



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de  
Provence (IM2NP)

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université Paul Cézanne – Aix-Marseille 3

Université de Provence – Aix-Marseille 1

Université du Sud Toulon Var

CNRS

Janvier 2011



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de  
Provence (IM2NP)

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université Paul Cézanne – Aix-Marseille 3

Université de Provence – Aix-Marseille 1

Université du Sud Toulon Var

CNRS

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Janvier 2011



# Unité

**Nom de l'unité :** Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP)

**Label demandé :** UMR CNRS

**N° si renouvellement :** UMR 6242

**Nom du directeur :** M. Rachid BOUCHAKOUR

## Membres du comité d'experts

### Président :

M. Alain FONTAINE, CNRS, Institut Néel, Grenoble

### Membres :

Mme Andreia CATHELIN, ST Microelectronics, Crolles

Mme Sylvie ROUSSET, CNRS, MPQ, Paris

M. Harald BRUNE, EPFL, Lausanne

M. Marc DE BOISSIEU, CNRS, SIMAP, Grenoble (CoNRS)

M. Jean Pierre LANDESMAN, Polytech Nantes, IMN, Nantes (CNU)

M. Jean René LEQUEPEYS, CEA-LETI, Grenoble

M. Eduard LLOBET, Universitat Rovira i Virgili de Tarragona

M. Francis MAURY, CNRS, CIRIMAT, Toulouse (CoNRS)

M. Didier MATHIOT, CNRS, IESS, Strasbourg (CoNRS)

M. William SACKS, Université Pierre et Marie Curie, IMPMC, Paris (CNU)

## Représentants présents lors de la visite

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

Mme Anne RENAULT

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

M. Giancarlo FAINI, CNRS-INP

M. Younis HERMES, DR CNRS Provence

M. Patrice BOURDELAIS, Dir. scientifique référent CNRS

M. Jean Marc PONS, Doyen de l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille 3

M. Denis BERTIN, VP Université de Provence Aix-Marseille 1

M. Marc SAILLARD, Conseiller de l'administrateur provisoire pour le suivi de la recherche, Université du Sud Toulon-Var



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les 18, 19 et 20 janvier 2011 dans d'excellentes conditions, avec une préparation très soignée du Directeur, des Directeurs adjoints et des responsables d'équipes, tous très professionnels, attachés à gommer la grande majorité des difficultés, celles inhérentes à la densité de l'exercice d'évaluation, celles particulières dues à l'implantation sur plusieurs sites et sur deux villes Marseille et Toulon.

Le Comité de visite a été sensible et très impressionné par la mobilisation globale du personnel, soucieux de donner toutes les informations aux experts du Comité, dans une atmosphère d'hospitalité et de cordialité très appréciées. La qualité des rapports écrits et de la préparation des présentations témoignent de cette volonté des acteurs de la recherche de l'Im2np (administratifs, techniciens, ingénieurs, chercheurs) d'être évalué en offrant les meilleures conditions au Comité de visite.

Les visites des équipes se sont déroulées en divisant en deux le comité de visite, respectant les spécialités affichées des deux départements. Les présentations initiales par le Directeur et les deux Directeurs adjoints ont démontré la validité de leur approche interdisciplinaire de la nano-microélectronique et des propriétés physiques et physicochimiques des matériaux associés : physique, chimie des matériaux, technologies de l'Information se conjuguent dans des approches expérimentales pertinentes et souvent pointues, de simulation numérique, de théorie, de modélisation et conception très concrètes. Cet ensemble d'approches coordonnées reflète la cohérence du travail d'équipes appartenant à 3 communautés (les 3 champs disciplinaires identifiés ont beaucoup de recouvrements légitimes, reconnus scientifiquement, plus difficilement reconnus dans les pratiques au sein des établissements) venant de 3 segments « administratifs » différents du CNRS et de l'enseignement supérieur.

Les présentations des équipes et plateformes combinaient informations scientifiques et visites des sites avec un bon équilibre entre les flux d'informations, en salle et auprès des équipements scientifiques. Le travail du Comité de visite a été bien optimisé.

Chaque journée a eu une tranche horaire adéquate pour permettre au Comité de reboucler les informations recueillies par les sous-comités et permettre un retour par un premier échange global entre experts.

Le programme a permis d'entendre les représentants du personnel, ITA, étudiants et post-docs, chercheurs et enseignants-chercheurs sans distinction de catégories dans ces ensembles.

Les représentants de toutes les tutelles, lors d'une session unique, se sont exprimés et ont répondu très clairement aux interrogations du Comité de visite.

Le seul point où une amélioration de la procédure se justifie, concerne la demande du LEAT- UNSA (Nice) de s'intégrer à l'Im2np. L'instruction d'une question aussi importante, doit faire l'objet d'un dossier parvenu à l'avance et introduit assez tôt dans le déroulement de la visite. Le retard de la prise de position de la Présidence de l'UNSA est à l'origine de cette difficulté.

L'accueil fut chaleureux et de qualité. Le souci de donner au Comité de Visite tous les moyens de l'évaluation et l'attention portée à la qualité des messages délivrés par chacun des intervenants étaient à l'évidence au cœur de ces trois journées.



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

L'Im2np « Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence » est issu du regroupement de deux laboratoires, L2MP (ex UMR 6137) et TECSN (ex UMR 6122) en janvier 2008. Il réunit des physiciens, des chimistes spécialistes des matériaux et des micro-électroniciens et rassemble les compétences nécessaires à la recherche et à l'enseignement en sciences des matériaux, microélectronique et nanosciences. L'étroite collaboration entre physiciens, chimistes et micro-électroniciens conduit à des études de nanoélectronique tant du point de vue des composants que des circuits. (Le L2MP était né, au tournant des années 2000, d'une refondation sur quatre sites géographiques déjà, très interdisciplinaire dès l'origine associant physicien, et microélectronicien).

L'Im2np est une unité mixte de recherche du Centre National de la Recherche Scientifique, associée à trois universités : l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille III (université de rattachement principal), l'Université de Provence et l'Université du Sud Toulon-Var ainsi qu'à trois écoles d'ingénieurs : l'École Polytechnique Universitaire de Marseille (Polytech' Marseille), l'École Centrale de Marseille et l'Institut Supérieur d'Électronique et du Numérique (ISEN).

Il est rattaché à trois Instituts du CNRS : l'Institut de Physique (rattachement principal), l'Institut de Chimie et l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (rattachements secondaires).

Cinq localisations géographiques sur 2 villes : Marseille Saint Jérôme , Marseille Château-Gombert, (qui formeront à terme le Campus de l'Etoile de l'Université de Marseille, un de ses 5 campus), Université Toulon Var, ISEN Toulon.

Les mots clés identifiant l'Unité sont Physique, Chimie des matériaux, Technologies de l'Information, Expérimentation, Simulation numérique, Théorie, Modélisation, Conception.

Les axes de recherche s'articulent sur une orientation scientifique générale: la nano- microélectronique et les matériaux associés. L'activité scientifique de l'Im2np se divise en deux thématiques principales qui présentent de nombreux recouvrements : Matériaux Nanosciences et Nanoélectronique Microélectronique et se retrouvent dans deux départements .

Le Département Micro & Nano Electronique se déploie sur 6 équipes de recherche, plus une équipe projet. Leurs activités couvrent les principaux axes de la micro et nanoélectronique, avec des aspects fondamentaux sur les matériaux et les dispositifs innovants jusqu'aux circuits et au traitement du signal. Ce département associe une activité prospective sur les composants ultimes, mémoires, microcapteurs, dispositifs pour le photovoltaïque..., avec une démarche de couplage industriel fort. Il participe aux réseaux de développement économique régional et national. Il contribue également, de manière très active, à plusieurs plateformes scientifiques et techniques telles qu'ASTEP, CIM PACA et Rosetta.

Le Département Matériaux et Nanosciences se déploie sur 8 équipes (9 dans le prochain contrat quinquennal). Ses compétences sont focalisées sur deux thèmes majeurs. D'une part, la compréhension et la maîtrise de l'organisation de matériaux fonctionnels à différentes échelles. Les applications visées concernent en premier lieu la micro-nano-électronique et également le domaine de l'énergie (photovoltaïque, fission et fusion nucléaire). D'autre part, sur l'étude de la croissance (épitaxie, solidification, diffusion réactive), la structure (microscopie électronique, rayonnement synchrotron, sonde atomique tomographique), les propriétés (magnétisme, propriétés électroniques et mécaniques, ...) et la modélisation (champ de phase, dynamique moléculaire, ab initio). Ce département participe également à la plateforme régionale CIM PACA et au réseau national METSA (Titan, SAT).

Les deux départements sont ouverts l'un à l'autre. Ils ont plus de 10 collaborations interéquipes identifiées, croisant les départements et presque autant intradépartement.

Les 7 plateformes structurant les moyens technologiques, (élaboration, caractérisation et calcul scientifique) et les services d'appui à la recherche focalisés sur 6 actions (gestion financière, ressources humaines, informatique, communication, valorisation, hygiène et sécurité) complètent le dispositif opérationnel du laboratoire. Les plateformes de caractérisation physique, de conception de CCI et de diagnostic RFID (Radio Frequency IDentification) sont partie intégrante de CIM-PACA (Centre Intégré de Microélectronique en région PACA) et du Centre National RFID.



- **Equipe de Direction :**

- Directeur : M. Rachid BOUCHAKOUR ;
- Directeur du Département Micro et Nanoélectronique : M. Jean-Luc AUTRAN (Université de Provence), directeur Adjoint : M. Didier GOGUENHEIM (ISEN-Toulon) ;
- Directeur du Département Matériaux et nanosciences : M. Olivier THOMAS (Université Paul Cézanne), directrice Adjointe : Mme Isabelle BERBEZIER (CNRS).

- **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)	113	114
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	17	17
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs [ISEN] et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	27	5 + x
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	31.1	32.3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	7.8	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	99	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	63	63

## 2 • **Appréciation sur l'unité**

- **Avis global sur l'unité:**

L'IM2NP, en réunissant L2MP et TECSSEN, a réussi très clairement une deuxième phase de réunification des laboratoires de Marseille, naguère atomisés. La fusion administrative est réussie. La fusion scientifique, forte de racines anciennes est ancrée à une démarche interdisciplinaire cohérente articulée à une orientation scientifique générale: la nano- microélectronique et les matériaux associés. L'implication collective est réelle. Le pari osé du continuum entre le fondamental et les applications trouve dans la pratique de l'IM2NP une réponse cohérente. Cette refondation profonde, amorcée au tournant des années 2000, travaillée ces dix dernières années est un succès de première importance. L'impact de l'IM2NP est très net sur les nouvelles structures de « l'espace recherche » mises en place :

- en PACA (CIM-PACA, Laboratoire commun CCR2 STM-Rousset, Pôles de Compétitivité, SCS, MER, Pégase, Capénergies,..),
- au niveau national (porteur de Carnot STAR, porteurs de 2 GDR CNRS Mecano et Errata, Centre National RFID),
- avec créations de 2 startup (Primachip, CheckUpSolar).

- **Points forts et opportunités :**

- Interdisciplinarité et continuum fondamental-applications ancrées à une orientation scientifique générale: la nano- microélectronique et les matériaux associés.



- Brassage intellectuel efficace avec cette deuxième refondation.
- Equipements de microscopie électronique et sonde atomique au meilleur niveau mondial et plus généralement des équipements scientifiques récents de très grande qualité.
- Expertise unique à grande visibilité internationale sur deux niches de l'utilisation du rayonnement synchrotron : la croissance cristalline et l'évaluation des contraintes par microdiffraction.
- Activités originales sur le plan international sur les propriétés mécaniques à petites échelles qui nécessitent l'utilisation régulière des grands instruments (ESRF, Soleil, ALS) pour un temps de faisceau qui correspond à environ 6 semaines par an, ce qui est remarquable.
- Combinaison de 3 thématiques apparemment différentes au sein d'une même équipe (DUS) adossées à 3 expertises, chacune au meilleur niveau international associant i) simulations (atomistique, effets quantiques, transport) dans les nano-dispositifs préfigurant l'avenir des structures à base de CMOS ii) modélisation compacte des nano-transistors pour proposer des schémas cohérents pour la simulation des circuits basés sur ces technologies futures, iii) fiabilité vis-à-vis des modes de dégradation électriques intrinsèques et vis-à-vis de l'impact des radiations sur les technologies CMOS avancées avec un impact très fort à la fois parmi la communauté académique (forte implication dans les projets ANR, les projets européens de type IP) et auprès des industriels.
- Très bonne reconnaissance nationale et internationale dans le domaine de la microscopie électronique à transmission appliquée à l'étude des défauts, en thermodynamique et pour l'étude des matériaux pour l'énergie (DNO). Près de 50 % de publications issues de collaborations internationales. L'équipe organise régulièrement des colloques et écoles, fait partie du réseau METSA et accueille à ce titre des utilisateurs extérieurs.
- Insertion dans le centre national RFID. Travaux novateurs, structurés et fortement tournés vers des applications bien précises du monde industriel. Solutions globales à l'état de l'art international. Fort impact de l'équipe dans les conférences invitées et les revues (RFID). Haute performance de leur plateforme RFID multi-standards :
  - Pac ID pour la grande distribution, collaboration avec STMicroelectronics
  - RFID AERO, collaboration avec Eurocopter
  - Pac ID textile, collaboration avec TAGSYS
  - RFID trace agro, avec STID
  - Vinetag, avec EDITAG.

*Avertissement nécessaire des rédacteurs rompus à l'exercice, se méfiant des lectures ultérieures par trop binaires.* Identifier les points proéminents de l'activité récente ne doit pas conduire à ignorer les résultats de qualité des équipes qui loin d'être dans l'ombre ont des impacts réels au meilleur niveau international, et ce pour certaines depuis plus de dix ans. Comme on peut le lire dans la suite du rapport le Comité de visite identifie des équipes jeunes se lançant sur des projets risqués mais avec un fort potentiel. Le « tableau d'honneur » précédent pointe les 4 équipes qui combinent à la date de l'évaluation, haut niveau d'excellence et d'originalité et forte dérivée, évalués sur ces 4 dernières années. Nul doute que d'autres résultats d'autres équipes entreront en pleine lumière dans les prochaines 5 années comme le rapport ci-dessous l'anticipe.

Aujourd'hui, la production de ces quatre équipes est au meilleur niveau international. Elles sont une référence incontournable de leur domaine. Plusieurs de ses productions ont été distinguées par des invitations à des conférences majeures, des prix, une valorisation significative.

La production d'autres équipes est excellente dans le paysage national et aussi bien visible au niveau international sans atteindre les positions de leaders incontournables. Bien inscrites dans des actions internationales, elles ont apporté plusieurs contributions très importantes, reconnues aussi en termes de conférences invitées.

Ajoutons pour l'ensemble du laboratoire les points forts suivants :

- Gros potentiel d'innovation et transfert avec son corrolaire de bourses de thèses CIFRE (30 environ, 1/3 du total) avec retour sur des problèmes fondamentaux
- Collaborations internationales riches et variées
- Visibilité internationale et nationale : organisations de colloques.
- Formations : enseignements spécialisés et formation continue



- Recrutement important et diversifié de doctorants
- Vie interne du laboratoire, 4 sessions du conseil de laboratoire/an, 6 sessions du conseil scientifique

- **Points à améliorer et risques :**

- Ressourcement : ancré pour partie aux applications, l'IM2NP a un écueil à éviter l'assèchement. Réfléchir à de nouveaux sujets de demain, pour certains à l'horizon 2015.
- Accélérer les connaissances de l'activité de chaque chercheur par les autres équipes en organisant le séminaire mensuel du labo à date fixe donné par un des chercheurs.
- Accueil des étudiants au sein du laboratoire, au-delà des équipes. Accélérer l'intégration des doctorants en créant un séminaire étudiants (début de 3<sup>e</sup> année, fin de 2<sup>e</sup> année) placé sous la responsabilité d'un bureau des doctorants, organisé sous forme de clips courts (20 minutes max) en présence d'étudiants et d'éléments de l'équipe de direction en nombre restreint.
- Rotation des responsables des équipes de recherche, essentielle en France qui vit avec un nombre significatif de chercheurs et enseignants chercheurs de rang B.
- Accroître le nombre d'HDR, seulement 6 de moins de 40 ans et 16 de moins de 45 ans, seulement 9 soutenus sur 2006-2009. Accélération en 2010 pour atteindre 5.
- Expertise unique sur la croissance cristalline menacée par la disparition d'outils uniques sur les TGE.
- Dépendance vis-à-vis du tissu industriel et assez peu diversifié pour un laboratoire de cette taille.
- Ancrage et représentation dans les instances nationales à améliorer.
- Multiplicité des sources de financement.
- Améliorer les forces en ITA.
- Regrouper les deux salles blanches de Saint-Jérôme.
- Meilleure protection contre le vol à Saint-Jérôme.

- **Recommandations :**

- Renforcer le recrutement de chercheurs permanents CNRS
- Assurer l'accès de la SAT via le réseau METSA, ce qui permettra d'ouvrir moins de sujets par le laboratoire lui-même.
- Amplifier l'utilisation de TITAN au-delà du laboratoire.
- Porter une grande attention à l'intégration des doctorants

- **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 [114] et N2 [17] dans la colonne projet	121
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet (5 ISEN + 7 IR/IGR)	12
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$ 121/131	0.92
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	9
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	81

Ce tableau ne donne qu'une vision globale sur une unité de très grande taille et ayant deux départements dont la culture de la production est fort différente. Comparer le niveau de RICL ne veut rien dire entre les deux départements comme comparer les ressources contractuelles. Globalement si on tient compte des indicateurs de





production que sont les publications, les conférences, les brevets, les contrats., le niveau de production du laboratoire est très importante et de grande qualité en regard des cultures différentes des deux départements.

En quelques chiffres : taux moyen RCL/ETP de 2 par an, 28 brevets, une augmentation des contrats d'un facteur 2 et un budget consolidé qui a progressé de 25% en quatre ans, approchant les 16 M€ en 2010.

### 3 • Appréciations détaillées :

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Intersdiscinarité et continuum fondamental-applications définissent l'approche de l'orientation scientifique générale centrée sur la nano- microélectronique et les matériaux associés. Les points forts, excellence et originalité intriquées, sont identifiés ci-dessus.

Au-delà du qualitatif il est bon de souligner l'importance des publications 586 articles ou communications avec comité de lecture soit une moyenne de 2 par publiant et par an. 149 conférences invités en 4 ans bien sûr inégalement réparties. 28 brevets témoignent du couplage fort à l'innovation et au transfert qui s'apprécie aussi grâce au nombre de bourses CIFRE, pratiquement constant au niveau de presque 30 sur les 4 ans. En revanche tous les types de contrats ont connu une forte progression sur les 4 ans.

