec l'Asie (ANR internationale, cotutelle de thèse...). Ces indicateurs témoignent d'une très grande capacité de l'équipe à travailler en réseaux à tous les niveaux et à animer des coopérations de recherche.

Son bilan en termes de valorisation est également excellent avec 8 dépôts de brevets et plusieurs thèses menées conjointement avec un industriel.

Enfin l'équipe s'investit avec un talent tout particulier dans les actions de communication, telles que : journées portes ouvertes, fêtes de la science, expositions scientifiques. Elle a à son actif la réalisation d'une vidéo, la création d'un site web grand public et la publication de nombreux articles dans la presse.



- **Projet :**

Le projet est remarquablement structuré et cohérent. Il tire on ne peut mieux parti des savoir-faire et des compétences réunies dans l'équipe. Il est logiquement articulé sur les trois thématiques décrites dans le bilan selon un ensemble ambitieux de projets sur des sujets très compétitifs. La forte interconnection entre ces projets et la structure de travail en réseaux de l'équipe assurent la cohérence de l'ensemble et sa faisabilité en évitant la dispersion. Les axes de recherche sont tous d'une très grande actualité, qu'il s'agisse des activités prévues autour des nanotubes de carbone et nanofils et leur multi-fonctionnalisation, des ionogels, des nanostructures hybrides et nanocomposites à l'interface bio et des nouveaux composés fortement corrélés. Le développement de l'activité à l'interface physique-bio représente toujours un challenge pour l'équipe mais s'appuie sur un réseau solide de relations contractuelles. Les développements des outils de mesure autour de la spectroscopie vibrationnelle, l'optique, l'adhésion et le frottement mécanique à l'échelle moléculaire et de la modélisation proposent des approches nouvelles fort pertinentes et à fort potentiel. Il y a dans ce programme de recherche un très grand équilibre entre les prises de risques, liées à la compétitivité des sujets et à l'originalité des approches envisagées, et les moyens qui doivent être mis en œuvre. Le renouvellement prévu de certains équipements est de ce point de vue un enjeu primordial pour les recherches de l'équipe dans le prochain quadriennal.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'avis est excellent. L'équipe mène, avec un dynamisme remarquable, des recherches très originales et fortement reconnues au niveau international. La qualité de l'animation, qui sait à la fois mettre en valeur les talents et les travaux qui sont menés, et les structurer, crée une dynamique et une vitalité très créatrices.

- **Points forts et opportunités :**

- Dynamisme, cohésion, vitalité de l'équipe
- Capacité à travailler en réseaux à tous les niveaux, à susciter et animer des coopérations et à monter des projets.
- Attractivité pour les docs, post-docs et chercheurs
- Qualité de l'animation
- Production scientifique, investissement des membres de l'équipe pour les communications à l'international
- Reconnaissance internationale des recherches
- Pertinence et cohésion des orientations des recherches en fonction des compétences de l'équipe
- La valorisation des compétences de l'équipe dans le développement de la thématique physique-bio.
- Renouvellement prévu des équipements de spectroscopie Raman, magnétométrie
- Evolution des relations inter-régionales avec le projet labex "Command" et la plateforme d'innovation "nanomatériaux-nanotechnologies" qui, étant d'une importance primordiale pour les recherches de l'équipe, devrait pouvoir y jouer un rôle de premier plan.

- **Points à améliorer et risques :**

Trois départs à la retraite de chercheurs et enseignants chercheurs sont prévus sur le quadriennal, qui, en cas de non renouvellement, mettront en situation critique la force d'intervention sur certains sujets.

- Le quadriennal, qui s'achève, a vu la mise en place généralisée d'une recherche financée par projets. Cette dynamique peut être une incitation à la dispersion ce qui peut être un facteur de risque et de mise à mal de la cohérence actuelle des activités.



### – Recommandations :

- La proposition de l'équipe de recruter des jeunes chercheurs (ou enseignants-chercheurs), en renouvellement du flux prévisionnel sortant de façon à consolider l'activité sur les propriétés électroniques des matériaux fortement corrélés, la nanostructuration des matériaux polymères et les propriétés optiques des nanostructures semble très pertinente et est encouragée par le comité.
- Selon le comité, le statut de l'animateur de l'équipe devrait évoluer rapidement pour être en phase avec ses responsabilités et l'amplitude du travail mené.
- Au niveau de l'animation, une attention tout particulière devra être portée à la prévention de la dispersion des activités contractuelles et au positionnement de l'équipe dans les projets inter-régionaux actuels.
- Le comité incite l'équipe à renforcer ses relations avec l'équipe PCM, sur la synthèse de nanotubes contrôlés et le graphène.

**Intitulé de l'équipe :** Plasma et Couches Minces (PCM)

**Nom du responsable :** Agnès GRANIER

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	12	10
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	2
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	11	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	27	10
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	11	9

- Qualité scientifique et production :

L'équipe PCM développe des travaux dans les domaines de la gravure par procédés plasma et des dépôts de couches minces par PECVD, PVD ou un couplage des deux. Cela conduit à des procédés d'élaboration de matériaux originaux soit du fait de leur morphologie (tapis de NTC par exemple) soit du fait de leur structure et composition (nano composites carbone/métal par exemple). Elle s'appuie pour ce faire sur un ensemble de dispositifs expérimentaux de grande qualité (même si le projet précise les prévisions d'acquisition d'équipements supplémentaires) et sur le remarquable parc d'outils de caractérisation de l'IMN (qui est un véritable plus dont peu d'équipes peuvent se prévaloir). Elle développe une approche modélisation venant aider à l'interprétation des résultats expérimentaux et ayant, malgré la complexité des mécanismes impliqués, une volonté de prédiction afin d'optimiser la démarche classique d'une étude paramétrique ou de type essai/erreur.