Les doctorants après un creux, réduits à 80 en 2008 sont plus de 100 en 2010. Les masters d'origine sont à Marseille-Toulon pour 50%, de l'Union européenne pour un quart et hors Europe pour le dernier quart.

Le devenir des doctorants sont pour 45% dans le cadre ingénieur du secteur public, 35% en position de post-docs ou ATER, 8% ingénieur dans le secteur privé, 8% chercheur ou ens-ch, 4% en recherche d'emploi. Il ne fait de doute pour personne que la crise mondiale a réduit considérablement l'emploi dans le secteur privé. On devrait pouvoir mesurer le reflet des bourses CIFRE dans le flux d'embauches dans le secteur privé. Ce n'est pas le cas pour la période passée.

Avec 2/3 environ d'enseignant-chercheurs, chercheurs de catégories B, une large part entre 35 et 45 ans, (moyenne 46 ans pour le département Mat-Nano, et 42 ans avec une distribution resserrée pour le département Micro-Nano élec), il faut encourager vigoureusement la soutenance d'HDR qui fût faible et reste faible cette dernière année 2010 (5). Seulement 6 HDR de moins de 40 ans et 16 de moins de 45 ans dans l'effectif.

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

Le rayonnement scientifique a pour mesures l'impact de la production scientifique, la qualité de la formation des ressources humaines, la confiance des partenaires académiques ou industriels.

Près de 150 conférences invitées en 4 ans assoient plusieurs leaderships sur des sujets clairement identifiés comme compétitifs. La persistance du nombre de bourses CIFRE pendant la crise reste un indicateur significatif, même si l'emploi ne suit pas cette démarche industrielle. 28 brevets en quatre ans est également à souligner dans ce laboratoire très couplé à l'innovation et au transfert. La création de deux start-up est une autre pointe de l'iceberg innovation-transfert.

La croissance rapide, ces quatre dernières années, du nombre de projets ANR soutenus et de contrats reflète cette dynamique. Globalement les indicateurs chiffrés sont sans conteste très bons. La variabilité entre équipes est identifiée dans le rapport détaillé de chaque équipe. Cette croissance forte de tous les indicateurs pertinents souligne aussi les réussites exceptionnelles de ce laboratoire et la capacité d'interactions entre équipes qui amplifient l'évolution de chacune.

Le rayonnement du laboratoire se mesure aussi à ses réussites dans les espaces très compétitifs que sont les très grands équipements européens et nationaux de rayonnement synchrotron : le laboratoire affiche d'incontestables réussites mondiales sur ce segment.



Plus discret, mais très révélateur, est le nombre (18) et la diversité de conférences nationales et internationales que le laboratoire a organisé. Cette capacité d'initiatives s'adosse et concrétise la confiance, que manifestent les communautés scientifiques concernées, dans le laboratoire, et peut se lire comme une « délégation donnée » pour agir au bénéfice d'une thématique.

Enfin le recrutement, c-à-d l'implantation des ressources humaines, qui portent l'avenir du laboratoire à dix ans s'est fait avec des réussites établies qui témoignent de l'attractivité du laboratoire.

- **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :**

L'équipe de direction est cohérente, vigilante, solidaire, réactive, présente en interne comme en externe, largement efficace en réponse à toutes les sollicitations qui n'ont pas manqué ces quatre dernières années.

Son implication dans toutes les entreprises de refondation de la recherche aux niveaux national et local, dans l'environnement est au meilleur niveau. La fusion du L2MP avec TECSSEN s'est réalisée avec un passage de 5 départements en 2 départements avec une ventilation naturelle et l'identification de plateformes. La taille des équipes est diverse et adaptée aux ressources humaines présentes. Le fonctionnement en deux départements apparaît fondé et apprécié par les acteurs. Le travail de cohésion au sein du conseil scientifique, est amplifié et bonifié à l'occasion du colloque interne à la presqu'île de Giens, les séminaires organisés au sein des départements (une quinzaine dans chaque). Le soutien des universités, tutelles secondaires, reste peu prédictible. L'accès aux publications et aux revues est inégal, conséquence catastrophique de la politique des éditeurs de revues et leurs diktats en matière d'abonnements.

En termes de gouvernance des équipes enfin, le danger majeur se trouve dans l'absence de rotation du responsable de l'animation scientifique de l'équipe. Il est nécessaire d'y apporter remède (pas tous ensemble) pour insuffler une énergie renouvelée dans cet exercice vital au sein de tout laboratoire. Il faut mettre en confiance les talents plus jeunes appelés à devenir cadre scientifique dans sa pleine acceptation, les confronter assez tôt à l'exercice de responsabilité au service d'un collectif, et les pousser à créer des interactions interéquipes. Le père créateur de l'équipe a donc cette responsabilité de tirer profit de la dynamique présente et de ne pas attendre un fléchissement de l'envie de chacun, susceptible d'être aseptisée par la routine, souvent facilement acceptée par confort, et une kyrielle de bonnes raisons.

La visibilité de l'équipe de Direction et sa capacité à mobiliser s'est exprimée sur toutes les opérations structurantes, très nombreuses ces 4 dernières années :

- La participation active à la création et l'animation forte dans l'opération régionale CIM-PACA, qui a créé en 2005 un ensemble de 3 plateformes, nourries par un investissement public-privé de 100M€. CIM-PACA est géré au sein de l'association ARCSIS (site [www.arcsis.org](http://www.arcsis.org))
- la construction et la Direction du Carnot STAR dont les deux premiers directeurs d'IM2NP assurent la Direction,
- la Direction du GDR MECANO,
- la codirection et création du GDR ERRATA,
- l'implication dans 5 pôles de compétitivité,
- l'animation des structures C'Nano,
- l'implication forte dans la démarche de fusion des trois Universités de Marseille,
- l'effervescence «\*\*ex» pour accompagner les projets « Investissements d'avenir »,
- La formation a été aussi un domaine où l'intervention de l'IM2NP s'est déclinée avec une grande visibilité. Tout naturellement avec le pôle CNFM-PACA et l'appui SITELESC dans les deux écoles marseillaises Polytech'Marseille (regroupement de 3 écoles en 2001) et l'Ecole Centrale (regroupement de 4 écoles en 2006),
- la participation à la création de deux masters de recherche (MINELEC et MANE) respectivement ciblés micronanoélectronique et matériaux permettant entre autres aux élèves ingénieurs de 5<sup>e</sup> année des écoles marseillaises, de l'ISEN et des Mines de Saint-Etienne de retrouver la recherche.
- la dissémination de la culture scientifique au travers du festival des sciences et technologies de Marseille (Présidence par un personnel de l'IM2NP), de conférences dans les lycées et salons, les journées portes ouvertes, la fête de la science.



- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

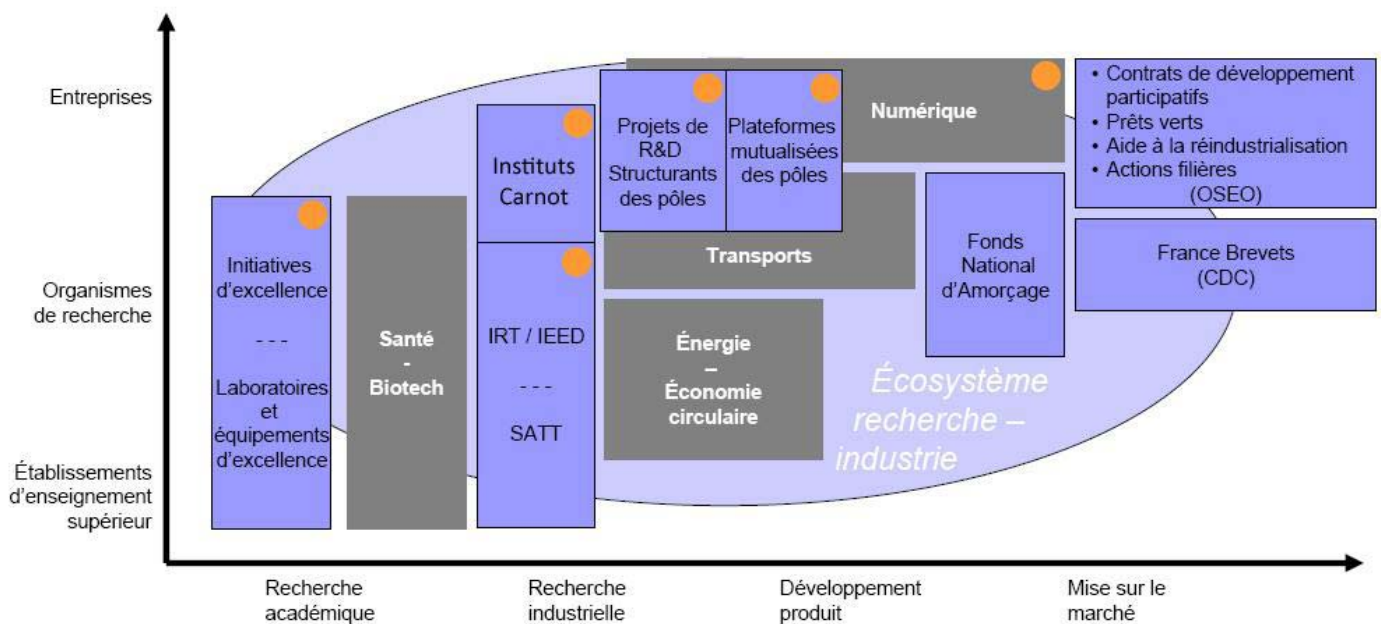
Une démarche stratégique construite sur 4 mois au début 2010 en interne avec consultations des tutelles, des industriels et des collectivités locales, est à la base du projet qui nous a été présenté.

- L'IM2NP continue son activité scientifique ancrée aux deux thématiques principales traversées par nombreux recouvrements et appuyées sur des compétences complémentaires: Matériaux Nanosciences et Nanoélectronique Microélectronique. Une orientation naturelle est liée aux nanosciences et nanotechnologies à l'origine d'études fondamentales servies par une étroite collaboration entre physiciens, chimistes et micro-électroniciens qui mèneront aussi des études de composants et de circuits au cœur de leur réussite.
- Concernant la thématique Matériaux et Nanosciences, les efforts continueront à porter sur une meilleure connaissance des effets physiques liés à la réduction de la taille des composants et de certains matériaux ou d'assemblage de matériaux. L'élaboration (croissance) d'objets nanométriques, de nanomatériaux pour le photovoltaïque et de nouveaux matériaux pour l'énergie (fission et fusion) sera au cœur de cette thématique. La création d'une nouvelle équipe (Matériaux pour l'énergie nucléaire) par division de DENO, suite à l'arrivée d'un professeur métallurgiste, ex ARCELOR avec 6 ans d'expérience au CIRIMAT (Toulouse) devrait introduire un couplage renforcé avec le CEA. Une grande vigilance est demandée pour éviter le découplage avec l'IM2NP, dans une recherche apparemment légitime d'identification
- En nanoélectronique, les recherches se situeront à la convergence des nouveaux matériaux et des nouveaux procédés d'élaboration. Elles visent à la réalisation de dispositifs émergents permettant d'accroître les performances des nouvelles applications. En microélectronique, ce sera un centrage naturel sur le développement de composants émergents, le management de la puissance consommée par les circuits et systèmes intégrés et la montée en fréquence des applications de type Wireless.
- Le soutien à l'innovation et au transfert technologique est au cœur du projet sur la base des nombreux partenariats industriels actuels et sur la participation de l'Institut aux structures de mutualisation régionales : les plateformes CIM-PACA et les pôles de compétitivité.

L'IM2NP soumet son projet dans un paysage perturbé par les nombreuses évolutions entreprises par les changements de l'environnement de la Recherche, au niveau local et national. Loin de se sentir submergé, l'IM2NP est absolument opérationnel pour accompagner, influencer ces évolutions.

La réunification de l'Université de Marseille : l'IM2NP l'accompagne positivement à plusieurs niveaux. De par sa structure, l'IM2NP a anticipé le pilotage multi-tutelles et le regroupement des tutelles ne peut être qu'une bonne nouvelle. De par son caractère interdisciplinaire, il est au carrefour d'utiles convergences entre la physique, la chimie et les sciences de l'ingénieur. Les personnalités qui ont fait émerger l'IM2NP jouent un rôle moteur dans ces évolutions : ce laboratoire intervient à tous les niveaux de responsabilité.

Illustrant le positionnement de l'IM2NP dans l'écosystème structurel de la recherche et de l'innovation, le schéma ci-dessous introduit la complexité accrue du monde de la recherche et du développement, de l'importance et de la fragilité conséquente induite par les constantes de temps de la recherche fondamentale et de la R&D où D domine naturellement. Il est évident que les étagères de la recherche fondamentale doivent être remplies anticipant plus ou moins précisément les demandes R&D. On doit se garder d'idéaliser un couplage fondamental-appliqué autosuffisant. Les thématiques de la recherche fondamentales ne peuvent pas être remplies que par les seuls besoins énoncés par les applications. En revanche l'écoute des besoins de la R&D est doublement utile : identifier des questions ignorées, reposer sous un autre angle des problèmes apparemment résolus et ainsi donner vie à des couplages courts entre les deux approches. (Schéma IM2NP)



- Il est trop tôt pour mesurer l'impact des projets formulés dans le cadre des investissements d'avenir pour esquisser le sens et la nature d'une possible inflexion de la stratégie de l'IM2NP. En tout état de cause l'IM2NP, très proactif dans la construction de ces projets ne sera pas déstabilisé par les succès ou les échecs.
- L'installation dans de nouveaux locaux à Château Gombert d'ici 2 ans regroupera les équipes séparées sur ce site et sera accompagné d'une dotation équipement d'1M€ (CPER)
- Les mouvements envisagés sur Saint Jérôme devraient bénéficier à l'IM2NP, en particulier le regroupement des salles blanches est désirable et source d'économie potentielle en ressources financières et humaines. Sur ce sujet, les réponses ne sont pas formulées par l'Université.
- Le pôle de l'Etoile (formé de Saint Jérôme et de Château Gombert) sera l'un des 5 de la grande Université de Marseille. Une liaison rapide de bus en site protégé, entre Saint Jérôme et de Château Gombert est envisagée pour 2013.
- Les principales demandes du personnel ont été identifiées par la Direction et une attention particulière sera donnée à la réalisation des solutions aux problèmes soulevés.
- L'équipe de direction proposée pour le projet est identique à celle opérant ces 2 dernières années.
- L'équipe de Direction doit être chaudement félicitée pour l'importance, la qualité, la densité du travail mené, tant en interne qu'en externe, dans une période particulièrement exigeante en termes de fronts multiples ouverts par les initiatives impactant les Universités et la recherche.



## 4 • Analyse équipe par équipe

### 4.1 – Département Matériaux Nanosciences

- Intitulé de l'équipe : RDI - Réactivité et Diffusion aux Interfaces
- Responsable : D. MANGELINCK
- 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	6
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2	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)	2	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2.5	2.5
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)	7	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	4

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe RDI mène de travaux expérimentaux focalisés sur (i) la réactivité interfaciale et (ii) le transport de matière à l'échelle nanométrique, ainsi que sur la modélisation et la simulation des phénomènes associés. L'approche expérimentale est fortement renforcée par la conception d'outils spécifiques et originaux tels que le dispositif couplant *in situ* et en temps réel la diffraction X, la résistivité et la réflectivité X opérationnel au laboratoire ou sur grand instrument (ESRF) et l'acquisition d'une sonde atomique tomographique (SAT), la deuxième en France. Les deux axes sont particulièrement liés, complémentaires et très cohérents : ils visent des applications en micro- et nanoélectronique.

Comme faits saillants dans le premier axe, on retiendra les études sur les mécanismes de formation des siliciures qui ont permis de mettre en évidence l'effet des contraintes sur la réactivité, la formation de phases transitoires et le rôle d'éléments d'addition (optimisation du taux de Pt pour stabiliser NiSi par exemple).

L'équipe a une expertise très reconnues en diffusion à l'échelle nanométrique. Elle a par exemple montré que la dissolution d'un dépôt ultra mince dans un substrat semi infini pouvait suivre plusieurs mécanismes dépendant des propriétés thermodynamiques des systèmes étudiés, de la structure et des propriétés de diffusion (volumique ou intergranulaire). Les exemples concernent la diffusion dans les intermétalliques, dans les nanocristaux (Ge/Si) et la redistribution des dopants.



La production scientifique est de très bonne qualité avec en moyenne 2,6 ACL/ETP.an dans des revues de forte notoriété dans le domaine et de nombreuses participations à des congrès internationaux, très majoritairement en communication orale.

La contribution à la formation par la recherche est tout à fait satisfaisante avec 7 thèses dont 3 en cours bien qu'une marge de progrès existe avec un potentiel de 5 HDR.

L'équipe RDI entretient des relations contractuelles avec les sociétés du secteur microélectronique implantées en région et de nombreuses collaborations nationales (1 ANR et 3 GdR) et internationales (Rex CMA, FSE, 2 Balaton).

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

La qualité des travaux présentés dans des congrès internationaux a été reconnue par trois prix et un membre de l'équipe a été distingué Chevalier de la Légion d'Honneur par le MESR. Le nombre de conférences invitées dans les congrès (~2/an) témoigne d'une reconnaissance certaine surtout après le départ de deux leaders du domaine. La contribution effective à des Comités d'Organisation de conférences (Matériaux, PTM) et Ecoles thématiques ainsi qu'à des Comités Scientifiques de Congrès (DIMAT, DSS) renforce la visibilité nationale et internationale.

L'un des points forts de l'équipe est sa capacité à mener des collaborations inter-équipes, notamment dans le cadre de projets formalisés (ANR, Carnot, etc.) ; des collaborations sont identifiées avec au moins 5 équipes (3 du département « matériaux » et 2 du département « microélectronique »).

Forte des investissements mi-lourds qu'elle a portés, l'équipe a été très active dans la réponse à des appels à projets compétitifs récents. Elle a déjà démontré sa capacité à travailler en collaboration du niveau local au niveau international (réseau européen, coll. bilatérales). Son ouverture au partenariat industriel (3 contrats directs) et son souci de valorisation de ses résultats (1 brevet) sont avérés.