Il est important de souligner le positionnement de cette équipe dans le contexte national et européen. Dans la plupart des équipes travaillant dans ce champ disciplinaire, on trouve des chercheurs des matériaux qui utilisent les plasmas ou à contrario des plasmiciens qui, pour diverses raisons, synthétisent des matériaux. Dans le premier cas, les chercheurs ont des vues très pointues et pertinentes sur la structure et les propriétés des couches minces et une approche relativement pauvre concernant les corrélations que l'on peut en tirer avec les caractéristiques et les propriétés du plasma qui a servi à les fabriquer. Dans le deuxième cas, c'est exactement l'inverse. L'équipe PCM a développé cette double compétence, spécificité partagée avec très peu de groupes en France (2 ou 3).

Il y a quelques années cette équipe était essentiellement connue par ses travaux concernant la gravure par plasma. On observe maintenant un bon équilibre entre l'impact et l'originalité des activités liées à la gravure et celles liées au dépôt et, dans ces dernières on observe la montée en puissance des procédés PVD et HIPIMS. L'ensemble paraît maintenant beaucoup plus équilibré et il faut d'une part féliciter l'équipe de cette évolution et d'autre part veiller au maintien de cet équilibre.

Avec trois chercheurs CNRS et 12 enseignants chercheurs, l'équipe PCM a produit 93 ACL (~ 3 ACL/ETP/an), 51 communications dans des conférences internationales avec actes et 17 thèses soutenues dans la période. Ce taux de production est dans la norme de ce que l'on peut attendre dans ce domaine d'activité scientifique dans lequel des expériences relativement lourdes et nécessitant une maintenance à haut niveau de technicité consomment un temps et une énergie qui limitent la production. Le comité a cependant le sentiment qu'une marge de progrès est possible et encourage l'équipe à en tirer partie.

Les relations contractuelles se concrétisent essentiellement au travers d'ANR mais on peut également appréhender leur volume au travers des 7 thèses CIFRE et des 2BDI-CNRS/Entreprises qui garantissent que le partenariat n'est pas une sous-traitance pour le milieu industriel. A remarquer également la pérennité de certaines de ces relations industrielles avec notamment ST-Microelectronics. On peut regretter que l'ERT portée par 5 chercheurs de cette équipe se soit terminée à cause du retrait de MHS-Electronics. Cependant sur le seul point de vue technologique le contrat avait été rempli. Le comité déplorerait que cet effort reste sans lendemain car une piste originale avait été défrichée pour réaliser l'interconnexion intermétallique et l'intégration de résistance et de capacités à haute permittivité. L'équipe est encouragée à rester en alerte sur les possibilités de monter de nouveaux partenariats.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

L'équipe PCM est parfaitement intégrée dans le tissu académique national. On soulignera par exemple la direction du réseau national « plasma froids » pendant 4 ans, des responsabilités de thèmes dans des GDR, une plateforme ouverte à la communauté nationale (OPTIMIST). L'organisation de congrès ou conférences nationales ou européennes a également contribué à accroître la visibilité de l'équipe.

Le niveau européen est également assez bien fourni avec le programme COST sur les « Highly Ionized Pulsed Plasma Processes » dont le représentant Français est dans cette équipe.

La participation à la vie scientifique régionale est également très dense et il semble même que l'on soit là à la limite de ce qu'il est possible sans mettre en danger le potentiel que cette équipe doit consacrer à faire avancer ses programmes de recherche.

Pour le comité, deux points pourraient être améliorés au cours du prochain quadriennal :

- La visibilité internationale de l'équipe est très centrée sur deux ou trois de ses membres. On devrait assoir cette visibilité sur un socle plus large. Le comité ne sous-estime pas les contraintes qui pèsent sur les enseignants-chercheurs mais un effort est malgré tout nécessaire. Une participation plus large accroîtrait à terme le nombre de conférences invitées qui dans le bilan actuel pourrait être amélioré pour la partie concernant les grandes conférences internationales du domaine.
- Le deuxième point est sans doute la conséquence du premier : cette équipe possédant des équipements de premier ordre (et qui vont encore s'améliorer dans le prochain quadriennal) et une compétence bien établie, devrait attirer plus de jeunes post-docs venant de laboratoires étrangers. Cela aurait la vertu d'amener un regard nouveau, de favoriser l'établissement de relations scientifiques avec ces laboratoires et d'élargir le vivier de recrutement.



- **Projet :**

Certaines caractéristiques du projet présenté sont très attractives :

Les sujets qui vont être traités s'appuient fortement sur les compétences de base de l'équipe tout en induisant des évolutions notables. En ce sens le comité n'a pas eu l'impression de dispersion thématique même s'il attire l'attention sur le nombre de sujets traités mis en regard des forces en termes de personnel de l'équipe.

La poursuite de l'effort en termes d'équipements de très haute qualité est appréciée par le comité.

En termes d'affectation des moyens, le comité a bien noté que la mutualisation des outils de diagnostic était déjà effective et serait poursuivie. Ceci est une traduction de l'impression de cohésion qui a été fortement ressentie par le comité. Sans méconnaître toutes les difficultés à maintenir au quotidien cette politique de mutualisation, le comité encourage l'équipe à poursuivre dans cette voie qui est la seule dans ce champ de recherche permettant une activité expérimentale de niveau international.