- **Appréciation sur le projet :**

La bonne cohérence et pertinence des 2 axes définissant l'orientation scientifique de l'équipe RDI ne sont pas et n'ont pas à être remis en cause. Ils s'appuient sur des outils expérimentaux de tout premier plan, récemment mis en place, et sur un potentiel humain compétent et dynamique. L'objectif qui vise la compréhension des mécanismes de formation et de stabilité des systèmes de taille nanométrique où les interfaces jouent un rôle prépondérant sur les propriétés des matériaux est d'un grand intérêt, notamment dans l'environnement du site. La déclinaison des sujets vers la microélectronique, la métallurgie et les matériaux à propriétés fonctionnelles laisse apparaître un peu de dispersion difficilement évitable à ce stade. L'intégration dans les thèmes majeurs de l'IM2NP est très bonne. Les investissements récemment implantés, notamment la sonde atomique tomographique, sont originaux, attractifs et propices à favoriser l'ouverture et les collaborations futures.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'équipe a un positionnement scientifique clair, en bonne cohérence avec les axes majeurs de l'IM2NP. Malgré un renouvellement des cadres déjà engagé, la reconnaissance internationale dans le domaine de la diffusion aux interfaces n'a pas faibli, la dynamique est bonne, dopée par des investissements judicieux garants d'une visibilité croissante.

- **Points forts et opportunités :**

- Développement d'outils originaux d'analyse à l'échelle nanométrique ;
- Couplage expérience-simulation appliqué à des problèmes industriels ;
- Intégration dans IM2NP et collaborations inter-équipes ;
- Des partenariats fructueux avec des sociétés industrielles notamment implantées localement ;



- Un bon réseau de collaborations nationales et internationales.

– Points à améliorer et risques :

Poursuivre le renforcement des compétences autour de la SAT et assurer son ouverture via le réseau METSA, tout en gardant le leadership sur des problématiques scientifiques de l'équipe.

– Recommandations :

- Déjà bien transféré sur les études aux interfaces, le groupe devra veiller à transférer plus largement les compétences fortes et historiques acquises en diffusion atomique dans les matériaux massifs.
- Etre force de proposition en s'appuyant sur les techniques récemment mises en place et trouver un équilibre entre les travaux propres à l'équipe et ceux menés en collaboration sur des problématiques scientifiques externes.

- Intitulé de l'équipe : MCA - Microstructures de Croissance Auto-organisées
- Responsable : B. BILLIA
- 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)	3	3
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2	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)	5	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	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)	3	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	2

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

MCA est l'une des petites équipes de l'IM2NP, notamment en termes de HDR. Elle s'intéresse aux processus qui régissent la formation des microstructures lors des procédés métallurgiques de production des matériaux. Ses travaux sont présentés suivant deux thèmes : (i) instabilités de croissance et formation des microstructures lors de l'élaboration de matériaux par solidification d'alliages et (ii) formes de croissance du composé intermétalliques  $Ni_3Si_2$  au cours de l'interdiffusion réactive Ni/Si. Le déséquilibre très marqué en faveur du premier rend le second assez peu visible en tant que thématique.

L'équipe a des compétences fortes s'appuyant sur des techniques d'imagerie X synchrotron (ESRF) et des partenariats fidèles dans le secteur spatial (ESA, CNES). Elle a su développer des outils expérimentaux très pertinents tels que la combinaison de la radiographie et de la topographie en faisceau blanc (imagerie X synchrotron) pour, par exemple, la caractérisation *in situ* et en temps réel de la dynamique des phénomènes sur des systèmes métalliques (base Al). Les travaux poursuivis sur les matériaux modèles organiques transparents en





configuration 3D ont permis de progresser dans la compréhension des instabilités morphologiques d'une interface liquide-solide et la formation d'une microstructure cellulaire/dendritique de solidification. La mise en évidence de l'influence de la convection naturelle déduite de la comparaison avec des expériences en microgravité est un autre fait saillant.

La production scientifique est importante avec 2,6 ACL/ETP.an mais le choix des journaux pénalise un peu l'impact des résultats pourtant novateurs. La diffusion de ses acquis est renforcée par une participation significative à des congrès du domaine (une dizaine par an). La reconnaissance internationale est bonne et conduit notamment à environ 3 conférences invitées/an. Avec 5 thèses soutenues (et 3 en cours), l'équipe a une contribution significative à la formation par la recherche. Hormis un projet ANR, les relations contractuelles sont établies avec seulement deux partenaires du secteur spatial mais celles-ci s'avèrent solides et ont apporté jusqu'à présent des moyens suffisants.

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

La qualité des résultats a été reconnue par la communauté internationale, d'une part par la sélection en archive ouverte par l'éditeur d'un article jugé important et d'autre part, tout récemment, par l'attribution par la TMS de la distinction « C.H. Mathewson medal award ». Ces reconnaissances complètent les invitations régulières dans des congrès internationaux.

L'équipe MCA a une ouverture internationale indéniable via notamment les projets auxquels elle participe (ESA, Chine, Brésil) et le recrutement des doctorants dont la majorité est étranger. Il est aussi remarquable que 43 % de ses publications ACL soient avec des chercheurs étrangers. Signalons également que l'équipe a bénéficié d'une chaire d'excellence CNRS en 2009.

MCA participe à 2 GdR, 1 ANR et plusieurs projets européens (CETSOL, XRMON, CMA). Comme déjà évoqué, rappelons qu'elle entretient des liens privilégiés avec l'ESA, le CNES et la communauté spatiale européenne en général.

- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe a procédé à une autoanalyse « AFOM » très objective et pertinente. Le recentrage affiché sur le premier thème est tout à fait légitime compte tenu des moyens humains disponibles bien que le second thème n'était pas fondamentalement dissocié du premier.

L'absence d'imagerie X *in situ* de laboratoire a conduit à prioriser la mise en œuvre d'un dispositif spécifique de radiographie X qui devrait donner plus de latitude et permettre notamment d'accentuer les collaborations internes et externes. C'est un investissement conséquent pour une équipe de cette taille mais qui semble indispensable pour garantir son avenir.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'équipe a des compétences affirmées et reconnues quant à sa capacité à étudier les mécanismes de formation des microstructures lors de la solidification d'alliages. Elle mène des travaux nécessitant des moyens lourds (microgravité) et/ou se poursuivant sur une échelle de temps (expérience embarquée) nécessitant un horizon à plus long terme que les projets compétitifs type ANR mais elle a su jusqu'à présent surmonter ces contraintes. La productivité est bonne mais une marge de progrès existe quant à l'impact des résultats par un choix de journaux plus ambitieux. Les partenariats avec le secteur spatial sont fidélisés et témoignent d'un leadership reconnu et recherché dans l'analyse *in situ* et en temps réel de la dynamique des phénomènes régissant les microstructures.

- **Points forts et opportunités :**

- Mise en œuvre de dispositifs expérimentaux innovants en imagerie *in situ* et en temps réel (combinaison radiographie et topographie X).





- Volonté d'acquérir de l'autonomie pour les études *in situ* par radiographie X « labo ».
- Extension vers les plus hautes températures pour adresser des problématiques nouvelles susceptibles d'élargir les partenariats (Si photovoltaïque, superalliages base Ni).

– Points à améliorer et risques :

- Dans la mandature à venir l'équipe sera proche d'une taille sous critique et devra de plus renouveler son coordinateur (déjà identifié) ; cela doit être l'occasion d'une réflexion sur des collaborations inter-équipe renforcées (RDI, CMO, TMS, etc.) ou nouvelles (les métallurgistes de MEN par exemple), pouvant ouvrir à des partenariats industriels nouveaux.
- Avoir l'ambition de publier dans des journaux à meilleur facteur d'impact pour une visibilité plus grande.
- Fragilité des ressources extérieures en raison d'un nombre de partenaires limité.
- La dépendance vis-à-vis des TGE, notamment le synchrotron (ESRF) et ISS. Ce risque est contre balancé par le projet d'investissement en imagerie « labo ».

– Recommandations :

- La communauté nationale étant assez réduite, les réseaux type GdR doivent être pensés à l'échelle européenne et l'équipe peut être force de proposition.
- S'ouvrir à d'autres synchrotrons pour plus de flexibilité.
- Réussir réellement à mettre en place le nouveau dispositif d'imagerie X de laboratoire.
- Assurer harmonieusement le remplacement de l'animateur de l'équipe tel que déjà planifié.



- Intitulé de l'équipe : NANO - Nanostructuration
- Responsables : L. PORTE, J-M. THEMLIN
- 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	11
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2	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)	4	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2	2
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)	5	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	4

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La thématique scientifique principale, qui a d'ailleurs motivé la création de cette équipe à partir de 2001 par l'arrivée d'un professeur de Lyon est l'élaboration d'architectures supramoléculaires par auto-assemblage de molécules sur des surfaces. L'interface semiconducteur organique / substrat y est prépondérante et les processus d'auto-assemblage sont étudiés en fonction des différentes interactions : interactions molécule - substrat, et interactions intermoléculaires (forces de VdW, ponts hydrogènes, liaisons covalentes, chimie de coordination). Lorsque le substrat est métallique, la structure électronique est étudiée en fonction de l'alignement des niveaux, du transfert de charges et des phénomènes de transport. Les recrutements de l'équipe ont été orientés selon trois directions différentes : l'auto-assemblage moléculaire sur des métaux, étudié principalement par microscopie à effet tunnel (STM) à température variable sous ultra-vide, la structure électronique de réseaux moléculaires bidimensionnels, étudiée par une expérience de photoémission couplée au même bâti que le STM, et l'auto-assemblage moléculaire sur des semi-conducteurs ou même des isolants grâce à l'utilisation d'un AFM en mode non contact et sous ultra-vide fonctionnant aussi comme sonde de Kelvin, c'est-à-dire donnant accès au potentiel de surface. Le développement de ces équipements originaux ainsi que le fort couplage avec des chimistes a permis d'obtenir des premières mondiales. Citons l'obtention par la chimie des polymères (i.e. l'assemblage par des liaisons covalentes) d'un réseau 2D extrêmement stable jusqu'à 450°C et constitué de trous de grandes dimensions. Ce travail a donné lieu à un brevet suivi d'une publication dans une revue prestigieuse (JACS 2008). L'utilisation de la chimie de coordination a également donné des résultats remarquables donnant lieu à une autre publication dans JACS (décembre 2010). Globalement la quantité de la production est bonne (47 publications en 4 ans) mais c'est surtout la qualité des publications qui est remarquable (JACS, Angewandte Chemie, J Phys Chem, ChemPhysChem, PRB). 2 brevets ont été déposés.

La thématique originale de l'auto-assemblage moléculaire sur semi-conducteur et isolants porté par le recrutement d'un professeur pendant la période d'évaluation et avec aussi la participation de jeunes entrants a donné lieu à des faits marquants tels que la modélisation de l'interface pointe-surface dans l'AFM non contact publié dans PRL 2009.

Par ailleurs l'équipe est multi sites puisqu'une autre partie des études est menée à Toulon. A l'ISEN, les couches moléculaires sont greffées en solutions et étudiées par AFM en milieu liquide. Une ANR et deux thèses en cours sous-tendent ces travaux. Un projet STREP IST a été obtenu ainsi qu'une ANR pour élaborer des mémoires



moléculaires avec l'équipe Mémoires du laboratoire. A l'université, une instrumentation spécifique originale de spectroscopie Raman a été couplée à l'AFM, fonctionne et montre une exaltation de la spectroscopie Raman sous la pointe.

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

L'équipe a été invitée à 6 conférences internationales réparties sur 4 chercheurs différents.

L'équipe montre une attractivité exceptionnelle sur la période évaluée, puisqu'elle a bénéficié d'un recrutement en moyenne par an. Elle a pu ainsi attirer sur un poste de professeur un chercheur expérimenté venant de l'étranger qui a développé une nouvelle activité autour de l'AFM. Elle a également attiré des jeunes chercheurs brillants, comme en témoignent par exemple les 2 ANR jeunes chercheurs en cours dans l'équipe.

Elle a aussi attiré des chercheurs par mutation externe ou interne au laboratoire. Force est de constater la très bonne insertion des jeunes dans l'équipe et leur grande autonomie. Ils sont pour la plupart responsables d'ANR et impliqués dans des résultats récents de premier plan international. C'est donc un grand succès en tant que création rapide et dynamique d'une équipe de recherche, qui représente donc un fort potentiel pour l'avenir.

L'équipe est très efficace pour répondre aux appels d'offre notamment à l'ANR (5 ANR en cours) et ceci dans différents comités de l'ANR.

L'équipe a une très bonne implantation à l'intérieur du laboratoire. Elle est en collaboration interne avec plusieurs équipes, que ce soit à l'intérieur du département Nano (TMS calculs DFT molécules sur substrat, MCA analyse statistique) ou avec l'autre département (CCI, OPTO-PV). Il existe également un très bon réseau de collaborations locales : Laboratoire Chimie Provence, Institut des Sciences Moléculaires, Physique des Interactions ioniques et moléculaires, mais aussi nationales (Toulouse CEMES, Orsay ISMO, Mulhouse, ENS Lyon, IEMN Lille) et internationales (Univ Bâle, Univ. Tampere, Univ. Messine) et participe à des réseaux européens, avec un contrat européen STREP notamment. Des expériences sont menées sur des lignes de lumière de plusieurs synchrotrons (BESSY, ELETTRA et DIAMOND).

L'équipe a déposé deux brevets ce qui montre l'intérêt applicatif de ses recherches.

- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe Nano, de création récente, a développé rapidement des instruments originaux et a étudié des systèmes moléculaires nouveaux. Le projet vise à consolider les acquis, et à asseoir son positionnement international récent. Le sujet est particulièrement attractif et actuel puisqu'il s'agit d'utiliser des constructions moléculaires pour faire des réseaux bidimensionnels de molécules avec des propriétés électroniques spécifiques qui peuvent déboucher sur des applications en microélectronique telles que des mémoires. Les projets sont tous supportés par des ANR déjà obtenues. Ils sont dans la continuité des travaux précédents mais présentent des parties nouvelles et originales : les réseaux 2D étant constitués de pores, l'objectif est d'exploiter ces pores pour y loger des métaux de transitions (coll. Avec le laboratoire Chimie Provence). Le substrat SiC, semiconducteur à grand gap, va être utilisé pour déposer les molécules sur un substrat isolant pour des applications en électronique moléculaire (coll. CEMES, LPPM LPSE). Pour l'AFM dynamique sur les substrats isolants, de nouveaux cantilevers vont être testés (coll. CEMES, LPN, NOVASIC et CRHEA). Sur les systèmes moléculaires auto-assemblés, des applications à des dispositifs photovoltaïques sont proposées. Un projet région exploratoire vise à fixer des nanoparticules métalliques au bout des chaînes moléculaires par la chimie des organométalliques contrôlée. Au final, c'est un excellent projet qui se situe à la fois dans la continuité et dans l'innovation. L'équipe a un positionnement clé au sein du laboratoire qui se traduit par la collaboration avec de nombreuses équipes, aussi bien des théoriciens que des équipes de micro-électronique. Les collaborations reflètent une bonne stratégie avec notamment des chimistes. La reconnaissance internationale devrait en être consolidée à l'avenir.

- **Conclusion :**

– Avis global sur l'équipe :

Une belle équipe s'est constituée sur le temps du quadriennal, avec l'appui de moyens importants bien mis à profit. Des premières mondiales ont déjà été obtenues et l'équipe commence à se positionner au niveau



international. Elle est bien implantée dans le laboratoire en collaborant avec plusieurs autres équipes. Vue sa qualité, elle doit veiller à présenter son bilan en évitant de joindre des publications nées d'activités de ses chercheurs avant que ces derniers ne rejoignent le laboratoire.

– Points forts et opportunités :

L'équipe travaille sur un sujet porteur. Elle est bien positionnée au niveau national et international. Elle a montré une grande capacité à obtenir des ANR, et une forte attractivité avec l'arrivée de jeunes brillants et d'un chercheur venu de l'étranger et qui a développé un nouvel axe déjà reconnu.

– Points à améliorer et risques :

« L'équipe doit veiller à ne pas se disperser et à ce que la photoémission inverse ne devienne pas marginale vis à vis de projets centraux. S'il est clair que la photo-émission inverse constitue certes une prouesse technique en soi que peu d'équipes ne peuvent réaliser, elle demande aujourd'hui beaucoup de moyens et ne donne pas la même qualité de données que celles obtenues en ARPES (Angle Resolved Photoemission Spectroscopy) pour les états occupés. Donc il est souvent préférable de mesurer la LDOS densité locale des états vides par STS. Evidemment il n'y a pas la résolution en  $k$ , mais celle en  $E$  est nettement meilleure. »

– Recommandations :

Il faudra consolider l'acquis en termes de moyens humains et instrumentaux, et veiller à assurer une interaction scientifique entre les deux sites sur lesquels l'équipe se trouve répartie.

- Intitulé de l'équipe : NSCE - Nanostructures Semiconductrices Epitaxiées
- Responsable : Isabelle BERBEZIER
- 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)	2	2
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2*	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)	1	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	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)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1*	2

\* Bassani est dans le bilan mais il n'est plus dans le projet, tandis que Mesli est arrivé en mars 2010 (DR2, section 08, partagé avec une autre équipe) et ne doit pas compter pour le bilan. Du coup c'est 2 et 2 et non pas 3 et 3. Pour le nombre de personnes habilitées, il n'y en a que 1 dans le bilan car Mesli qui est dans le formulaire bilan n'est arrivé qu'en mars 2010 et Bassani n'était pas habilité.



- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe « Nanostructures Semiconductrices Epitaxiées » (NSCE), arrivée au laboratoire en 2005, mène des travaux de recherches sur la nanostructuration de semiconducteurs par des méthodes top-down et bottom up, *i.e.*, par lithographie. La stratégie est de partir de matériaux innovants pour le futur, et d'identifier des questions de croissance. Les matériaux sont élaborés par les méthodes de croissance EJM (épitaxie par jets moléculaires), ce qui permet de relier la structure atomique aux propriétés physiques. La fabrication de dispositifs modèles et la compréhension des mécanismes de base sont les objectifs ultimes. Parmi les faits marquants scientifiques obtenus sur la période du rapport, citons l'auto-organisation de nanostructures de SiGe sur Si(100) préstructuré par FIB (Focus Ion Beam) pour des applications en micro- nano- opto- électronique. Les nanocristaux de Ge sont déposés sur une fine couche d'oxyde pour des applications mémoires. Les nanofils de Ge réalisés à partir de germes d'or sont une première étape pour réaliser des nanofils cœur coquille Si(n) - Ge(p) en vue d'applications photovoltaïques. L'ingénierie du dopage dans SiGe a donné également des résultats très récents montrant l'influence de la contrainte sur l'incorporation des dopants et permettant de réaliser de nouvelles structures de type transistor. La nanostructuration des substrats est un thème toujours en plein essor dans l'équipe avec l'utilisation de la technique FIB. Mais d'autres techniques, telles que l'utilisation de réseaux bidimensionnels de TiO<sub>2</sub> poreux ont été étudiées.

Un autre sujet de recherche est celui des nanostructures semiconductrices magnétiques. Les couches de Ge dopées Mn sur des substrats de Ge sont ferromagnétiques à cause de la présence d'agrégats de Ge<sub>3</sub>Mn<sub>5</sub>. Par ailleurs, des nano-aimants de GeMn auto-organisés en 2 dimensions sont en cours de réalisation et d'étude pour des applications mémoires et de traitement de l'information.

La production scientifique est de 32 articles (4 APL, 7 PRB) dans des revues internationales avec comité de lecture pour la période 2006 - 2009, soit en moyenne 8 articles par an ou 2,91 en moyenne par an et par ETPR ce qui est bien au dessus de la moyenne des équipes du laboratoire. Notons aussi deux chapitres de livres, et un article publié dans Surface Science Report en 2009. 4 thèses ont été soutenues dans la période examinée et 5 thèses sont en cours, ce qui est remarquable eu regard du nombre d'HDR dans l'équipe.

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

Deux jeunes Maître de Conférences sont arrivés dans l'équipe avec des cultures scientifiques différentes et complémentaires, ce qui montre son attractivité et son ouverture. Il s'agit d'un recrutement en 2005 et puis en 2008, un autre MCF est venu par mouvement interne au laboratoire.

Actuellement, un chercheur CNRS est sur le départ mais un nouveau vient d'être affecté à l'équipe en partie. Avec ses 4 membres permanents, l'équipe est une des plus petites du laboratoire. L'ingénieur affecté à l'équipe est en charge de la plateforme NANOTECMAT. L'équipe est certes très dynamique mais elle est de taille sous critique.

L'équipe a des collaborations internes au laboratoire, notamment avec deux équipes du département Nano (TMS et CMO) mais avec aussi deux autres équipes du département Micro, nano -électronique (DUS et MEM). L'équipe s'est investie dans des responsabilités importantes d'intérêt collectif comme la participation à la section 06 du CNRS ou la présidence de l'ANR PNano « nanomatériaux », ce qui montre son positionnement au niveau national. L'équipe est aussi très bien reconnue au niveau international avec en moyenne 4 conférences invitées par an, soit 1,45 invitation par an et par ETPR, et la participation à l'organisation de conférences internationales. L'équipe a organisé plusieurs symposiums de la E-MRS, et trois conférences internationales NANOSEA qui sont une série de conférences internationales initiée par l'équipe, qui se tient tous les deux ans, et qui réunit environ 200 personnes autour du thème des nanostructures auto-assemblées. L'équipe a de très nombreuses collaborations internationales formalisées à travers des contrats et qui donnent lieu à des publications communes (Norvège, Suède, Japon, Canada, USA, Pays du Maghreb, Australie, UK, Italie, Allemagne, Grèce, Espagne). L'équipe bénéficie également de contrats industriels (STMicroelectronics, Orsay Physics, SMConcept) et elle a déposé un brevet.

- **Appréciation sur le projet :**

Les projets scientifiques de l'équipe NSCE se situent dans la continuité des travaux entrepris. L'accent est mis sur les applications photovoltaïques. Le but ultime est d'incorporer dans des cellules solaires conventionnelles



des nanostructures compatibles avec la technologie silicium, afin d'augmenter les rendements. Le projet « Nanofils à base de Si(Ge) » est particulièrement prometteur et réunit des compétences uniques à l'IM2NP. Ce projet sera mené en collaboration avec les équipes OPTO-PV et DUS du laboratoire. L'objectif est de réaliser des nanofils cœur - coquille Si(p) - Ge(n) superposés à une jonction silicium p-n. Le savoir faire de l'équipe NSE leur permettra d'élaborer des réseaux bi-dimensionnels de nanofils cœur coquille en utilisant des procédés combinés de FIB et de croissance (voie chimique ou solide). Deux autres projets sont « l'auto-organisation de nanostructures SiGe » (élaboration de réseaux 2D ultra-denses voire 3D, modélisation, propriétés électroniques et optiques), et « l'ingénierie de dopage dans SiGe ». Ces deux projets visent à fabriquer des composants électroniques de type MOSFET. Finalement, la nanostructuration par FIB reste un thème important de l'équipe. Ils souhaitent aller vers un pitch de 24 nm avec le FIB Ga qui a un diamètre du faisceau de 2.5 nm et qui permet de faire des structures de taille 15 nm. Les autres objectifs sont de rendre la technique plus universelle en variant les faisceaux d'ions utilisés. La plateforme NANOTEEMAT développée et gérée par l'équipe est un atout majeur pour ces développements.

Les projets scientifiques sont donc à la fois originaux avec une prise de risque mesurée et mettant en valeur les savoir-faire de l'équipe. Le projet des nanofils cœur-coquille est emblématique de la position que prend l'équipe au sein du laboratoire et qui est un pont entre les deux départements du laboratoire. Au niveau des moyens, notons une taille sous-critique de l'équipe en permanents au regard des projets, du grand nombre de collaborations et de la responsabilité prise dans la plate-forme NANOTEEMAT. Le matériel de croissance est vieillissant et il faudra certainement y investir des moyens en équipement dans le prochain quadriennal.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Excellente équipe, très dynamique au regard de sa petite taille et de son investissement sur tous les fronts. La visibilité internationale est très bonne et les projets sont à la fois originaux et bien positionnés dans le cœur des recherches du laboratoire.

- Points forts et opportunités :

L'équipe a un savoir-faire unique en matière d'élaboration de nanostructures épitaxiées variées de nanostructures Silicium Germanium. L'auto-assemblage 2D sur des substrats préstructurés par FIB est une expertise reconnue de l'équipe. Cette équipe fait le pont entre les deux départements et fournit des systèmes originaux pour les autres équipes.

- Points à améliorer et risques :

L'équipe peut encore gagner en visibilité en publiant plus dans des revues de très haut facteur d'impact. Elle a certainement vocation à être encore plus couplée avec les équipes du laboratoire, et à être à l'origine de nouveaux systèmes qui pourront ouvrir vers des composants innovants. Cependant le risque est dans les moyens à mettre en œuvre rapidement (moyens matériels et humains, soutien en moyens aussi au niveau la plateforme NANOTEEMAT).

- Recommandations :

L'équipe a une longue tradition de travail de recherche sur le Silicium-Germanium. Elle peut certainement diffuser ce savoir faire notamment à travers les réseaux tels que les GdR, les réseaux des grandes centrales, et veiller ainsi à diffuser ses échantillons au niveau local et national.



- Intitulé de l'équipe : Contraintes Mécaniques dans les Objets de Petites Dimensions
- Responsable : Olivier THOMAS
- 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	6
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1	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)	3	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2	2
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)	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe CMO développe une recherche de tout premier plan sur les champs de contraintes dans des cristaux de dimensions submicronique ou nanométrique. Les activités de recherche couplent activités expérimentales, en particulier la diffraction des rayons X (au laboratoire ou sur des sources synchrotrons) et les simulations numériques. Deux axes principaux sont abordés :

(i) Couplage entre composition et contrainte dans des objets de petites dimension, avec en particulier l'étude de l'interdiffusion aux interfaces (multicouches cohérentes CuNi, multicouches SiGe/Si), la distribution de contraintes et de composition dans les îlots semi-conducteurs SiGe et la relation cinétique de formation-contrainte dans les siliciures. Le dispositif original couplant mesure de courbure et diffraction des RX permet d'effectuer des mesures in-situ déformation-contraintes.

(ii) La deuxième thématique concerne l'étude des déformations locales à l'échelle du nanomètre dans des semi-conducteurs et des nanocristaux métalliques. Cette étude est motivée par la grande inhomogénéité des déformations dans les objets de petite taille. L'utilisation de la diffraction sur source X synchrotron est ici indispensable et en particulier la micro-diffraction en faisceau blanc, ou la diffraction cohérente, avec dans ce dernier cas un développement des méthodologies original. L'étude de silicium monocristallin, contraint de manière périodique, a par exemple permis en comparant diffraction et simulation par éléments finis de remonter au champ de déformation.

L'étude par diffraction cohérente de nanofils et le développement de la technique d'holographie ouvrent des perspectives très intéressantes pour la mesure du champ de déformation avec une résolution de l'ordre de 1 nm.

Les recherches conduites dans le groupe CMO présentent un très bon équilibre entre recherches partenariales avec l'industrie de la microélectronique et recherche 'académique' sur des problèmes fondamentaux. Cette approche permet une bonne 'fertilisation' croisée. De nombreuses collaborations nationales (GDR Mecano) et internationales sont en place.

Les résultats ont donné lieu à de nombreuses publications régulières dans des ACL (en moyenne plus de 10 par an, ou 2,7 articles par an et par ETPR) et environ 4 conférences invitées par an (1,3 invitations par an et par



ETPR) , la plupart étant des conférences internationales, ce qui atteste de l'excellente reconnaissance nationale et internationale de l'équipe.

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

L'équipe CMO est bien implantée dans la communauté nationale 'propriétés mécaniques à petites échelles' où elle joue un rôle moteur avec la direction du GDR Mecano. L'équipe a mis en place des partenariats réguliers avec les industriels, STMicroelectronics, et ATMEL (plusieurs thèses chaque année) et est partenaire de plusieurs ANR. Elle utilise régulièrement les grands instruments (ESRF, Soleil, ALS) pour un temps de faisceau qui correspond à environ 6 semaines par an, ce qui est remarquable. Elle a par ailleurs établie plusieurs collaborations internationales, notamment en Europe (MPI Stuttgart, Univ. Loeben, Univ. Linz, Univ. Debrecen et Univ. Liège) et aux Etats-Unis (Univ. Cornell, Univ. Illinois, Argonne Nat. Lab. et IBM Yorktown Heights).

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé est dans le prolongement des activités des deux thématiques présentées.

- Pour la thématique 'contrainte, composition et cinétique à l'échelle nanométrique' l'objectif à moyen terme est d'obtenir une caractérisation à l'échelle nanométrique des déformations et composition. Au-delà des objets déjà en cours d'étude, l'équipe propose d'aborder l'étude des nanofils métalliques Ag/Au ou semi-conducteurs présentant une structure cœur coquille. La détermination du gradient de composition et l'effet induit sur le champ de déformation par diffraction anormale seront complétés par des simulations à l'échelle atomique.
- Pour la thématique 'déformation locale', le développement des techniques micro-Laue et diffraction cohérente sera poursuivie. Deux thématiques principales sont poursuivies : la première, en collaboration avec ST vise à mieux comprendre les propriétés thermo-mécaniques des dispositifs à l'échelle nanométrique et en particulier dans les procédés d'intégration 3D. La deuxième thématique vise à comprendre l'effet de taille sur les propriétés mécaniques de nano-objets.

Il s'agit d'un projet ambitieux, pour lequel les moyens sont déjà en place.

Ces projets contribuent à trois actions transverses du laboratoire ce qui montre le rôle important de l'équipe dans les projets du laboratoire : (i) couplage croissance, composition, contraintes, (ii) fiabilité du matériau au système et (iii) intégration hétérogène.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

Il s'agit d'une équipe de tout premier plan dans le domaine de l'étude des propriétés mécaniques aux petites échelles. Le fort investissement de l'équipe dans l'utilisation de la diffraction/diffusion des rayons X en particulier sur les grands instruments a donné lieu à de très jolis résultats qui sont complétés par des simulations numériques.

L'équilibre entre sujet à caractères fondamentaux et ceux issus de problématiques de l'industrie de la micro-électronique est tout à fait pertinent.

- **Points forts et opportunités :**

Le point fort est l'expertise très homogène de l'équipe dans le domaine de la mécanique des nano-objets, son expertise dans l'utilisation des techniques de pointes en diffraction des rayons X couplées à des simulations à différentes échelles. Un autre point fort, source d'opportunités, est l'interaction entre les micro- et nano-technologies au sein de cette équipe.

- **Points à améliorer et risques :**

L'équipe doit arriver à recruter un chercheur CNRS pour prendre en main une partie de l'expérimentation grands instruments. Plusieurs jeunes chercheurs sont en mesure de passer leur HDR ce qui permettrait de prévoir





leur insertion dans la direction de l'équipe et qui aiderait à ne pas focaliser l'encadrement officiel de tous les doctorants sur un seul habilité à encadrer les recherches.

– **Recommandations :**

L'équipe doit continuer sur cette excellente dynamique

- **Intitulé de l'équipe :** Défauts étendus et Nano-objets : structure et thermodynamique (DENO)
- **Responsables :** B. PICHAUD, J. THIBAULT, P. MAUGIS
- **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	
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	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)	1	
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)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées		

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe Deno conduit des recherches sur l'étude des défauts étendus et des nano-objets, et en particulier les effets des surfaces et interfaces sur la structure et la stabilité des matériaux. L'analyse fine de ces défauts permet d'appréhender leur mobilité, la ségrégation et leurs conséquences sur les propriétés. Les matériaux étudiés couvrent un large spectre d'application: semi-conducteurs et microélectronique, conversion d'énergie, matériaux de structure en particulier pour le nucléaire. L'activité de recherche de l'équipe DENO est articulée autour de trois thématiques menée par un potentiel humain équilibré : (i) relaxation des systèmes contraints, (ii) Stabilité des nano-phases, nano-chimie, (iii) Thermodynamique et microstructure des matériaux pour l'énergie. Les activités de recherche sont conduites essentiellement par des approches expérimentales en utilisant une instrumentation de pointe telle que la microscopie électronique à transmission quantitative, les grands instruments (X et neutrons) et des expériences de calorimétrie et de spectrométrie de masse pour l'acquisition de données thermodynamiques.

Parmi les nombreux résultats obtenus on peut noter à titre d'exemples l'imagerie de cœur de dislocations dans SiC 4H, la mesure de contraintes à l'échelle nanométrique par CBED, la structure de nano-particules d'aluminium dans leur coquille d'alumine déterminée par diffraction X et neutron, l'étude des matériaux de structure dans les centrales électronucléaires (système Ag-Cd-In).

De nombreuses relations partenariales ont été mises en place avec le milieu industriel et surtout académique.



L'équipe s'est également fortement investie dans l'instrumentation, en particulier autour du microscope en transmission Titan corrigé, qui fait parti de la plateforme nationale METSA et de la réalisation d'un spectromètre de masse haute température pour la détermination du potentiel chimique des espèces.

Les résultats ont donné lieu à des publications régulières dans des ACL de bonne notoriété (en moyenne 23 par an, soit 2,5/ETP.an) et environ 5 conférences invitées par an, ce qui atteste d'une productivité soutenue et d'une reconnaissance extérieure certaine.

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

L'équipe DENO a une bonne reconnaissance nationale et internationale dans son domaine de recherche et en particulier en microscopie électronique à transmission appliquée à l'étude des défauts, en thermodynamique et pour l'étude des matériaux pour l'énergie. Les 25 % de ressources externes venant de la CEE et près de 50 % de publications issues de collaborations étrangères confirment ce bon rayonnement. L'équipe organise régulièrement des colloques et écoles. Elle fait partie du réseau METSA et accueille à ce titre des utilisateurs extérieurs. Au moins 4 permanents sont impliqués dans le fonctionnement de la plateforme « MicroscopeTitan » et notamment grâce à ces compétences, elle entretient de nombreuses collaborations inter-équipe au sein de l'IM2NP.

- **Appréciation sur le projet :**

Pour son projet l'équipe DENO propose de se séparer en deux équipes : Défauts et nano-objets dans les semi-conducteurs (DNO) d'une part et Matériaux pour l'énergie nucléaire (MEN) d'autre part.

Le projet de l'équipe DNO, est articulé autour des deux thématiques :

- 1- Etudes des défauts ponctuels et étendus et de leurs interactions
- 2- Elaboration et caractérisation de nano-objets.

Ces deux thématiques bénéficieront du développement de la microscopie très haute résolution et HAADF pour aller vers une imagerie quantitative permettant de déterminer la position et la nature chimique des atomes. Cette technique devrait permettre des avancées significatives dans l'étude des défauts. De nombreuses collaborations sont déjà en place et le projet est tout à fait pertinent.

La nouvelle équipe MEN regroupe les thermodynamiciens et métallurgistes de l'équipe originelle DENO. Les activités de recherche seront progressivement orientées vers les études des matériaux pour l'énergie nucléaire en profitant des opportunités de partenariat nationales et locales (centrale de 4<sup>ème</sup> génération, projet ITER, CEA-Cadarache et Marcoule réacteur Jules Horowitz). Cette orientation thématique avait été jugée risquée lors de la précédente évaluation mais les sollicitations réaffirmées du secteur nucléaire, la mise en place d'une filière d'enseignement spécifique (Masters « Sciences de la fusion » et « Energie nucléaire ») et le recrutement récent d'un professeur spécialiste du domaine confère maturité et pertinence à ce projet de nouvelle équipe qui s'articulera suivant deux axes : (i) thermochimie des matériaux inorganiques et (ii) cinétique d'évolution des microstructures.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Il s'agit d'une équipe de tout premier plan dont l'expertise autour de la structure des défauts, des nano-objets, des matériaux de structure, en particulier pour l'énergie, et de la thermodynamique est reconnue nationalement et internationalement.

- Points forts et opportunités :

Les équipements expérimentaux de très haut niveau comme le microscope Titan et l'expertise dans le domaine des défauts et des nano-structures sont des points forts de l'équipe. Le couplage thermodynamique, étude structurale et modélisation pour les matériaux pour l'énergie nucléaire constitue une opportunité de développement. L'implication dans les réseaux nationaux (GdR, METSA, Carnot, etc.) et dans la plateforme régionale CIM-PACA sont des atouts.



– Points à améliorer et risques :

La nouvelle équipe DNO devra veiller à trouver un ou des nouveaux coordinateurs qui devront prendre le relais des principaux leaders dont le départ est programmé. L'équipe MEN devra quant à elle veiller à bien coordonner ses différentes activités de recherche en interaction avec les autres équipes de l'IM2NP pour éviter une marginalisation dans un institut fortement orienté vers l'électronique en général.

– Recommandations :

L'équipe DNO devra poursuivre voire renforcer ses compétences scientifiques s'appuyant sur la microscopie pour une exploitation optimale des techniques tout en préservant son leadership reconnu sur les thèmes affichés.

La nouvelle équipe MEN devrait tenter de formaliser davantage son partenariat privilégié avec le CEA par exemple par une reconnaissance « équipe correspondant CEA ».

Cette équipe a aussi la lourde tâche d'assumer le devenir de la thermodynamique au sein de l'IM2NP et du site marseillais en étant force de proposition.