Le comité approuve la décision stratégique de se concentrer sur les procédés plasmas basse pression malgré l'attractivité des procédés à haute pression qui sont par ailleurs bien couverts et pour lesquels l'équipe aurait du mal à se forger une identité. Ce positionnement n'exclut d'ailleurs pas des collaborations avec d'autres équipes plus ancrées dans les procédés haute pression pour des avancées sur la compréhension des mécanismes de dépôt.

Concernant l'avenir en termes de personnel, le comité attire l'attention sur l'activité « modélisation ». L'approche développée est assez différente de la modélisation des plasmas au sens classique du terme puisqu'on retrouve ici aussi le positionnement à l'interface entre plasma et matériau. Ce positionnement est assez singulier dans le paysage national. Cette activité ne repose aujourd'hui que sur un seul chercheur permanent qui a en sus des charges d'enseignement. Il serait sans doute bon que l'équipe renforce ce secteur au cours de la prochaine mandature.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'avis est excellent. PCM est une équipe dynamique avec des sujets importants. Beaucoup d'actions en collaboration avec les autres groupes de l'IMN se sont concrétisées au cours de ces dernières années. La visibilité des travaux menés dans cette équipe ne fait aucun doute au niveau national et international.

- **Points forts et opportunités :**

- Positionnement scientifique
- Bon rééquilibrage au fil des années entre les activités gravure et les activités dépôt
- Diversité et qualité des dispositifs expérimentaux
- Couplage expérimentation modélisation
- Equipe jeune et dynamique dont les doctorants trouvent des débouchés en termes d'emploi
- Une action sur des projets collaboratifs intra IMN.

- **Points à améliorer et risques :**

- Une marge de progrès existe en termes de production scientifique.
- Présence plus affirmée et étendue à un socle plus large de l'équipe dans les grandes conférences internationales du domaine
- Attractivité pour les doctorants, post doctorants et jeunes chercheurs et enseignants chercheurs.



– Recommandations :

- Malgré les difficultés pour les enseignants chercheurs à se libérer pour le volet recherche, faire un effort de participation active aux grandes conférences du domaine qui est la première étape vers les conférences invitées.
- Etre acteur proactif d'actions transverses intra IMN.
- Veiller à l'équilibre des forces entre la partie expérimentale et la partie modélisation.

**Intitulé de l'équipe :** Stockage et Transformation Electrochimiques de l'Energie (ST2E)

**Nom du responsable :** Dominique GUYOMARD

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	6	10
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	8	8
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	24	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	13	10
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	7	8

- Qualité scientifique et production :

L'équipe ST2E a été créée en 2006 sur le thème fédérateur du "Stockage et Transformation Electrochimiques de l'Energie", à partir des compétences existantes dans l'IMN sur les batteries au lithium et les piles à combustible de type SOFC. La cohérence de cette équipe repose sur des problématiques communes telles que les électrodes composites, l'étude des matériaux aux interfaces ou la caractérisation des réactions électrochimiques. Elle se justifie aussi par des approches complémentaires dans le domaine des matériaux pour l'énergie pour lesquels les applications dans les batteries et les piles à combustible font appel à des propriétés fonctionnelles différentes. Des choix ont été effectués et des orientations ont été décidées qui ont permis de renouveler certaines thématiques de recherche et de placer l'équipe au meilleur niveau international. Des compétences spécifiques ont ainsi été développées par les chercheurs dans quatre domaines principaux : la physico-chimie et la cristalochimie des oxydes, la formulation des matériaux et leur méthode de préparation, l'évaluation à l'échelle du laboratoire des performances des différents dispositifs de stockage ou de génération d'énergie, les calculs et les simulations en relation avec les spectroscopies utilisées pour la caractérisation des matériaux.



Des percées incontestables ont été effectuées par l'équipe ST2E dans les domaines de la formulation, de la mise en forme et des performances des matériaux. Concernant les batteries, un repositionnement a été effectué avec succès sur les systèmes Li-ion et sur la caractérisation des interfaces. L'utilisation de techniques spectroscopiques couplées à des calculs et à de la modélisation a permis de simuler la microstructure la mieux adaptée au fonctionnement des électrodes dans une batterie. Ces résultats sont venus appuyer la formulation d'encres céramiques d'électrodes destinées à reproduire ces microstructures à l'échelle de dispositifs de laboratoire. Des approches très innovantes ont également été initiées sur les batteries Li-ion tout solide à liquide ionique nano-confiné (collaboration interne avec l'équipe PMN). Dans le domaine des piles à combustible les aspects les plus innovants concernent la découverte et l'étude de nouveaux matériaux d'électrolyte et d'électrode ainsi que la réalisation de cellules complètes à l'échelle du laboratoire. Ainsi les matériaux à base de titanates de baryum dopés à l'indium constituent une contribution nouvelle et originale par rapport à l'état de l'art sur les piles SOFC.

L'ensemble de ces recherches a donné lieu à une production écrite de qualité : 89 publications soit 2,4 ACL/an/ETP avec un facteur d'impact moyen de 3,1. L'aspect valorisation est important avec 12 brevets déposés. Le nombre de conférences invitées, 54 dont la plupart dans des congrès représentatifs de la discipline au niveau mondial, atteste d'une très forte reconnaissance internationale de l'équipe. D'autre part, les relations contractuelles constituent incontestablement un des points forts de cette équipe. Elles se répartissent de façon équilibrée entre des relations académiques au niveau national, la participation à deux réseaux européens EFFIPRO et ALISTORE-ERI, ainsi que des relations académiques pérennes au niveau international, notamment avec des centres de recherche en Amériques du Nord et du Sud, en Inde et au Japon.

- **Rayonnement, attractivité, et intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Depuis sa création l'équipe ST2E, avec 8 chercheurs CNRS et 6 enseignants-chercheurs, s'est positionnée au meilleur niveau national et international dans ses domaines de compétence. La forte proportion de chercheurs CNRS constitue un atout certain dans la structuration et l'avancée des recherches. Ce potentiel a été maintenu sur le quadriennal avec le recrutement d'un MCF et de deux CR CNRS. L'effort sur la formation par la recherche est également très significatif avec 10 thèses soutenues et 13 en cours. On notera enfin le grand nombre de post-docs accueillis, 25 au total. Les membres de l'équipe sont impliqués et exercent de nombreuses responsabilités au niveau national et international. L'attribution de plusieurs prix scientifiques (l'IBA award en 2007, un prix de l'académie des Sciences en 2008, le Research award of the ECS Battery Division en 2010) témoignent de la vitalité de l'équipe ainsi que de la qualité et de la pertinence des thèmes de recherche traités.

L'équipe ST2E fait preuve d'une très grande capacité à obtenir des financements externes. Elle est de loin la plus grande contributrice aux moyens mutualisés de l'IMN avec 10 contrats ANR, 16 contrats industriels et 1 contrat européen. Cela démontre d'une part qu'elle est devenue un partenaire incontournable dans les projets nationaux sur les batteries ou les piles SOFC, d'autre part que ses recherches intéressent fortement le monde économique. L'aspect valorisation est concrétisé par le dépôt de 12 brevets. Dans l'ensemble on constate un fort engagement des chercheurs en valorisation depuis le niveau régional jusqu'au niveau international. La contrepartie de cette forte sollicitation est le risque de dispersion de son potentiel "chercheurs" aux dépens de l'excellence des recherches et de la production, pourtant indispensable à un maintien au meilleur niveau scientifique international.

- **Projet :**

Dans son projet, l'équipe ST2E se place dans une dynamique de croissance de ses activités de recherche et d'augmentation de ses domaines de compétence. La fusion entre l'IMN et une partie du LGPMA lui donne l'opportunité d'inclure un nouveau thème de recherche relatif aux supercondensateurs. En pratique, cela se traduira par l'arrivée de quatre enseignants-chercheurs supplémentaires correspondant aux moyens humains nécessaires au développement de ce thème. D'autre part un IE CNRS viendra apporter de façon spécifique un soutien technique à l'équipe. Le nouveau périmètre de recherche ainsi créé, restera cohérent avec la thématique centrale sur le stockage et la transformation électrochimique de l'énergie. Des évolutions sont également prévues sur le thème des batteries et celui des piles à combustible avec pour objectif général d'équilibrer les recherches entre les aspects nouveaux matériaux, procédés d'élaboration, et conception de dispositifs. En adéquation avec les objectifs affichés, une politique de gouvernance, d'organisation et de vie d'équipe a été clairement définie. Par contre il ne faudrait pas négliger la participation à la vie collective de l'IMN et aux relations scientifiques inter-équipes, sources d'enrichissement mutuel. Le tout constitue un projet ambitieux avec des défis à relever à la fois sur le plan scientifique et sur le plan humain.



- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

En quatre ans l'équipe ST2E a su se positionner au meilleur niveau scientifique international dans ses domaines de compétence. Elle est reconnue pour ses travaux originaux et innovants par rapport à ceux produits par les acteurs de la communauté scientifique des batteries et des piles à combustible. Les thèmes de recherche traités sont d'une grande actualité et ont un fort impact socio-économique. L'équipe a fait preuve jusqu'à présent d'une grande capacité à recruter des chercheurs et à obtenir des financements externes pour mener à bien ses recherches. Elle a établi un projet de recherche ambitieux qui devrait encore augmenter le périmètre de ses activités, elle dispose pour y parvenir d'un fort potentiel humain et d'un réseau de collaboration important.

- Points forts et opportunités :

- Approche originale de l'architecture des batteries et des cellules de pile à combustible (microstructure des électrodes, électrolyte innovant basé sur des liquides ioniques, interface électrolyte/électrode à gradient de composition).
- Nouveaux matériaux d'électrode et d'électrolyte pour cellule SOFC.
- Reconnaissance nationale et internationale avec un réseau de collaboration important.
- Grande capacité d'autofinancement et de recrutement au cours du quadriennal précédent.
- Consolidation de l'activité de recherche par l'intégration du thème "supercondensateurs".
- Activité de recherche d'une grande actualité, avec un fort impact socio-économique.

- Points à améliorer et risques :

- La proportion de HDR dans l'équipe.
- Les interactions inter-équipes notamment dans le domaine de la chimie du solide qui pourrait être une source de découverte de nouveaux matériaux pour batteries.
- Le risque pour l'équipe, dans l'excellente perspective d'évolution et de moyens renforcés qui est la sienne, de s'isoler de son environnement scientifique immédiat au niveau de l'IMN.

- Recommandations :

- Sortir de la spirale "contrats" et garder un bon équilibre entre recherche fondamentale et recherche appliquée afin de conforter la production scientifique.
- Continuer à faire des choix scientifiques, à utiliser au mieux les compétences de base détenues dans le groupe et à les développer.
- Éviter la dispersion des sujets, préjudiciable à la qualité des recherches et à la visibilité nationale et internationale de l'équipe dans sa nouvelle configuration.