- Intitulé de l'équipe : MAG - Magnétisme
- Responsable : A. STEPANOV
- 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)	5	5
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1	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	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
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)	2	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe 'Magnétisme', constitué d'un chercheur et de cinq enseignants-chercheurs, étudie la dynamique de spin dans les systèmes magnétiques quantiques à fortes corrélations électroniques. Les moyens utilisés sont le plus souvent autour de la technique RPE (résonance paramagnétique électronique) dans sa version multifréquences. Les sujets traités par ce groupe sont les semiconducteurs magnétiques dilués (DMS), le magnétisme d'amas de la taille de quelques atomes à des tailles nanométriques, la réalisation d'un bit quantique dans un solide et la manipulation de son spin.

Sur la première thématique le groupe travaille sur des matériaux en vogue, comme ZnO avec un dopage de Co ou GaN dopé Mn, mais aussi sur des matériaux déjà bien étudiés, comme par exemple Ge dopé Mn, et Si dopé par des métaux de transition. Une découverte clef dans ce domaine est publiée dans leur article de 2006 dans



Physical Review Letters (PRL) montrant que le Co dans le ZnO est positivement chargé et montre une anisotropie magnéto cristalline importante. Sur le même sujet et dans la même revue le groupe publie une année plus tard un papier de tout premier plan montrant que le couplage entre impuretés magnétiques est antiferromagnétique et faible, ce qui est en contradiction flagrante avec la prédiction par T. Dietl et al. (Science 2000).

Le second domaine est non moins intéressant : dans les amas magnétiques, les études portent sur des dimères, des nanoparticules de Ni, les bandes interdites de spin et l'énergie d'échange. Les matériaux choisis sont à base d'oxydes de vanadium (vanadates), dont les entités magnétiques sont les ions de vanadium, ainsi que des vanado-phosphates. Un résultat marquant de l'équipe est la révélation de dimères magnétiques dans le cas du CsV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Pour la réalisation de bits quantiques, un système étudié est le CaWO<sub>4</sub> avec Er<sup>3+</sup> montrant un moment magnétique élevé ( $J = 15/2$ ) ou encore le MgO dopé au Mn<sup>2+</sup> avec un spin de  $S = 5/2$ . Le temps de cohérence de phase T<sub>2</sub> est de quelques millisecondes et le temps de relaxation de spin T<sub>1</sub> est d'environ 100 millisecondes. Les résultats sur le premier système ont été publiés dans Nature Nanotechnology en 2009; les résultats sur le deuxième sont tout récents et ont été présentés par l'équipe sur une affiche.

Sur le plan expérimental, l'équipe dispose des moyens de mesures très fines sur le magnétisme : un magnétomètre à base de SQUID, un magnétomètre de type MAGLAB 2000, un spectromètre Bruker et accès à une plateforme RPE à bande X pulsé.

Le responsable, MAG a fait une présentation de qualité sur les recherches menées par le groupe 'magnétisme' dans son ensemble, ainsi que les projets à venir. De surcroît, la qualité des explications fournies par les jeunes chercheurs et doctorants de l'équipe, sur les résultats présentés par affiche, était excellente.

On peut considérer que la productivité en termes de nombre de publications est bonne, avec 19 articles cités dans le rapport quadriennal 2006-2010, ce qui revient à 2 articles par ETPR et par an. Toutefois, il est vrai que 8 de ces publications semblent provenir d'une activité moins fortement liée au groupe et éventuellement dominée par les co-auteurs externes. Ces publications portent le nom d'un seul membre du groupe, par l'un d'entre eux arrivé seulement en fin 2008. Ce n'est donc pas clair si ces articles émanent d'un travail antérieur ou bien s'ils sont le fruit d'une collaboration actuelle. Les 11 autres publications sont clairement issues de l'activité du groupe et apparaissent dans d'excellentes revues et à fort impact : 4 Physical Review B, 2 Physical Review Letters, 2 Journal of Magnetism and Magnetic Materials, et 1 Nature Nanotechnology.

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

Les membres de l'équipe participent régulièrement aux conférences et workshops sur le plan national voire international. Il est vrai que les conférences invitées ne sont pas si nombreuses, avec 4 en total (3 réparties sur 2 membres), mais la visibilité de ce groupe, jugée sur l'impact des papiers mentionnés ci-dessus, est toutefois excellente.

L'équipe montre une très bonne attractivité car elle attire des jeunes chercheurs et des doctorants avec régularité. En particulier, l'équipe a pu recruter une personne idéale pour effectuer le nouveau projet de MRFM (Magnetic résonance force microscope). La capacité d'obtenir des fonds extérieurs est manifestée par le fait que l'équipement pour ce projet est déjà financé.

L'équipe collabore à l'intérieur du laboratoire étroitement avec le groupe TMS, mais aussi avec les groupes DENO et DUS. Elle entretient de nombreuses collaborations externes au laboratoire en France avec le CRHEA Grenoble, ENSC Rennes, CEMES et LNCMP Toulouse, CEREGE Arbois, CEA Saclay, CENG et Institut Néel Grenoble. A l'étranger, les collaborations principales sont avec l'université de Kiev, Ukraine, le National High Magnetic Field Laboratory, à Tallahassee Floride, et d'autres établissements encore en RFA, Roumanie, etc. Ces listes témoignent de la volonté d'ouverture nationale et internationale de la part de l'équipe.

- **Appréciation sur le projet :**

Lors de la préparation du plan quadriennal 2012-15, l'équipe magnétisme a su prendre le recul nécessaire et se projeter dans l'avenir, avec ces contraintes imposées. Le projet scientifique futur est composé de parties qui représentent une suite logique aux lignes citées précédemment, mais aussi de deux parties innovatrices. Il s'agit de la construction d'un microscope à force atomique magnétique (MFM) permettant la mesure de la résonance



magnétique à l'échelle nanométrique, voir atomique (MRFM). La résonance magnétique au sein du MRFM sera réalisée grâce à une configuration microbande, ou 'microstrip' à proximité de l'échantillon, ce qui amène le champ haute fréquence, et la force exercée sur une pointe magnétique sera détectée.

La deuxième innovation est la détection électrique de la résonance magnétique (EDMR) une méthode directe et sensible à la concentration, la localisation et l'énergie des dopants ou défauts. Dans la continuité des études des semiconducteurs magnétiques dilués, le groupe va étudier par RPE le cas du dopage  $p$  de ZnO par l'azote, ainsi que par la mesure EDMR d'impuretés magnétiques dans le Si, avec une résolution de  $10^{-12}$  impuretés magnétiques par atome du solide hôte.

Non moins probant, l'équipe poursuivra ses recherches sur la réalisation de bits quantiques à l'état solide. L'enjeu est de maîtriser la durée de l'état cohérent ainsi que les mécanismes de décohérence quantique. Les méthodes que maîtrise l'équipe, à savoir la RPE et le EDMR résolues temporellement, seront mises à profit.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

La qualité des résultats obtenus ainsi que le niveau scientifique des membres sont très élevés. Les collaborations sont très fructueuses et le groupe est bien dirigé.

- Points forts et opportunités :

L'équipe travaille sur des sujets porteurs. Elle est bien positionnée au niveau national et international. Les deux nouveaux projets envisagés ont un potentiel énorme.

- Points à améliorer et risques :

Il serait mieux d'être plus présent dans les conférences pour se faire connaître d'avantage. En outre, on recommande de se faire identifier comme 'Principal Investigator' sur les projets phares afin d'augmenter le nombre d'invitations. Le projet MRFM est un sujet avec une concurrence importante, en particulier par le groupe de D. Rugar IBM Almaden et des anciens collaborateurs Christian Degen (ETH Zurich) et Martino Poggio (Université de Bâle). Le contact avec ces équipes serait bien bénéfique ainsi que le fait de choisir des sujets d'investigation complémentaires.

- Recommandations :

au niveau du personnel il y a deux départs à la retraite en 2011 et 2012. Le groupe est petit et, malgré son bon ancrage au sein du laboratoire ainsi que sa bonne productivité, ceci représente une certaine fragilité. Il est recommandé de renouveler ces postes, éventuellement par un MCF arrivant en 2011 et un MCF/PR entrant, dans l'intervalle 2012-2013.



- Intitulé de l'équipe : TMS - Théorie, Modélisation, Simulation
- Responsable : J-M. DEBIERRE
- 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	11
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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)		
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)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6

L'équipe TMS a une expertise reconnue dans les domaines de la modélisation et simulation des propriétés des nano-matériaux. Séparés en deux axes thématiques, d'une part la croissance des matériaux et d'autre part leur structure électronique ou magnétique, les travaux portent sur une dizaine de sujets assez distincts à la pointe de la recherche actuelle.

Des collaborations étroites avec les équipes expérimentales internes au laboratoire ont porté leurs fruits.

Par exemple, on remarque les études menées sur la croissance par solidification (équipe MCA), sur la croissance de nanostructures (équipes NSCE et DUS), sur l'adsorption et l'auto-organisation de molécules (équipe Nano), sur le magnétisme dans les semi-conducteurs magnétiques dilués (équipe MAG) et sur les oxydes de métaux réactifs (équipe  $\mu$ CAPT). D'autres sujets, par exemple les électrons fortement corrélés et le magnétisme dans les nanostructures, sont activement étudiés. Les publications résultent le plus souvent d'une collaboration avec d'autres chercheurs en France ou à l'étranger et apparaissent dans les revues à fort impact (Physical Review Letters, Physical Review B, Surface Science, etc.). Les permanents de l'équipe TMS sont des enseignants-chercheurs ; à l'heure actuelle il n'y a pas de membre CNRS. Sur le plan matériel, l'équipe a un serveur local de calcul, comprenant des logiciels spécifiques de simulation ou de modélisation, et elle participe activement au projet 'PLACS', à terme une plateforme de calcul scientifique de haut niveau, évalué séparément.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Les questions abordées par l'équipe TMS ont un enjeu sur le plan national voire international. Plutôt de qualité académique, ces questions ont le plus souvent des applications en vue. Dans chaque domaine, les aspects originaux sont régulièrement, mais pas toujours, mis en valeur avec une prise de risque moyenne. Certains travaux sont fédérateurs (solidification 3D, oxydes multiférroniques, spintronique) alors que d'autres sont plus académiques (structures et propriétés de couches minces, dépôts moléculaires). Mais dans les deux cas, le savoir-faire de l'équipe apporte des éléments nouveaux, qui touchent une large communauté. Le taux assez élevé de citations d'articles clés en est témoin. La diversité des compétences (physique macroscopique, théorie quantique des solides, méthodes numériques,...) au sein d'une même équipe est un point fort, ce qui encourage les thématiques transversales.



Alors que la qualité des publications est bonne, la production globale de l'équipe se place dans la moyenne. Par exemple, le bilan annuel est un article en moyenne par chercheur (ou 2 par ETPR et par an puisque ce sont tous des enseignants). Ce chiffre reste modeste pour de tels domaines théoriques. Au vu du nombre de HDR (6), le nombre de thèses encadrées (4) et en cours (4) est satisfaisant. En outre, le bilan des participations aux congrès, des conférences invitées et la participation aux 'workshops' est également satisfaisant.

D'après les informations fournies, l'équipe n'entretient pas de contrats avec le secteur industriel et le nombre de bourses de type CIFRE n'est pas indiqué. Cependant, dans le contexte du projet PLACS, le secteur informatique est impliqué d'office. Les partenariats de l'équipe sont avec des instituts de recherche en France (IRPHE et Institut Fresnel, Marseille, CRHEA, Sophia-Antipolis) et à l'étranger (Canada, États-Unis, Allemagne, Ukraine et Grande Bretagne).

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

L'équipe TMS démontre une bonne attractivité. Deux enseignants-chercheurs, plusieurs post-docs et doctorants étrangers ont rejoint l'équipe depuis 2003 et l'accueil de professeurs invités est régulier. Le nombre de conférences et workshops dont l'équipe est participant, ou même co-organisateur, témoigne de sa bonne implication dans les domaines pertinents. Sur le plan national, elle participe au GDR 'Champ de phase' ainsi que plusieurs workshops sur la simulation numérique. À l'échelle internationale, outre les collaborations déjà mentionnées, elle est impliquée dans des plateformes européennes. Le nombre de conférences invitées est de 12 pour la période, soit environ 0,5 par ETPR et par an.

L'intégration de l'équipe dans l'environnement local est excellente. Nous avons souligné les nombreux sujets en commun avec les équipes expérimentales de l'IM2NP (en particulier Nano, MAG, NSCE, MCA et DUS) qui ont déjà conduit à publication. L'équipe TMS participe activement dans l'enseignement et l'organisation de deux masters (Master de physique et Minelec) et de la licence de physique. En collaboration of l'ECM, une nouvelle filière de master 'nano' est en chantier. De surcroît, la plateforme numérique PLACS comporte une étroite collaboration avec d'autres UMR (IRPHE, Institut Fresnel, etc.). Tous ces éléments témoignent de la bonne intégration de l'équipe dans son environnement.

Hors financement récurrent, l'équipe TMS a mobilisé ses atouts pour obtenir des financements corrects. Elle participe à 4 ANR, un projet régional, quelques projets de type CNRS ou MESR mais aussi internationaux. Les activités dans leur domaine se traduisent par les conférences, les publications et les collaborations internationales. Spécifiquement, sur 56 ACL publiés depuis 2006, la moitié relève de collaborations avec l'étranger, y compris l'article récent le plus cité : P. Sati et al., Physical Review Letters 96, 2006 (87 citations à l'heure actuelle).

Étant constitué d'enseignants-chercheurs, l'ensemble de l'équipe a une mission de formation en physique à et par la recherche. Ils participent à l'organisation des cursus, à la création de nouvelles filières et au développement des ressources. Outre l'organisation des cours, ils sont souvent appelés pour les jurys de thèses ou HDR et font des expertises des projets de financement et des articles pour les revues. Certainement coûteuses en temps, ces activités témoignent du dévouement de l'équipe auprès de leur établissement, et même au-delà.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet 2012-15 présenté par l'équipe TMS est en grande partie la suite logique des thématiques actuelles. Cependant, quelques axes majeurs ont été mis en avant et les collaborations, internes au laboratoire, précisées. Les thématiques abordées seront toujours la croissance, la structure des nano-matériaux et leurs propriétés électroniques et magnétiques. Le premier axe comprend l'auto-organisation de polymères sur les surfaces (avec l'équipe Nano) et la croissance dendritique 3D (équipe MCA). Dans le domaine des semiconducteurs, outre la modélisation des nanostructures formées par hétéroépitaxie (par exemple le système Si/Ge), on s'intéressera aux semiconducteurs à grands gaps (AlGaIn, InGaIn) sous forme de boîtes quantiques. D'un intérêt en opto-électronique, ces axes impliquent les équipes NCSE, CMO et RDI. L'aspect modélisation vient en complément des compétences ou techniques maîtrisées au laboratoire (microscopie électronique, diffraction des rayons X, sonde atomique, par exemple).

Le nanomagnétisme et la spintronique prendront une place importante également. Il s'agit de l'aimantation dans les semiconducteurs dopés, de la dynamique de l'aimantation dans les couches minces ou les nano-piliers, du





couplage à un courant polarisé en spin, etc. Ces sujets, sont activement explorés dans la communauté de ‘magnétisme’ en France ou à l’étranger, dont les enjeux sont bien connus. D’autres problématiques concernent les propriétés remarquables des oxydes de métaux, oxydes multiferroïques, etc., en fonction du dopage ou du désordre.

Les projets de l’équipe TMS sont donc cohérents, pertinents et en bonne adéquation avec de nombreuses équipes du laboratoire (Nano, NSCE, CMA, DUS, etc.). Cependant, la thématique croissance pourrait subir une nette baisse d’effectifs (de 2,25 à 1,25 ETPR) ce qui rend le projet quelque peu ambitieux. Le recrutement éventuel d’un professeur ou d’un chercheur CNRS est donc un projet à soutenir.

Une politique d’affectation de moyens n’est pas discutée dans le projet, hormis la plateforme PLACS qui nécessitera des demandes spécifiques de financement ou de poste. Le projet ne présente pas de prise de risque majeur, qui comprend en grande partie des sujets déjà amorcés. En revanche, la question se pose sur le nombre restreint de personnes dédiées à chaque thème. Même si les idées sont intéressantes, la concurrence dans certaines voies est importante, et on devrait plutôt mettre l’accent sur les compétences les plus originales de l’équipe.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l’équipe :

L’équipe TMS maintient une bonne qualité de recherche sur une variété de questions pertinentes dans les axes abordés : la croissance, les structures, et les propriétés des matériaux. Il s’agit d’une équipe dynamique, ayant les savoir-faire adaptés aux problèmes posés. Des collaborations fructueuses ont été développées avec plusieurs équipes de l’IM2NP dont la qualité des contributions est reconnue sur le plan national, voire international. La variété de sujets abordés a parfois conduit à des questions transversales, mobilisant différentes compétences. Le bilan scientifique depuis le début du plan quadriennal précédant, ainsi que le nouveau projet fourni, ont été préparés avec le plus grand soin. Ceci témoigne du bon fonctionnement de l’équipe.

L’activité scientifique est tout de même moins prolifique que ce que l’on peut attendre d’une équipe théorique. Dans ce contexte, on doit suggérer un recentrage des thématiques, en particulier si les effectifs sont réduits, et d’avantage d’efforts sur les réseaux de compétences ou partenariats extérieurs. L’équipe gagnerait en impact au niveau des articles en visant spécifiquement les problèmes dont leur compétence est la plus marquée. Certes, les collaborations internes avec les expérimentateurs représentent une stratégie solide, à maintenir. Mais aussi, afin d’avoir un rôle plus fédérateur, l’équipe doit mener de front les sujets phares, avec les moyens les plus originaux.

- Points forts et opportunités :

L’équipe TMS a développé des savoir-faire numériques et théoriques sur une variété de sujets à la pointe de la recherche sur les nanomatériaux. Bien que de taille moyenne, une large gamme de compétences y sont réunies (champ de phase, structure électronique ab initio, dynamique moléculaire, etc.). On souligne les nombreuses collaborations avec les équipes expérimentales de l’IM2NP et en bonne adéquation avec les projets du laboratoire. Le bilan quantitatif et qualitatif concernant son impact dans les domaines des nanomatériaux est correct, l’attractivité et rayonnement de l’équipe sont bien, et l’obtention des contrats et des projets de financement sont apparemment suffisants. L’ouverture aux collaborations internationales est avérée ; un nombre significatif d’articles sont publiés avec des co-auteurs étrangers. L’implication de l’équipe dans le projet de plateforme de calcul scientifique ‘PLACS’ est également un point majeur.