**Intitulé de l'équipe :** Matériaux Innovants pour l'Optique et le Stockage (MIOPS)

**Nom du responsable :** Stéphane JOBIC

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :12

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	6	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	4
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	5	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	8	7
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	8

- **Qualité scientifique et production :**

Les recherches effectuées au sein de l'équipe MIOPS se décomposent en trois thématiques qui semblent plus relever d'une juxtaposition plutôt que d'une réelle synergie ce qui n'en entache pas la qualité.

- Les travaux sur les matériaux pour l'optique dont les propriétés résultent de processus d'absorption/émission, ont principalement concerné des matériaux X-chromes, des matériaux luminescents, des matériaux bi-fonctionnels et des matériaux gemmes. Les mécanismes fondamentaux pilotant les propriétés X-chromes ont été analysés en particulier pour la cinétique
- de coloration qui était un des verrous technologiques principal et qui a été grandement améliorée grâce à une nouvelle stratégie de synthèse originale. Ces études menées en collaboration avec des collègues de l'ICMCB et un industriel ont donné lieu entre autres à un brevet. Des matériaux luminescents à émission « blanche » ainsi que des quantum dots à l'émission modulable en fonction de leur taille ont un fort potentiel en particulier dans le cadre de l'éclairage par LED. Les calculs ab-initio pour la compréhension des propriétés de luminescence sont d'un apport primordial dans la recherche de nouveaux matériaux. Plus originaux et prometteurs sont les matériaux bi-fonctionnels qui trouvent principalement des applications dans le domaine des cellules photovoltaïques.

L'étude des matériaux gemmes est très intéressante, en particulier pour la formation professionnalisante de grande qualité à laquelle elle est associée.

- L'équipe mène une recherche fondamentale de très bonne qualité sur les matériaux à propriétés magnétiques exotiques. Les développements instrumentaux et méthodologiques sont d'un grand intérêt avec un bon équilibre entre travail expérimental original et d'analyse théorique soignée.
- Les matériaux pour le stockage des déchets radioactifs constituent un sujet de recherche très pertinent compte tenu des enjeux sociétaux qui y sont associés. La reconnaissance par l'attribution du prix EADS 2009 de la meilleure thèse, atteste de la qualité des recherches menées dans l'équipe dans ce domaine.



Ces trois thématiques sont pertinentes et assez originales. L'équipe, par ses compétences et sa rigueur fait preuve d'une grande cohérence dans sa démarche scientifique : calculs, synthèse, analyse.

La production scientifique associée est de bonne qualité et très importante : 141 publications ACL dont certaines avec de très bons facteurs d'impact (indice moyen 2.6), (~ 4.7 ACL/ETP/an), 3 ouvrages, 30 conférences invitées, de nombreuses communications, dans la moyenne de l'unité. 9 thèses ont été soutenues, 8 sont en cours et 4 brevets ont été déposés.

- **Rayonnement, attractivité, et intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

- L'équipe a accueilli 4 post-docs/ATER et 2 chercheurs invités étrangers. Cependant, compte tenu de la qualité de la recherche de l'équipe, la participation à de grandes conférences internationales pourrait être augmentée de manière significative afin de mettre en avant les nouveautés qu'elle développe et ainsi accroître le rayonnement de l'équipe.
- Les études se font dans un cadre à la fois fondamental et appliqué, se traduisant par des collaborations académiques (nationales et internationales) et industrielles et par des actions contractuelles. Certaines sont établies depuis de nombreuses années. Cependant l'apport de financement via des contrats et/ou programmes extérieurs reste relativement faible.
- Il faut noter une très forte implication des enseignants-chercheurs de l'équipe au sein de l'Université de Nantes : direction du département de chimie, responsabilité de masters, participation à des manifestations de vulgarisation orientées vers les lycéens ou le « grand public ».

- **Appréciation sur le projet :**

- Le projet s'inscrit dans la continuité des travaux menés au cours du présent quadriennal avec une inflexion sensible vers l'étude du rôle des défauts cristallins et chimiques sur la genèse et le comportement physique des matériaux. Cette évolution marque un certain retour aux sources. La recherche de nouveaux pigments, de matériaux transparents conducteurs ainsi que de nouveaux matériaux à luminescence blanche est d'un intérêt certain et se situe dans un domaine très compétitif donc stimulant. L'étude des matériaux à propriétés photo-induites représente l'aspect le plus original et c'est dans cette direction que les résultats devraient être les plus novateurs. Les deux autres thématiques développées dans l'équipe restent pertinentes et méritent donc d'être poursuivies.
- Une augmentation significative du nombre de permanents serait une bonne chose pour le développement des nombreuses thématiques envisagées.
- Le projet se caractérise par une prise de risques modérée et une certaine originalité. Cependant la trop grande diversité des thématiques proposées risque de nuire à la faisabilité du projet.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

Équipe dynamique et performante. Le projet contient des thèmes dans la continuité des travaux précédents qui donnent de nombreuses perspectives et se situent dans le cadre de collaborations qui fonctionnent bien. Cette équipe a une des plus forte productivité avec les moyens financiers les plus faibles (à méditer).

- **Points forts et opportunités :**

- Très bonne production scientifique
- Souci d'une recherche fondamentale de qualité tout en conservant un lien fort avec les valorisations potentielles des travaux menés.
- Compétence affirmée et grande rigueur dans la recherche.