- Points à améliorer et risques :

La production scientifique, en particulier le nombre moyen d’articles publiés, reste modeste. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées, en particulier le manque de bras et de temps. Évidemment la nature ou la complexité des problèmes abordés sont des facteurs, mais la question de rentabilité se pose. Parfois, on a l’impression qu’un problème est choisi parce qu’il est à la mode et non pas parce qu’il existe une aptitude particulière au sein de l’équipe. Le trop grand nombre de sujets abordés émerge alors comme point faible, bien que dans le projet les choix sont affinés et les collaborations précisées. Le problème est ici accru car l’équipe est





constituée entièrement d'enseignants-chercheurs avec quelques départs dans un avenir proche. Pour paliers ces constatations, l'équipe propose deux recrutements dans le projet, un point qui logiquement devrait être soutenu.

– **Recommandations :**

Alors que l'avis global reste positif, un bilan de productivité et d'impact scientifique amélioré pourrait être atteint. On conseille fortement le recentrage des thématiques, éventuellement selon les deux axes du projet soumis, de fournir un effort supplémentaire sur la participation dans des réseaux de compétence ainsi qu'une présence durable dans les conférences et workshops spécialisés. Le recrutement éventuel de 2 chercheurs permanents, envisagé par l'équipe, est également recommandé. L'articulation entre la recherche et les charges d'enseignement ou tâches administratives doit être surveillée de près. Enfin, malgré la qualité des travaux de l'équipe TMS, un effort plus marqué doit être fait sur les sujets phares, pour lesquels l'équipe détient le plus de compétences.

## 4.2 – Département Microélectronique

- **Intitulé de l'équipe :** DUS - Dispositifs Ultimes sur Silicium
- **Responsables :** D. MUNTEANU, J-L. AUTRAN
- **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)	4	3
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2	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)	3	2
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0.25
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)	9	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Cette équipe a su construire dans un temps court (elle existe depuis 10 ans) une position très forte et originale dans le paysage français, mais aussi largement international. La stratégie qui a sous-tendu cette construction est très intelligente, et ceci est d'autant plus vrai que la moyenne d'âge de l'équipe est relativement basse. Les recherches menées couvrent 3 domaines :

- 1) simulations (atomistique, effets quantiques, transport) dans les nano-dispositifs préfigurant l'avenir des structures à base de CMOS ;



- 2) modélisation compacte des nano-transistors dans l'optique de proposer des schémas cohérents pour la simulation des circuits basés sur ces technologies futures (et pour certaines déjà actuelles) ;
- 3) fiabilité vis-à-vis des modes de dégradation électriques intrinsèques et vis-à-vis de l'impact des radiations sur les technologies CMOS avancées.

L'association de 3 thématiques apparemment assez différentes au sein d'une même équipe est une approche originale de la recherche, mais l'équipe a montré que c'est pertinent et cela fonctionne très bien, comme en témoignent les contributions croisées à la production scientifique.

Les travaux menés par l'équipe DUS ont un impact très fort à la fois parmi la communauté académique (forte implication dans les projets ANR, les projets européens de type IP, nombre très élevé de présentations invitées dans de grandes conférences internationales, et de façon générale taux de publications très élevé) et auprès des industriels qui sollicitent l'équipe par des contrats, des thèses CIFRE, ...

Plusieurs distinctions très significatives attestent de cette renommée de l'équipe.

Les relations contractuelles sont de très bonne qualité, pérennes, et participent également de façon très claire au développement d'une activité sur des thèmes plus amont développés dans l'équipe.

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

3 membres de l'équipe ont reçu au cours de la période des distinctions de très haut niveau :

Un des pilotes a été membre junior de l'Institut Universitaire de France de 2003 à 2008, un autre a reçu le Grand Prix du Festival des Sciences et Technologies de Marseille en 2009, et un troisième a reçu le Young Scientist Award à la conférence GADEST en 2008. 6 présentations invitées dans de grandes conférences internationales ont été faites par des membres de l'équipe.

L'équipe DUS est visiblement très attractive, aussi bien pour les jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs que pour les chercheurs étrangers qui ont été invités (7 durant la période, dont 2 de Russie, 2 des USA et 2 du Royaume-Uni). Elle a également attiré de très bons post-docs étrangers.

La capacité à générer du financement propre est attestée par les nombreuses opérations auxquelles l'équipe participe, et les membres de l'équipe sont souvent à l'origine de ces opérations. Ils sont de façon générale très présents comme animateurs dans leur communauté scientifique mais aussi technique, à tous les échelons (création de manifestations, d'un GDR, coordination de plusieurs projets ANR, implication forte dans initiatives d'excellence, présence avec responsabilités dans les enseignements de Master 2, le conseil d'une des écoles doctorales, ...)

Les efforts dans le domaine de la valorisation ne sont pas en reste (2 brevets dans la période, l'un a été étendu au niveau mondial), et enfin certains membres de l'équipe DUS sont très actifs pour communiquer également vers le grand public.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet, qui est conçu dans la continuité de l'organisation actuelle de l'équipe, est tout à fait crédible et convaincant. Il inclut en particulier un effort pour mettre à disposition d'autres équipes de l'Institut certaines des compétences développées dans les thématiques « modélisation ». L'accent y est mis également sur la nécessité de l'équipe de ne pas s'endormir sur ses lauriers et de continuer à viser les plus hautes reconnaissances internationales, ce qui visiblement est une très bonne stratégie de stimulation de l'ensemble. Les moyens matériels soutiennent efficacement l'activité et sont bien répartis sur les différentes opérations d'envergure menées par l'équipe. Pour ce qui est des moyens humains, il faut prendre en compte en prévision le départ en retraite d'une personnalité qui joue un rôle éminent dans l'équipe et dans toute la communauté internationale, ainsi qu'une prise de fonction importante à l'étranger pour un des enseignants-chercheurs de l'ISEN. Les tutelles devront être attentives à réagir efficacement à ces départs compte tenu de l'impact de l'équipe DUS.



Un renforcement de l'équipe en ingénieurs (d'étude et de recherche) est indispensable compte tenu des 2 plateformes (ASTEP et LSM pour l'étude des effets radiatifs sur les circuits, PLACS pour le calcul scientifique) animées dans l'équipe.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Les travaux menés par l'équipe DUS sont d'un très bon niveau. Cette équipe a développé une stratégie de recherche, fondée sur une approche alliant modélisation théorique et expériences originales, qui lui a permis d'atteindre une reconnaissance internationale indéniable. L'avis global sur l'équipe DUS est donc extrêmement positif.

- Points forts et opportunités :

Sur tous les thèmes abordés, l'équipe DUS a de très bonnes opportunités de maintenir et renforcer sa présence, et le projet proposé devrait le permettre. Le caractère très original, avec l'association de théoriciens / modélisateurs et d'expérimentateurs sur des thèmes à la fois très exploratoires et à finalité industrielle, avec un terme relativement court pour certains, est un atout très fort, qu'il faudra savoir maintenir et faire fructifier.

- Points à améliorer et risques :

Une recherche de reconnaissance encore plus forte au niveau international (dossier ERC par exemple) serait bien entendu un plus pour l'équipe, qui est néanmoins déjà très performante sur cette rubrique de la reconnaissance. Le Comité a identifié un élément de risque dans le départ de personnalités présentes dans cette équipe, les recrutements effectués devront prendre en compte la nécessité de maintenir un potentiel de renouvellement régulier des thèmes de recherche.

- Recommandations :

Pour ce qui est de la gouvernance, assurée conjointement actuellement par un binôme il faudra bien entendu envisager une rotation pour continuer à impliquer de jeunes collègues, mais ceci est évoqué dans les perspectives.



- Intitulé de l'équipe : MEM - Mémoires
- Responsables : F. Lalande, J-M. PORTAL
- 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	12
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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)	2	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0.5	0.75
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)	15	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Les travaux menés au sein de l'équipe MEM relèvent de 3 domaines thématiques (pour ce qui concerne le bilan) :

- 1- étude de cellules de base mémoire en technologies dites « émergentes », à savoir principalement les dispositifs à commutation de résistance, ainsi que pour partie les dispositifs à effet tunnel dépendant du spin ;
- 2- caractérisation, modélisation et conception d'architectures innovantes autour des dispositifs classiques à stockage de charge sur grille flottante au sein de transistors Si (mémoires EEPROM, Flash, ...)
- 3- problèmes liés à la variabilité dans les processus industriels de fabrication de circuits CMOS.

Sur tous ces thèmes, l'équipe MEM (qui est jeune puisque démarrée en 2004) a su trouver un positionnement original au sein de la communauté française. Les travaux entrepris sont tout à fait pertinents, et montrent un souci de coller au plus près des préoccupations industrielles qui nécessitent l'apport de compétences académiques spécifiques. Les résultats obtenus ont un impact important dans ce domaine de recherche où la pratique du partenariat industrie - académie est indispensable.

La production scientifique de l'équipe MEM est très bonne. L'équipe communique en particulier beaucoup dans de grandes conférences internationales. Elle a également une activité importante en matière de brevets (6 brevets sur la période, presque tous étendus aux US, 4 sont en co-propriété avec ST Microelectronics). Un autre point sur lequel l'équipe MEM est très efficace est la production de thèses (16 thèses soutenues pendant la période, une majorité de ces thèses sont des financements CIFRE).

Les relations contractuelles de l'équipe MEM sont très fortes, surtout avec l'environnement industriel local (ST Microelectronics, ATMEL, ...), mais également sur les programmes institutionnels impulsés au niveau régional. L'équipe est un peu moins présente sur les projets ANR, par contre elle a été active dans 2 projets européens.



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

L'équipe a bénéficié d'un flux régulier de recrutement de jeunes enseignants-chercheurs depuis sa création. Ses membres sont très présents dans les entités d'enseignement (notamment à Polytech'Marseille), mais il y a également le directeur-adjoint d'une des écoles doctorales, ainsi qu'un membre du Conseil d'administration de l'université de Provence. Ces implications permettent en particulier à l'équipe MEM d'assurer un bon niveau de recrutement de ses doctorants, qui trouvent facilement des emplois à l'issue de leur thèse. Des enseignants-chercheurs de MEM occupent également des fonctions importantes dans un certain nombre d'instances régionales et nationales (direction de l'Institut Carnot, pôles de compétitivité, ...). Comme cela a été mentionné précédemment, la valorisation des recherches est aussi très bien prise en compte.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet marque une évolution assez importante dans la stratégie de l'équipe. Il est proposé de recentrer les activités sur 2 thématiques de recherche :

- 1- fiabilité (de dispositifs mémoires) sous sollicitations externes
- 2- développement de solutions innovantes

Cette réorientation résulte d'une analyse pertinente de l'environnement industriel d'une part (décrypté notamment à partir des dernières recommandations de l'ITRS), mais également des caractéristiques de l'équipe et de l'IM2NP en termes d'équipements. Le fait de ne pas disposer de moyens technologiques de réalisation de dispositifs de dimensions critiques à l'état de l'art a conduit l'équipe MEM à se recentrer, pour le 2nd axe thématique du projet, sur des matériaux et technologies accessibles dans l'Institut, ce qui inclut en particulier le développement de solutions mémoires innovantes sur support souple.

Les risques, bien analysés, se situent surtout au niveau de l'accrochage fort avec l'environnement industriel local (dans un contexte de forte restructuration) et de la dépendance technologique de l'équipe vis-à-vis de ses partenaires en termes d'accès aux dispositifs et circuits. Il y a également un petit risque lié au départ en détachement de longue durée de 2 membres de l'équipe.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'équipe, bien que jeune, a su trouver un positionnement très original malgré certains handicaps de taille, notamment celui de l'absence de moyens technologiques importants propres.

- **Points forts et opportunités :**

L'investissement très fort des membres dans nombre d'instances et dans les responsabilités en enseignement est un atout pour l'équipe et l'IM2NP, malgré bien entendu la perte de disponibilité correspondante. La réorientation proposée pour le projet résulte d'une bonne analyse du contexte industriel dans le domaine des mémoires, mais aussi des atouts présentés par l'appartenance à l'IM2NP notamment en termes d'accès à des matériaux et technologies innovantes.

- **Points à améliorer et risques :**

L'équipe MEM a un rôle très important à jouer dans la structuration globale de l'IM2NP à l'interface entre les actions d'élaboration de nouveaux matériaux dans le département Matériaux Nanosciences et le travail sur des technologies mémoires innovantes. Ces échanges doivent être maintenus et approfondis, cela permettra à l'équipe MEM de s'affranchir en partie du risque - reconnu d'ailleurs - lié à une forte dépendance vis-à-vis d'acteurs industriels en forte restructuration.

- **Recommandations :**

Le comité recommande de renforcer les échanges internationaux (échange de chercheurs invités, ...) et de mettre un effort spécifique dans la direction du recrutement d'un chercheur CNRS qui sans doute soutiendrait des recherches sur des thèmes plus amont.



- Intitulé de l'équipe : CCI - Conception de Circuits Intégrés
- Responsables : H. BARTHELEMY, S. BOURDEL
- 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)	8	9
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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)	1	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0.5	0.75
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	2.8	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	8	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	3

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Au cours du dernier quadriennal, l'équipe CCI a mené des recherches d'un très bon niveau, organisées autour de 2 thématiques principales avec une implication sur les 2 sites de Marseille et Toulon :

- 1- *Circuits & Systèmes Radiofréquences*: l'essentiel des travaux a porté sur les systèmes Ultra Large Bande, les System-On-Chip et sur les fonctions de filtrage radiofréquence. Cette thématique a permis de développer des solutions originales en particulier dans le domaine de l'Ultra Large Bande avec des amplificateurs faible bruit et des générateurs d'impulsions très faible consommation.
- 2- *Interfaces Analogiques & Numériques Basse Fréquence*: les travaux de recherche ont porté sur des circuits très faible consommation, des cellules et blocs IP pour applications cryptographiques, des blocs de génération de fréquence. L'équipe a développé des solutions innovantes sur des techniques de rétro-modulation, des filtres, des VCOs, des régulateurs....

Pour ces 2 activités, l'équipe s'appuie sur des systèmes Télécoms standards comme ZigBee, RFID 13,56 MHz, Ultra Large Bande pour disposer de spécifications réalistes. L'ensemble des développements sont réalisés sur des technologies CMOS standards et faible coût. Un des faits marquants de la période considérée est la réalisation d'un SoC ZigBee en technologie CMOS 0,25µm, protégée par 4 brevets. Une autre réalisation majeure est à signaler : un générateur d'impulsion UWB ne consommant que 2.25µW @ 250 kbits/s, ce qui le positionne parmi les meilleures références mondiales dans le domaine.

L'activité contractuelle de l'équipe CCI est également d'un assez bon niveau, avec un total de ressources propres de plus de 1.7 M€ sur les quatre années considérées. L'équipe a obtenu une très grosse proportion de ses revenus (1.4 M€) en provenance de STMicroelectronics (attention à la dépendance). L'équipe a aussi une collaboration avec ATMEL plus limitée en montant (100 k€). Elle n'a été impliquée que sur 2 projets ANR sur la période considérée (CAPUCINE, NANOSSENS). Le reste des financements provient de soutien régional et de thèses CIFRE. Malgré cette situation assez florissante, on peut noter cependant l'absence de participation à des projets européens.

L'équipe CCI a établi également des relations étroites avec d'autres équipes de l'IM2NP comme les équipes RFID-Capteurs, Micro-Capteur, Simulation & Systèmes et Nanostructuration qui lui permettent à la fois de diffuser



son savoir-faire et ses briques de bases et d'exploiter des techniques novatrices développées à l'intérieur de l'IM2NP.

La production scientifique de l'équipe CCI est de bon niveau : sur l'ensemble du quadriennal elle totalise une moyenne de 1.7 revues internationales à comité de lecture par an et par ETPR ainsi que 11 brevets, ce qui les place parmi les équipes de laboratoire productives en matière de brevets. Sur la même période 11 thèses (en coll. avec d'autres équipes de l'IM2NP), ont également été soutenues avec une moyenne de 3.5 ans par thèse. Cette durée est bien adaptée aux activités de conception de circuits.

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

A travers des projets collaboratifs auxquels elle participe, l'équipe CCI est bien présente dans son environnement local avec des partenariats avec STMicroelectronics et ATMEL. Au niveau national, l'équipe CCI a su nouer des relations avec le CEA-LETI et Orange-Labs sur les aspects Ultra Large Bande et avec MOOVEA sur les aspects capture de mouvement.

Plusieurs de ses membres sont membres d'instances de gouvernance de réseaux régionaux (CN RFID, SCS, CIM PACA, ARCIS) et participent régulièrement à des évaluations de projets (ANR). Sur le plan national, l'équipe s'implique sur le GDR SoC-SiP, a organisé la conférence TAISA (qui par la suite a été jumelée avec la conférence Nord-américaine NEWCAS) et a participé à 21 jurys de thèses à l'extérieur. Au niveau international, l'équipe CCI a su s'impliquer dans des comités de programme de grandes conférences internationales de bon niveau (Steering Committee de IEEE ICECS & NEWCAS, TPC chair IEEE NEWCAS, Editorial Board of AICSP et Associated Editor IEEE Trans CAS).

Il faut enfin noter que plusieurs membres de l'équipe CCI sont fortement impliqués dans l'administration de l'enseignement comme responsables de filières, en particulier au niveau du Master Minelec.

L'équipe CCI peut s'appuyer sur des moyens importants : outils logiciels de CAO (CADENCE, ADS, HFSS, ...), des moyens de mesures (mesures sous pointes 67 GHz, mesures sous pointes nanoWatt, ...), un accès à la fabrication Silicium (MPW du CMP Grenoble), des moyens de prototypage numérique (FPGA, DSP, Processeur ARM)

- **Appréciation sur le projet :**

Pour le prochain quadriennal, l'équipe CCI propose un projet intéressant de qualité, s'appuyant fortement sur la compétence mise en place, structuré autour de 3 thématiques de recherche assez complémentaires :

- 1- *Techniques Ultra Low-Power, Low Voltage* : cette thématique regroupera toutes les études liées au développement de cellules analogiques RF & BF programmable (introduction de numérique dans l'analogique, radio logicielle, circuits très faible tension d'alimentation, impulsions UWB programmables, ...) et de la modélisation low-power (méthodes de conception, modélisation)
- 2- *Intégration SiP* : il s'agit de développer les approches d'intégration hétérogènes avec des solutions SiP 3D, des interconnexions basées sur des communications RF chip-to-chip, des capteurs, des systèmes de mesures, du traitement de signal intégré afin d'aller vers de systèmes de réseaux de capteurs. Les approches proposées sont pertinentes, et ouvrent des voies de recherche nouvelles et s'appuient intelligemment sur des collaborations internes avec d'autres équipes de l'IM2NP.
- 3- *Petits Objets Communicants Autonomes (POCA)* : ce projet tourné autour du concept de Body Area Networks propose de rassembler les diverses briques développées en prenant en compte les aspects systèmes, la gestion d'énergie, la communication sans fil entre capteurs

Les sujets proposés sont pertinents et reposent sur les compétences fortes de l'équipe CCI, la plaçant au cœur de l'IM2NP et lui donnant un rôle structurant, avec sans doute un accroissement notable de sa visibilité internationale.



- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

Il s'agit d'une équipe jeune et dynamique de bon niveau, jouissant d'une certaine notoriété dans le paysage des recherches en conception de circuits, et plus particulièrement sur les aspects Low Power et techniques Ultra Large Bande. Sa position au sein de l'IM2NP avec un rôle central et structurant est intéressante et devrait lui permettre d'assurer son développement en termes de visibilité et rayonnement au niveau national et international.

- Points forts et opportunités :

- Moyens de conception de circuits et moyens de mesures
- Accès au Silicium et aux Design Kits
- Un environnement local intéressant avec un positionnement des thématiques de recherche adaptées au tissu local (STMicroelectronics, ATMEL, ....)
- Activité structurante pour le laboratoire, au cœur de plusieurs actions transverses de l'IM2NP

- Points à améliorer et risques :

- L'équipe CCI devra veiller à limiter la dispersion thématique et à ne pas aller trop loin sur les aspects systèmes afin de rester sur son cœur de métier, la conception de circuits CMOS Low Power, Low Cost
- Mieux équilibrer son partenariat industriel aujourd'hui trop déséquilibré.
- L'équipe devrait également s'ouvrir vers des colloques et conférences internationales qui sont reconnues comme les meilleures dans le domaine de la conception de circuits intégrés : ISSCC (no 1), VLSI Symposium on Circuits (no 2), ESSCIRC (No3), .... De même, des publications dans le fameux IEEE Journal of Solid state Circuits permettraient à l'équipe un rayonnement international établi et pérenne.

- Recommandations :

- L'équipe CCI a des compétences qui doivent être mieux valorisées au sein de projets européens. Une politique volontariste en ce sens est nécessaire afin d'accroître la visibilité et la notoriété de l'équipe.
- L'équipe CCI ne doit pas trop se disperser sur les aspects Systèmes et rester positionnée sur des briques élémentaires (conception de circuits) à forte innovation et ne pas se positionner sur la réalisation de systèmes complets de réseaux de capteurs qui l'emmènerait à trop se disperser.
- Une interaction plus forte voire un partenariat avec les fournisseurs d'outils de conception assistée (CAD) permettrait d'avoir une approche plus systématique vers l'optimisation de la conception de ces circuits avec un minimum d'itérations.





- Intitulé de l'équipe : RFID CAPTEURS
- Responsable : P. PANNIER
- 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)	4	5
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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)	1	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0.25
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)	3	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe RFID capteurs est une équipe Projet avec seulement deux ans d'expérience, issue de la thématique RFID au sein de l'équipe CCI. Elle présente des objectifs clairs et précis, un projet très bien ficelé, une stratégie bien définie et une dotation correspondante en ressources. L'objet cible dans le cadre de leur projet est une intégration hétérogène sur support souple de circuits Silicium RFID (intégrant une partie RF, de la logique et de la mémoire) avec les éléments organiques/polymère pour la réalisation de fonctions nouvelles de type batterie et capteurs. Ces objets doivent exceller en performance et sensibilité, interopérabilité, de coût faible (quelques centimes). Les travaux sont structurés autour de trois thématiques principales: antennes compactes, conception de circuits RFID et électronique polymère.

Le projet est bâti autour d'une solide collaboration avec plusieurs équipes : CCI, mémoires, signaux& systèmes et enfin micro-capteurs.

Les travaux présentés sont novateurs, structurés et fortement tournés vers des applications bien précises du monde industriel. Ils apportent une solution globale au problème et ils se situent en même temps à l'état de l'art international. Ceci est illustré par le nombre important de papiers (8) présentés dans les conférences les plus reconnues dans le domaine (ICRFID, ICUWB) ainsi que des publications RICL (3) dans des revues IEEE à fort impact dans le domaine (Electronic Letters, Transactions MTT, Transactions on Antenna Packaging). De même, un dépôt de brevet a été réalisé, et deux autres sont en cours. Depuis 2003, 3 thèses ont été soutenues et deux HDR.

Leur plateforme RFID multi-standards permet d'adresser plusieurs types d'applications :

- Pac ID pour la grande distribution, collaboration avec STMicroelectronics
- RFID AERO, collaboration avec Eurocopter
- Pac ID textile, collaboration avec TAGSYS
- RFID trace agro, avec STID
- Vinetag, avec EDITAG.

L'équipe est aussi bien intégrée dans les projets collaboratifs de type FUI, OSEO et aussi Carnot.



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

L'animateur de cette équipe projet, professeur, est fort bien impliqué dans la communauté scientifique, en tant qu'expert ANR, membre élu du conseil d'administration du centre National RFID et aussi membre du Conseil d'Administration de la plateforme Conception de CIMPACA. Les membres de cette équipe ont été également membres du comité d'organisation de conférences internationales telle que IEEE ICECS ou TAISA-NEWCAS.

Au niveau des projets collaboratifs, cette équipe projet est fortement impliquée dans des projets FUI, Carnot ou bien Oseo, pour un financement total 2009-2010 de 724 keuro (nota : l'équipe projet étant créée en Janvier 2009). Pour le quadriennal à venir, l'équipe est assurée de financements de type FUI et Cifre, à hauteur de 384 keuro.

L'équipe a des collaborations nationales et internationales universitaires avec le CEA/LITEN, internes au IM2NP et Institut Fresnel, mais aussi avec l'institut Fraunhofer, dans le cadre d'un programme Carnot.

Comme déjà précisé, l'équipe a des collaborations très serrées et solides avec des industriels tels que STMicroelectronics et Eurocopter.

L'équipe RFID Capteurs est perçue comme interlocuteur incontournable dans le contexte socio-économique de la région PACA.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet pour le quinquennal à venir se place dans la continuité des travaux commencés en 2009, en bâtissant sur les bases solides déjà posées. Trois axes sont toujours privilégiés pour l'innovation dans les solutions RFID proposées :

- Electronique souple (antennes, capteurs, transistors) : partitionnement Si/polymère
- Antennes et passifs : incluant des études sur des méta-matériaux
- RFID évolutive : systèmes intégrés multi-standard, multi-fonctions, et incluant la fonction de récupération/gestion de temps contrôlée.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

Il s'agit d'une équipe jeune et dynamique, et qui est fédérée avec beaucoup de conviction autour du projet choisi par son animateur. Malgré seulement deux ans d'existence, elle présente une profondeur de l'analyse de l'environnement scientifique et industriel et des agissements en parfaite adaptation aux besoins.

- **Points forts et opportunités :**

- Objectifs clairs et précis, stratégie, méthodologie et organisation bien définies
- Leadership
- Savoir se remettre en question ; point de go/no go établi pour fin 2011
- Réseau national établi

- **Points à améliorer et risques :**

- Attractivité auprès de plusieurs partenaires internationaux

- **Recommandations :**

- Continuer sur la lignée déjà définie avec toujours autant d'énergie
- Continuer à innover et à protéger l'innovation par des brevets
- S'ouvrir vers le recrutement d'étudiants étrangers ou bien échanges avec des universités étrangères



- Intitulé de l'équipe :  $\mu$ CAPT - Microcapteurs
- Responsables : K. AGUIR, C. LEROUX
- 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)	15	17
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3	3
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)	11	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	7

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe Microcapteurs travaille en étroite collaboration avec des laboratoires, académiques ou industriels, impliqués dans la conception et la réalisation d'objets technologiques innovants pour la détection sélective des gaz et des vapeurs. Elle apporte ses compétences en caractérisation, en modélisation et en simulation pour participer à l'optimisation des futures générations de microsystèmes capteurs, proposer de nouveaux concepts ou évaluer le potentiel de nouveaux matériaux sensibles. Les recherches menées au sein de cette équipe se répartissent en 3 sous thèmes de notoriété inégale:

#### 1. Dispositifs et microsystèmes de détection des gaz :

Il s'agit d'une thématique relativement jeune, concernant la volonté de l'équipe Microcapteurs de développer de futurs travaux dans les domaines 'nano' (exploration des nano-objets pour la détection sélective des gaz) et microsystèmes/ microcapteurs sur support souple. Il y existe néanmoins un fort potentiel scientifique s'appuyant sur des ressources technologiques internes à l'IM2NP, à celles de plusieurs collaborateurs scientifiques (LAAS-CNRS, CINaM, etc) et aux partenaires industriels (SENSeOR, Ethylo, etc.); ainsi que sur les ressources financières apportées par la Région PACA, l'ANR et les entreprises.

#### 2. Matériaux sensibles inorganiques :

Il s'agit de l'activité qui a fait la renommée de l'équipe Microcapteurs. Elle vise à l'obtention de nanoparticules ou couches nanostructurées et à l'étude de leurs propriétés catalytiques intéressantes pour les applications capteurs. Un accent particulièrement pertinent est mis sur les nanotubes et oxydes catalytiques poreux ainsi que sur l'étude des structures électroniques des matériaux basée sur la DFT. Le développement des techniques de caractérisation couplées à la modélisation physique et à la simulation, permet à ce sous thème d'être très visible au niveau international.

#### 3. Instrumentation : électronique associée, conditionnement et traitement du signal :

C'est une activité transverse qui est en forte relation avec les deux activités précédentes. Initialement centrées sur les capteurs 'oxydes métalliques traditionnels', les activités s'élargissent à d'autres types de composants et matériaux. Notamment les activités 'réseaux de capteurs sans fils' et la participation à l'équipe Projet RFID-Capteurs sont très encourageantes.



La production scientifique annuelle de 2,46 publications internationales par ETPR situe l'équipe Microcapteurs à un très bon niveau au sein de la communauté scientifique capteurs. Une partie importante de ces publications est effectuée dans les meilleures revues. Il est à noter également une bonne participation à des congrès internationaux majeurs.

8 doctorants sont en cours de formation avec des sources de financement diverses (international, région PACA et industrie).

Les relations établies en dehors du laboratoire avec des groupes universitaires et industriels sont très diverses :

- au plan local (CEA Cadarache, IUSTI Marseille, CINaM Marseille)
- au plan National (CEA LITEN Grenoble, LAAS-CNRS Toulouse, ENSM St Etienne, LCPR-AC Besançon)
- au plan international (1 contribution relevée dans un projet européen, projets bilatéraux avec la Pologne, le Maroc, la Tunisie et le Brésil).

La participation aux projets ANR est plus limitée, mais en progression, avec 1 participation à des projets en 2010 (hors de l'intervalle strict de cette évaluation).

C'est surtout la bonne intégration de cette équipe dans des projets régionaux qui est à noter, ce qui donne des garanties quant à la pérennité des relations établies.

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

L'équipe participe à l'animation scientifique au sein de sa communauté de recherche :

- Comme membre de plusieurs CA régionaux (ARCIS, TVT) ou du CA national (Pôle Mer).
- Comme membre des GDR (NAMIS et MNS)
- Un chercheur de l'équipe est membre du bureau du Club Capteurs (CMC2)

Elle participe activement à des programmes internationaux (surtout de type bilatéral) avec pleine responsabilité dans les 'workpackages' et dans ce sens elle démontre une très bonne capacité à obtenir des financements externes moyennant sa réponse à des appels d'offres.

L'équipe a participé au comité d'organisation de plusieurs conférences internationales et plusieurs chercheurs de l'équipe sont membres de comités scientifiques de conférences nationales et internationales. Dernièrement elle commence à recevoir des invitations pour participer à des conférences internationales. Elle attire des chercheurs français ou étrangers de bon niveau ainsi que des doctorants français ou étrangers (Prix de Thèse en Pologne). La collaboration croissante avec des partenaires industriels va sans doute favoriser la valorisation des recherches (dépôt de brevets, etc.)

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet scientifique de l'équipe Microcapteurs s'ancre sur les axes thématiques qui marquent sa recherche actuelle. Moyennant ce projet, l'équipe fait preuve d'une bonne analyse d'où se trouve la compétition internationale dans son domaine d'activité. Ce sont surtout l'exploration du potentiel des nano-objets pour la détection des gaz et les micro-capteurs sur support souple, ces derniers liés au développement de systèmes RFID qui devraient aboutir à une augmentation de la présence de l'équipe dans les réseaux internationaux. Ces thèmes plus innovants et risqués peuvent aboutir à des résultats excellents étant donné la pluridisciplinarité de l'équipe et ses collaborations nationales. Cependant, le projet scientifique de la thématique 3 « Instrumentation » est décrit sur le court terme, pour l'essentiel dans la continuité des thématiques développées actuellement. Du projet scientifique global il s'en suit que l'équipe se montre volontaire pour mener des actions permettant de rapprocher les permanents des 2 sites (Marseille et Toulon). Les actions structurantes déjà engagées autour des nano-objets pour la détection des gaz ainsi que les capteurs organiques permettront de renforcer les liens au sein de l'équipe.



- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

- Une équipe de grande qualité avec une production scientifique de très bon niveau et reconnue internationalement. Bonne maîtrise de la chaîne du matériau au dispositif et au système au sein de l'équipe.
    - Une formation doctorale de qualité.

- Points forts et opportunités :

- Multidisciplinarité de l'équipe qui doit permettre d'aborder des thématiques de recherche en nanocapteurs ambitieuses et risquées.
    - Demandes croissantes en systèmes de détection de gaz (environnement, sécurité, alimentaire, domestique)

- Points à améliorer et risques :

- Augmenter la valorisation de la recherche par le dépôt de brevets et ou la création de startups. Les activités sur certaines des nanostructures et matériaux alternatifs sont prometteuses, mais certains choix stratégiques propres à l'équipe doivent être faits et plus fortement soutenus.

- Recommandations :

- Profiter de la multidisciplinarité de l'équipe pour ouvrir le 'scope' de la recherche sur des thématiques frontalières (par exemple nanomatériaux à propriétés catalytiques, énergie) Cependant, il faudrait renforcer les choix stratégiques à long terme afin de maintenir, voire augmenter, l'impact national et international de la recherche de l'équipe.
    - Persévérer dans les relations avec l'industrie afin de valoriser les résultats de la recherche.



- Intitulé de l'équipe : OPTO PV - Optoélectronique et Photovoltaïque
- Responsable : L. ESCOUBAS
- 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	11
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)	1	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2	2
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	5	5

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Au cours du dernier quadriennal, l'équipe Opto-PV a mené des recherches d'un très bon niveau, organisées autour de 3 thématiques complémentaires :

- 1) *Photovoltaïque silicium* : l'essentiel des travaux, à l'origine de cette équipe et ayant fait sa notoriété, porte sur l'analyse des défauts et des impuretés dans le silicium photovoltaïque et leur impact sur les propriétés de collecte des charges photo-générées.
- 2) *Photovoltaïque organique* : plus récente, cette activité a néanmoins atteint une maturité certaine, avec un point fort concernant la modélisation des propriétés de collecte des photons et de génération de charge, permettant d'optimiser les épaisseurs des couches actives et leur nano-structuration.
- 3) *Optoélectronique* : les travaux concernent la réalisation d'antireflets structuraux, la réalisation de photodétecteurs en SiC et la réalisation de détecteurs optiques de gaz. Bien que les résultats obtenus sur chaque sous-thème soient de bon niveau, le morcellement thématique de ce groupe (comptant seulement 1,7 ETPR) pourrait à terme nuire à son développement. Des choix sur les priorités devraient être faits si ce groupe n'a pas de perspective de recrutement.

Pour soutenir l'ensemble de ses recherches, l'équipe Opto-PV mène une politique efficace de maintien et de renouvellement d'un parc d'équipements de qualité, qui lui a permis en particulier d'asseoir son expertise en caractérisation des propriétés des matériaux optoélectroniques, avec une reconnaissance certaine dans sa communauté scientifique sur son apport pour la caractérisation et l'étude des défauts des matériaux optoélectroniques et leur impact sur les performances des dispositifs correspondants (cellules PV et photodétecteurs SiC en particulier).

La production scientifique de l'équipe Opto-PV est de très bon niveau : sur l'ensemble du quadriennal elle totalise une moyenne de 2,1 revues internationales à comité de lecture par an et par ETPR ainsi que 2,3 conférences internationales avec actes par an et ETPR. Sur la même période 6 thèses ont été soutenues et 2 brevets ont été déposés.

L'activité contractuelle de l'équipe Opto-PV est également de très bon niveau, avec un total de ressources propres proche de 2 M€ sur le quadriennal, une petite moitié provenant de projets ANR (9 projets), le reste étant



équilibré entre les collectivités territoriales, des établissements publics (OSEO, ADEME, DGA) et des contrats industriels directs. Par contre on peut noter que la participation à des projets européens reste marginale (un seul projet, pour un montant de 30 k€).

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

A travers les nombreux projets collaboratifs auxquels elle participe, l'équipe Opto-PV est bien présente dans son environnement local et au niveau national. Plusieurs de ses membres sont membres d'instances de gouvernance de réseaux régionaux (Pop Sud, Optitec, SCS, Capénergies, etc...) et de comités d'expert nationaux (OMNT, ANR). L'équipe Opto-PV entretient par ailleurs plusieurs collaborations bilatérales fructueuses au niveau international.

Les membres de l'équipe participent régulièrement aux grandes conférences internationales de son domaine, avec un nombre d'invitations significatif. Ils sont également membre de plusieurs comités de programme de conférences internationales de très bon niveau. Ils ont organisé 2 conférences nationales et une conférence internationale.

L'activité de collaboration industrielle et de valorisation de l'équipe Opto-PV est par ailleurs de très bon niveau, avec un point fort sur la création d'une start-up valorisant la technique d'analyse originale "large scale microwave phase-shift".

Il faut enfin noter que plusieurs membres de l'équipe Opto-PV sont fortement impliqués dans l'administration de l'enseignement comme responsables de filières.

- **Appréciation sur le projet :**

Pour le prochain quinquennal, l'équipe Opto-PV propose un projet de qualité, structuré autour de 2 thématiques complémentaires :

- 1) *Matériaux et leurs propriétés électroniques et optiques* : cette thématique regroupera toutes les études, scientifiquement de même nature indépendamment de l'application (PV ou photodétecteur), concernant l'optimisation des propriétés opto-électroniques des matériaux. Outre les actions dans la continuité des recherches actuelles (Si cristallin, couches minces organiques, SiC), l'équipe Opto-PV propose d'étudier l'intégration de nanofils pour la réalisation de cellules tandem. Elle a également pour projet d'appliquer ses compétences à l'optimisation de cellules en filière CIGS-Se en soutien à l'implantation locale de la société Nexcis.
- 2) *Nouveaux concepts* : il s'agit de développer les approches dites de 3<sup>ème</sup> génération ayant pour but d'augmenter la collecte et/ou l'efficacité de conversion des photons. Les approches proposées (plasmons, surfaces aléatoirement structurées, puits quantiques) sont tout à fait pertinentes et s'appuient intelligemment sur des collaborations internes avec des équipes du département "Matériaux et Nanosciences" de l'IM2NP.