- **Points à améliorer et risques :**

- Manque de cohérence entre les diverses thématiques



- Accroître la participation aux conférences internationales
- Développer les relations contractuelles

– **Recommandations :**

L'équipe développe des thématiques très différentes qui laissent une impression de juxtaposition plutôt que de complémentarité. Un effort devrait être fait afin d'améliorer la synergie des recherches entreprises. La position de l'équipe sur le plan national et international devrait être affirmée via une participation plus fréquente aux grandes conférences. La part de financements extérieurs via des appels d'offres et des opérations spécifiques devrait être amplifiée. Les relations contractuelles, bien qu'existantes, pourraient être plus développées, en particulier via des projets internationaux de plus grande envergure. Il faudrait réduire la diversité des thématiques et recentrer la recherche sur les matériaux nouveaux. Les collaborations internes à l'IMN, en particulier avec les équipes CESES et ST2E, doivent être développées pour éviter le risque d'isolement au sein de la structure.

**Intitulé de l'équipe :** Ingénierie des Matériaux et Métallurgie

**Nom du responsable :** Pascal PAILLARD

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	1
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	0	5
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	0	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	0	5

- **Qualité scientifique et production :**

Le projet de création de cette nouvelle équipe, qui intégrera prochainement l'IMN, est construit sur la base d'une association de compétences émanant du laboratoire de génie des matériaux et procédés associés. Les éléments qui constituent cette équipe collaborent depuis de nombreuses années. Le champ scientifique couvert par cette future équipe s'est enrichi d'une composante liée au comportement des sols. La thématique de recherche qui couvre les différentes échelles classiquement étudiées en sciences des matériaux, trouve son originalité dans l'application de cette démarche à l'étude et la modélisation des phénomènes d'endommagement liés aux interfaces ainsi qu'aux procédés de soudage. L'activité de l'équipe est équilibrée entre sciences expérimentales et modélisation. Dans les deux domaines scientifiques mentionnés plus haut, l'activité scientifique jouit d'une reconnaissance indiscutable qui se traduit par un rayonnement conduisant à une implication importante dans les activités de recherche en relation avec l'industrie (grands groupes et PME). Ceci constitue, de toute évidence, un atout pour le développement de cette



nouvelle équipe qui rayonne également sur le plan de la formation des ingénieurs de Polytech'Nantes. En termes de production scientifique, les éléments qui constituent cette nouvelle future équipe, représentent environ 50 % de la production. Le nombre de publications dans des revues scientifiques est encore un peu faible (29). (1 publication par an par enseignant-chercheur). En termes de participation à des conférences internationales en tant qu'invité, le rayonnement scientifique des éléments constitutifs de l'équipe est bon, mais devrait être accentué. En revanche, au niveau national, on note une implication importante dans les séminaires et conférences. Il faut ajouter ici que les thématiques portées par l'équipe encouragent ses membres à communiquer à l'échelle nationale. Durant la période analysée, l'équipe a accueilli 10 doctorants pour 5 HDR.

Les relations contractuelles sont nombreuses et établies avec des partenaires industriels ou académiques nationaux. L'investissement de ses membres dans le fonctionnement de Polytech'Nantes est remarquable. L'équipe porte également une formation très bien reconnue et perçue au niveau européen dans le domaine du soudage.

- **Rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Les thématiques de recherche portées par cette équipe sont très opportunes. Dans un contexte de développement durable, au sein duquel la maintenance des structures, le développement conjoint de nouveaux matériaux ou méthodes d'assemblage améliorant leur durée de vie est un enjeu sociétal du premier ordre, cette nouvelle équipe est indéniablement attractive. Les compétences avérées de ses membres, rendent effective cette attractivité. Le soutien qu'elle apporte aux PME PMI régionales est très intense.

L'intégration de cette nouvelle équipe dans l'IMN constitue pour ce laboratoire non seulement, une extension du périmètre de recherche mais également l'opportunité de formaliser des collaborations inter-équipes très innovantes.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé s'inscrit parfaitement dans la dynamique portée par les membres de l'équipe dans le domaine de l'ingénierie des matériaux et de la métallurgie. La nature des ambitions affichées dans ce projet est pertinente. Les moyens techniques sont à la hauteur de ces ambitions. En termes de moyens humains, il semble que l'implication très importante des membres de cette équipe dans le fonctionnement de Polytech'Nantes puisse réduire de manière significative la disponibilité de certains de ses membres. Un soutien en termes de poste ITA et/ou chercheurs faciliterait très certainement l'aboutissement de ce projet dans son intégralité. Dans le cas où ce soutien tarderait, il serait souhaitable de redimensionner le périmètre du projet. Pour ce qui est de la prise de risque, il est clair que, comme les thématiques affichées resteront durablement des priorités pour le développement et la sûreté des structures, la prise de risque est faible.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'équipe est soudée, animée d'une dynamique construite sur des bases sérieuses. La thématique qu'elle porte ainsi que la qualité des membres qui la constituent lui confère un fort potentiel de réussite. Encline aux collaborations et ouverte vers d'autres disciplines, elle constitue un terrain d'épanouissement intéressant pour les différents enseignant-chercheurs qui œuvrent et œuvreront en son sein.

- **Points forts et opportunités :**

- Implication dans la formation des ingénieurs (recrutement de doctorants)
- Accès aux plateformes techniques
- Assemblage de compétences adapté à la démarche scientifique en Sciences des matériaux
- Collaborations académiques
- Relations contractuelles avec l'industrie
- Possibilités de recrutement dans un proche avenir



– Points à améliorer et risques :

- Augmentation sensible du nombre de publications et communications.
- Attractivité de chercheurs CNRS.
- Collaborations internationales
- Dispersion des activités

– Recommandations :

Maintenir la cohésion scientifique du groupe en évitant de développer, outre mesure, le soutien technique aux entreprises. Veiller à l'épanouissement scientifique de tous les membres de l'équipe.

**Intitulé de l'équipe :** Laboratoire de Génie des Matériaux et Procédés Associés (LGMPA EA 2664)

**Nom du responsable :** Thierry BROUSSE

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	11	
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	5	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	4	
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	13	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	7	

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le LGMPA est situé au sein de l'école polytechnique de l'Université de Nantes (Polytech'Nantes) et son activité relève des Sciences pour l'Ingénieur. Ce laboratoire développe des travaux dans deux directions principales :

- un axe « Matériaux et procédés » à forte connotation métallurgie où sont étudiés les phénomènes d'endommagement dans les métaux et céramiques, la métallurgie de procédés de soudage,
- un axe « Energie et composants » qui comporte une recherche dans le domaine des batteries Li-Ion, des supercondensateurs et des piles à combustibles, mais aussi un volet matériaux pour la thermique et l'analyse thermique et mécanique de systèmes complexes tels les supercondensateurs ou les composants de puissance par exemple.



L'expertise de ce laboratoire repose sur deux originalités majeures incontestables que constituent ses connaissances et compétences en métallurgie du soudage et en élaboration/caractérisation de nouveaux matériaux d'électrodes négatives de batteries Li-ion (composites Silicium-carbone, TiO<sub>2</sub>-B) et supercondensateurs (hybrides). Dans le domaine des matériaux pour la thermique et de l'endommagement des matériaux et de leur durabilité il est clair que le LGMPA possède une très grande capacité à traduire les problématiques industrielles en véritables sujets de recherche rarement pris en compte au niveau national avec au final une caractérisation fine et une modélisation des phénomènes. Concernant l'axe Energie, le LGMPA a su ces quatre dernières années s'imposer comme un leader français et international des électrodes pour supercondensateurs dans un paysage national et international particulièrement fourni et concurrentiel. Il le doit à la qualité de ses résultats en particulier sur les supercondensateurs hybrides carbone/MnO<sub>2</sub>, à son savoir faire dans le domaine des dispositifs, à la pertinence de ses collaborations pérennes françaises et étrangères notamment avec l'UQAM à Montréal et enfin au travail et au dynamisme du responsable d'équipe.

La production scientifique est de 53 publications ACL, 1 brevet, 26 conférences invitées, 36 communications orales avec 8 thèses soutenues dans la période et 13 thèses sont en cours. Il s'agit d'une production très satisfaisante (~ 2,4 ACL/ETP/an) qu'il faut saluer car ce laboratoire ne compte aucun chercheur CNRS. De plus sur les 11 membres permanents enseignants-chercheurs, 5 ont des responsabilités importantes : direction de l'école Polytech'Nantes, direction de département Sciences des Matériaux, Responsable 4<sup>ème</sup> année Département Sciences des Matériaux, Responsable 5<sup>ème</sup> année Département Thermique-énergétique, Responsable Option soudage-assemblage matériaux métalliques, Formation continue, Diplôme international « International Welding Engineer ». Une marge de progression existe en termes de volume de production. Signalons que le thème « greffage moléculaire pour la réalisation d'électrodes nanocomposites pour batteries et supercondensateurs » trouve un prolongement dans le traitement de surfaces dans le domaine médical, aéronautique etc.... De ce fait une cellule de compétences au sein de la filiale commerciale de l'Université de Nantes est créée avec embauche de deux ingénieurs valorisation.

Depuis de longues années, le LGMPA a su tisser des liens avec de nombreux partenaires publics et industriels. Les relations contractuelles sont de ce fait très importantes avec 7 projets nationaux ANR, 1 projet international, et 3 projets régionaux. Il faut noter une bonne répartition de ces projets dans les deux axes de recherche du laboratoire.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

L'activité contractuelle abondante du LGMPA témoigne de son implication forte dans le paysage national académique mais aussi industriel et de sa position bien visible qu'il occupe dans toutes les thématiques qu'il développe. Sa visibilité sur le plan international est bonne avec 6 collaborations dont plusieurs sont pérennes. La notoriété de l'activité batteries Li-ion et supercondensateurs est grandissante et le responsable du laboratoire est expert auprès de ANCRE, président du comité d'évaluation de l'ANR Stock-E 2010, animateur du groupe « batteries et supercondensateurs » de l'OMNT, responsable de l'axe « stockage de l'énergie » du projet régional PERLE2. Le laboratoire a organisé un congrès international (ISEECap 2009) et a des membres dans différents comités scientifiques Internationaux de congrès (ECS, Thermec, PRIME, ICAC). Avec 5 thèses pour le précédent quadriennal, 8 pour celui qui s'achève et 13 en cours, le LGMPA a accru très significativement son attractivité.

Enfin sur le plan local, il faut rappeler que le laboratoire fait partie de la Fédération de recherche CNRS GRIM 3 (CNRS, FR3173) qui regroupe 4 unités l'IMN, SUBATECH, LGMPA, CEISAM. Le LGMPA qui va rejoindre l'IMN dans le quadriennal prochain, travaille déjà en forte collaboration avec l'IMN à travers 5 thèses en co-encadrement et des collaborations avec pratiquement toutes les équipes de l'unité, c'est-à-dire ST2E, PMN, PCM, CEMES, dans le cadre de projets régionaux (PERLE, BIOREGOS etc.), 2 ANR, 1 contrat de recherche industrielle et des projets internationaux (MDEIE silicium).

- **Appréciation sur le projet :**

Dans le prochain quadriennal, une partie du LGMPA va intégrer l'équipe ST2E pendant qu'une autre partie va intégrer l'IMN via la création de l'équipe ID2ME dirigée par P. Paillard, cette dernière reprenant les contours de l'axe métallurgie, endommagement et durabilité des matériaux du LGMPA.

Le Comité de visite considère que l'intégration d'une partie du LGMPA (4 enseignants-chercheurs) dans ST2E est pertinente et fort prometteuse puisqu'elle associe un groupe reconnu internationalement dans le domaine des batteries lithium-ion à un autre reconnu et très dynamique dans le domaine des supercondensateurs. Il est clair que



pour les deux parties, une efficacité accrue en est légitimement attendue. Le groupe ST2E ainsi renforcé mènera alors une activité dans le domaine des batteries lithium-ion, des supercondensateurs et des piles à combustible. Il faut saluer les efforts des animateurs du LGMPA et de ST2E qui ont su préparer dans le temps cette intégration en mettant en place des collaborations fructueuses et d'envergure.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

- Excellente équipe dynamique à fort potentiel qui a su trouver un positionnement reconnu et original dans le domaine de la métallurgie (endommagement et soudage) et du stockage électrochimique de l'énergie (supercondensateurs).

- Points forts et opportunités :

- Forte capacité à traduire les problématiques industrielles en thématiques scientifiques
    - Développement d'une recherche originale en métallurgie du soudage
    - Emergence d'une expertise incontournable dans le domaine concurrentiel des supercondensateurs
    - Grande expertise dans la réalisation de dispositifs complets
    - Fortes collaborations avec l'IMN
    - Grande qualité de l'animation scientifique du directeur et des choix scientifiques
    - -Pertinence de l'intégration à ST2E et de la création de ID2M dans l'IMN.

- Points à améliorer et risques :

- Production scientifique à accroître
    - Faire des choix plus ciblés dans les thèmes de recherche Métallurgie, Endommagement, Durabilité des métaux et matériaux

- Recommandations :

- Veiller à une bonne intégration dans l'IMN via des séminaires et des réunions de travail fréquentes sur les deux sites ; on pourrait peut être envisager la présence de personnels de ST2E et ex-LGMPA sur les deux sites.
    - Pour la future équipe ID2M, mieux sélectionner quelques thèmes en particulier pour éviter une dispersion des efforts.
    - Envisager de renforcer l'équipe ID2M par un chercheur CNRS.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
<b>INSTITUT DES MATERIAUX JEAN ROUXEL</b>	<b>A+</b>	<b>A</b>	<b>A+</b>	<b>A+</b>	<b>A+</b>
Equipe CESES (BROHAN/BESLAND)	A+	A	Non noté	A	A
Equipe PMN (DUVAIL)	A+	A+	Non noté	A+	A+
Equipe PCM (GRANIER)	A+	A	Non noté	A+	A+
Equipe ST2E (GUYOMARD)	A	A+	Non noté	A+	A+
Equipe MIOPS (JOBIC)	A+	A	Non noté	A	A
Equipe IMM (PAILLARD)	Non noté	Non noté	Non noté	A	Non noté
Equipe LGMPA (BROUSSE)	A	A	Non noté	Non noté	A

C1 Qualité scientifique et production

C2 Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 Gouvernance et vie du laboratoire

C4 Stratégie et projet scientifique

### Statistiques de notes globales par domaines scientifiques (État au 06/05/2011)

#### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

#### Intitulés des domaines scientifiques

#### Sciences et Technologies

**ST1 Mathématiques**

**ST2 Physique**

**ST3 Sciences de la terre et de l'univers**

**ST4 Chimie**

**ST5 Sciences pour l'ingénieur**

**ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication**

Nantes, le mercredi 6 avril 2011

REF : JG/PTi - 2011 RECH N° 343  
SUIVI PAR : Jacques GIRARDEAU  
Objet : Rapport d'évaluation - S2UR120001429  
- INSTITUT DES MATERIAUX JEAN ROUXEL  
- 0440984F

LE PRÉSIDENT

À

Monsieur Pierre GLORIEUX  
Directeur de la section des unités de  
recherche  
AERES

Monsieur le directeur,

Je vous fais parvenir ci-dessous les commentaires de portée générale sur le rapport d'évaluation de notre unité « Institut des Matériaux Jean Rouxel », dirigée par M. Guy Ouvrard :

« La Direction de l'IMN, les responsables d'équipes et tout le personnel du laboratoire ont pris connaissance du rapport du Comité de visite de l'AERES. Nous exprimons nos plus vifs remerciements au Comité qui a accompli un travail de fond au cours d'une visite dense et efficace d'où il ressort un rapport fouillé et constructif.

Nous sommes très sensibles aux commentaires très positifs qui nous sont adressés et reconnaissons le haut niveau de nos recherches, les progrès très significatifs dans notre production scientifique et notre politique contractuelle, ainsi que les efforts accomplis dans une structuration efficace du laboratoire.

Nous prenons acte des recommandations du Comité pour progresser encore dans les années futures et réaliser au mieux notre projet. Nous apprécions les encouragements du Comité pour l'intégration de l'équipe LGMPA et son adhésion avec notre projet dont nous paraissons avoir bien perçu les risques et les difficultés. »

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de mes sentiments les plus cordiaux.

Pour le Président de l'Université de Nantes  
et par délégation  
Le Secrétaire Général, Directeur Général des Services

  
Philippe DIAZ