L'ensemble des sujets proposés est particulièrement pertinent et repose sur les compétences fortes de l'équipe Opto-PV, la plaçant au centre de plusieurs axes transverses du laboratoire. Avec ce projet l'équipe Opto-PV est donc appelée à avoir un rôle structurant majeur pour l'IM2NP, ce qui devrait se traduire par un accroissement notable de sa visibilité internationale.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

Il s'agit d'une équipe de très bon niveau, jouissant d'une reconnaissance certaine dans le paysage des recherches en photovoltaïque, et plus généralement sur les matériaux et dispositifs optoélectroniques. Sa position sur des thématiques fédératives au sein de l'IM2NP est riche de développement en termes de visibilité et rayonnement au niveau national et international.

- **Points forts et opportunités :**

- Équipements de caractérisation originaux et de qualité
- Activité structurante pour le laboratoire, au cœur de plusieurs actions transverses de l'IM2NP



- Contexte socio-économique favorable au développement des activités PV

– Points à améliorer et risques :

- L'équipe Opto-PV devra veiller à limiter la dispersion thématique.

- Afin d'assurer la pérennité de recherches originales en PV organique, l'équipe Opto-PV devrait veiller à établir des collaborations fortes avec des chimistes.

– Recommandations :

- L'équipe PV a des compétences qui devraient pouvoir être mieux valorisées au sein de consortia européens. Les membres de l'équipe sont incités à avoir une politique volontariste en ce sens.

- Intitulé de l'équipe : Ssy - Signaux et Systèmes
- Responsable : C. JAUFFRET
- 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)	5	5
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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)	3	2
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	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)	3	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	2

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Les recherches menées au sein de l'équipe Ssy sont focalisées sur la mise au point de techniques de débruitage, d'estimation, de détection et de classification. Elles se répartissent en 3 sous thèmes de qualité inégale :

- 1) *Signal* : Focalisé sur le filtrage adapté stochastique et les méthodes algébriques et statistiques, ce sous thème vise au développement théorique et à des applications liées à l'acoustique sous-marine, l'auto-calibration d'antennes et les communications RF. C'est sur cet axe que se déroulent la plupart des collaborations académiques et industrielles de l'équipe. Ce sous thème englobe aussi la partie la plus importante des sources de financement.
- 2) *Image* : Ayant pour objectif la reconnaissance de formes en vue de leur identification ou leur classification, cette activité n'est menée que par un enseignant chercheur. Apparemment, ce sous thème n'a pas conduit à des collaborations externes.





3) *Trajectographie* : Il s'agit d'une activité innovante mise en place au cours de ce dernier quadriennal et qui vise à l'observabilité d'une source manoeuvrante depuis un senseur passif. Elle a permis d'établir des collaborations académiques avec le laboratoire CPPM (La Seyne-sur-Mer) et avec des partenaires industriels comme DCNS ou TUS, avec des garanties de pérennité.

La production scientifique de 0,78 publication internationale à comité de lecture par ETP reste un peu faible mais en forte progression en 2010 (hors de l'intervalle strict de cette évaluation). Ces publications sont effectuées dans les meilleures revues. Il est à noter également une bonne participation à des congrès internationaux majeurs avec un nombre important d'invitations reçues en 2009. Avec 7 brevets déposés pendant le quadriennal (dont 4 CCI), l'équipe à une forte activité de valorisation de sa recherche. 3 doctorants sont en cours de formation, fondamentalement il s'agit de thèses CIFRE avec des industriels.

Il existe un bon nombre de relations établies en dehors du laboratoire avec des groupes universitaires (locaux) et industriels (de la région). Mais, sans participation à des projets ANR ou européens, c'est surtout la bonne intégration de cette équipe dans des projets locaux/régionaux, notamment avec des industriels, qui est à noter, ce qui donne cependant des garanties quant à la pérennité des relations établies.

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

L'équipe Ssy a participé à l'organisation d'une conférence internationale IEEE et un chercheur de l'équipe est éditeur associé d'une revue de l'IEEE. Dernièrement, elle a reçu un nombre important d'invitations pour participer à des conférences internationales. Elle attire des chercheurs français de bon niveau ainsi que des doctorants français. La collaboration avec des partenaires industriels locaux va continuer à favoriser la valorisation des recherches (dépôt de brevets, etc.)

Cependant, la participation de l'équipe à l'animation scientifique au sein de sa communauté nationale de recherche n'est pas notée sur le bilan.

De plus, le fait que l'équipe ne participe pas activement à des programmes internationaux, et son choix de ne pas participer aux appels d'offre des projets ANR mettent en question sa capacité à obtenir des financements externes et hypothèque sa visibilité nationale.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet scientifique de l'équipe Signaux et Systèmes s'ancre sur les axes thématiques qui marquent sa recherche actuelle. C'est surtout l'exploitation de son savoir-faire dans le traitement des signaux sous-marins et trajectographie, qui devrait aboutir à une augmentation de la présence de l'équipe dans les réseaux internationaux. Cependant, le projet scientifique de la thématique 2 « Image » animé par un seul enseignant chercheur et sans un doctorant risque de demeurer sous critique. Du projet scientifique global il s'en suit que l'équipe se montre volontaire pour mener des actions permettant d'amorcer des collaborations avec d'autres équipes de l'USTV. Cependant la non participation à des actions structurantes engagées à l'IM2NP met en question la reconnaissance de l'équipe au sein du Laboratoire et de l'Université.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Une équipe globalement de qualité avec une production scientifique de bon niveau et bénéficiant d'une reconnaissance internationale pour certaines de ses activités. Cependant, elle montre un certain isolement au niveau national ainsi qu'au sein du laboratoire.

- Points forts et opportunités :

- Une équipe qui est non seulement capable de développer des applications de traitement du signal, mais aussi de faire de la recherche amont (théorie).



- Demandes croissantes en traitement du signal avec une bonne présence sur la région d'acteurs académiques et surtout industriels avec lesquels l'équipe Signaux et Systèmes a des liens.

– Points à améliorer et risques :

- Augmenter la présence au niveau national et international par la participation à des projets ANR et européens.
- La thématique de recherche « Image » risque de demeurer sous critique étant donné la faible implication de l'équipe et le manque de doctorants.
- La non participation à des actions structurantes engagées à l'IM2NP peut contribuer à l'isolement au sein du Laboratoire.

– Recommandations :

- Augmenter la pro activité en vue de mieux s'insérer dans des réseaux nationaux (participation à des projets ANR par exemple, ou implication dans les GDR du domaine) ce qui lui permettrait de participer à des projets de plus grande ampleur.
- Augmenter les relations de l'équipe au sein de l'IM2NP par la participation à des actions structurantes ou l'implication à des plateformes technologiques ou les axes transverses.

Les activités sur l'axe « Image » sont prometteuses. S'il s'agit d'un vrai choix stratégique propre à l'équipe elles devraient être plus fortement soutenues.

- **Intitulé de l'équipe et nom du responsable :** EPIB - Equipe Projet Implants Biomédicaux
- **Responsables :** Gilles JACQUEMOD, Pascal MASSON
- **Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :**

4 professeurs, un Maître de Conférences		5
Doctorants	16	10

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Il s'agit d'une équipe issue du LEAT qui intègre l'IM2NP, 5 personnels permanents (4 professeurs, un Maître de Conférences) et 10 thésards en cours.

L'équipe adresse deux thématiques :

- *Modélisation, Conception Systèmes d'Objets Communicants*

Dans le cadre de cette thématique, il a été étudié la modélisation comportementale et la conception de front-end RF, dans le cadre du projet TrustMe-ViP. De même, la conception d'une multitude de circuits RF sur technologies bulk et SOI, allant de la PLL fractionnaire 6GHz aux capteurs RFID 13.56MHz. Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec plusieurs sociétés telles que ST, NXP, Entropic, Mentor Graphics mais aussi avec des instituts de recherche tel que le CEA-LETI.

Egalement dans cette thématique, est présentée la modélisation compacte de technologies avancées MOS : transistors à double grille indépendante. Travaux en collaboration avec STMicroelectronics.

- *Antennes Intégrées et Antennes actives*

Dans ce cadre, plusieurs types d'antennes et intégration hétérogène sont étudiés pour des applications apparemment dans le domaine millimétrique. Plusieurs types d'intégration sont abordés : Antenna in Package, Antenna on Chip. Egalement des réseaux d'antennes, en système MIMO.



On mentionne ici l'obtention du Wheeler Prize 2007, qui est décerné au meilleur papier dans la version 2006 du Journal IEEE Transactions on Antenna and Propagation, journal de référence dans le domaine. De même que l'obtention du Best paper award à EuCAP 2007.

Une liste conséquente de production scientifique est présentée dans le document fourni pour l'évaluation (NOTA : ce document a été donné le jour même de l'évaluation) : 2,3 ACL/ETP/an, 4 brevets, 13 papiers invités, 64 ACTI, ..... Ces journaux et publications sont faits dans des revues et conférences de premier rang dans le métier, bien que n'atteignant pas le niveau top 3 en Solid State Circuits (ISSCC, VLSI Symposium, ESSCIRC pour les conférences, et IEEE JSSC pour les journaux).

Cependant, les évaluateurs ont eu du mal à faire la part des choses entre les publications appartenant directement aux activités présentées dans ce cadre, par rapport au reste des activités restant propres au LEAT. Des noms comme Robert Staraj et Georges Kossivas apparaissent dans une bonne partie des publications citées, mais ils ne font pas partie de la nouvelle équipe.

16 thèses de doctorat sont annoncées comme soutenues pendant la période 2006 - 2009, ainsi qu'une HDR.

L'équipe est dotée de bonnes relations contractuelles : projets ANR, nano2012, thèses Cifre, pour un budget total hors CIM-PACA de 2 millions d'euros.

Les évaluateurs ont noté la grande dispersion des sujets d'étude dans les domaines de la conception de circuits micro-électroniques (basses, hautes fréquences et micro-ondes), de la conception de dispositifs, de la simulation systèmes micro-électroniques et de la conception d'antennes. Nous avons eu du mal à faire une distinction nette entre les activités présentées et celles restant propres au LEAT. Il va de même sur la cohérence des différents sujets d'étude.

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

De nombreux prix ont été décernés aux membres de l'équipe, dans des conférences nationales et internationales. Il serait judicieux de faire la part entre les activités de cette équipe et celles de l'équipe restant au LEAT. On peut préciser également que Gilles Jacquemod a participé à plusieurs conférences et débats publics en France, et il a également écrit 7 articles pour la presse écrite technique française et internationale.

L'équipe a montré la capacité de recruter un nombre important de thésards, car 16 thèses ont été soutenues entre 2006 et 2009, 3 en 2010 et 11 thèses sont en cours.

L'équipe présente un nombre important de projets coopératifs nationaux (ANR, nano 2012), ainsi que des financements attenants à des thèses Cifre. Les membres de l'équipe font partie du GDR SOC-SIP et ils font également de l'expertise auprès de l'ANR, donc ils sont impliqués de façon importante dans les programmes coopératifs nationaux.

Des collaborations avec de nombreuses universités européennes et américaines sont citées, telles que UCLA, univ de Helsinki, univ de Modène, de Dakar, Chalmers, EPFL, ..... Nous n'avons pas pu mesurer le degré de profondeur de ces collaborations.

L'équipe donne une liste de ses contrats industriels hors projet, tels qu'avec le LETI, SOISIC, STMicroelectronics, Atmel, Nokia .... Ceci fait preuve d'une solide valorisation de la recherche à travers des transferts vers le monde industriel. Le travail de l'équipe a donné lieu au dépôt de 5 brevets au cours de la période examinée, dont 2 en collaboration avec ST.

- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe structure son projet pour le quadriennal à venir sous le titre de Projet Implants Bio-médicaux. Trois thématiques sont annoncées :

- 1- processeurs asynchrones & CEM/EMI
- 2- front-end RF et antennes associées
- 3- modélisation compacte de technologies avancées et mémoires



Ces trois thèmes devraient s'articuler en une plateforme générique qui devrait servir des objets bio-implantés tels que des prothèses cochléaires implantées ou bien des endoscopes-pilule à communication radio. Les trois thématiques devraient servir à la réalisation d'objets 3D co-intégrés.

Les commentaires sont les suivants :

- les trois thématiques couvrent un spectre très large dans le domaine de la conception de circuits micro-électroniques
- l'interaction et inter-articulation des différents travaux de recherche n'est pas clairement expliquée et le projet semble être à un stade de maturité insuffisante. (exemple : comment des micro-processeurs asynchrones trouvent leur place dans un implant qui devrait être un système très faible consommation et à forte autonomie ; est-ce que des études R&D sur des mémoires NVM sont nécessaires pour réaliser un objet implantable biomédical....)
- Le projet présente des ambitions dignes d'une équipe de recherche d'au moins une centaine de personnes

Le comité a du mal à percevoir la structuration des différents sous-projets, l'existence et la pertinence d'une politique d'affectation des moyens ;

- concernant l'affectation des moyens humains, 5 professeurs font partie de l'équipe, chacun pour un ETPR de 0.5. Deux autres personnes sont mentionnées, Yves Leduc (chaire TI) et Henri Braquet (past IBM).
- concernant l'originalité et la prise de risques, il est difficile de s'exprimer sur ce point, car le projet n'est pas présenté suffisamment en détail pour pouvoir en juger.

## • Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

Equipe hétérogène, avec des compétences sur un très large spectre de la micro-électronique. Ceci peut être un avantage ou un désavantage majeur, selon l'affectation des moyens prévue et les collaborations mises en place.

- Points forts et opportunités :

Une plateforme de caractérisation électrique et EM bien dotée ; de la pluridisciplinarité. Des collaborations sont prévues avec différentes équipes natives de l'IMP2NP ( $\mu$ capteurs, CCI, Mémoires, RFID), ceci pourrait permettre de donner du volume aux activités prévues.

- Points à améliorer et risques :

Les deux professeurs issus de l'industrie associés récemment à l'équipe ont un niveau très faible de publications et brevets dans les revues et conférences internationales. Ceci devrait être remédié au risque de ne plus être à jour avec l'état de l'art actuel et les demandes de la recherche avancée actuelle.

Dans les risques, nous voyons un possible chevauchement et mise en compétition entre les activités de cette équipe et celles des équipes « natives » IM2NP. La définition claire des projets devra prendre en compte cet aspect.

Un autre risque peut venir aussi de l'inadéquation entre le large périmètre du projet et les moyens humains affectés.

- Recommandations :

Tout d'abord, il faudrait définir le projet de façon extrêmement structurée et détaillée, en prenant en compte les aspects suivants:

- L'état de l'art actuel ;
- Les besoins de la société et les aspects environnementaux ;
- La possibilité d'affectation de moyens humains ;



- Les collaborations avec les autres équipes « natives » IM2NP, sans entraver leurs domaines propres d'activité.

Ceci passera peut-être par la redéfinition du spectre d'activité de l'équipe sur un périmètre plus réduit mais mieux contrôlable en termes de réussite par rapports aux objectifs à fixer.

De même, il faudrait rester ancré dans l'écosystème de la région PACA, ensuite national et international.

Il serait également fortement apprécié de revoir les listes des publications antérieures et leur attribution entre cette nouvelle équipe et l'équipe restant au LEAT. Pour cette équipe, il faudrait spécifier seulement les publications qui sont liées aux thématiques précisées, les autres publications pouvant figurer en tant que « hors-contexte ».

### 4.3 – Plateformes

#### Projet de la plateforme PLACS : calcul scientifique de haute performance

Responsable : Laurent RAYMOND, MCF, Université de Provence

Co-responsable : Fabienne MICHELINI, MCF, Université de Provence

Personnel impliqué : Claude ARNOLD, IR, service informatique

Depuis 2006 la plateforme PLACS est un ensemble d'outils de calcul numérique indispensable à la modélisation - simulation de problèmes physiques à la pointe de la recherche actuelle. Le centre de calcul naturellement s'adosse à l'équipe Théorie, Modélisation, Simulation (TMS) de l'IM2NP et la plateforme a déjà fait ses preuves comme outil scientifique au sein du laboratoire. Par exemple, dans ce contexte plus d'une vingtaine d'articles dans les revues à fort facteur d'impact ont été publiés dans les quatre dernières années. À l'heure actuelle, les moyens humains sont modestes car la plateforme est maintenue par les enseignants-chercheurs de l'IM2NP ainsi que le responsable des services informatiques. Dans le projet du laboratoire, l'idée serait le développement d'un calculateur de haute performance mais sans la lourdeur d'un centre de calcul de niveau nationale, avec la sélection de projets au préalable, etc. En outre, la plateforme sera mise à la disposition des chercheurs dans un sens plus large, avec un accompagnement plus concerté qu'actuellement.

Un aspect clé du projet PLACS est nécessairement l'amélioration de la puissance de calcul, s'appuyant par exemple sur les architectures parallèles (multicoeurs, multiprocesseurs, clusters, ...). Le matériel est actuellement basé sur un cluster mais la taille mémoire est restreinte par rapport au type de système futur envisagé. Le projet détaillé propose le nombre de cœurs nécessaire ainsi que la taille mémoire vive partagée, afin d'optimiser les codes, le temps de calcul et la dissipation. Les moyens humains dédiés sont actuellement insuffisants pour un tel projet à long terme, qui requiert au moins un ingénieur à plein temps pour l'opération et la maintenance du système.

Une réflexion sera faite sur le choix des applications ou logiciels, sur l'organisation des sessions d'information, ainsi que l'accompagnement, afin d'encourager au maximum la participation des utilisateurs, même non spécialistes. Il est clair que les intervenants actuels ont une bonne expertise dans ce domaine, mais le groupe de travail autour du projet doit être élargi. Quelques laboratoires extérieurs seront partenaires du projet, impliquant des échanges du savoir et des moyens de calcul. Les prestations de service au niveau du secteur industriel permettront de développer des liens intéressants pour le laboratoire, mais aussi de varier le type de problème numérique abordé. De surcroît, les prestations de service pourront aider au financement et à la maintenance du matériel. Toutefois, vu le coût des systèmes envisagés, les projets nationaux, de type ANR, ou à l'échelle européenne seront probablement nécessaires.

Les partenariats actuels sont :

- IRPHE, l'Institut de recherches sur les phénomènes hors équilibres, Unité Mixte CNRS, Université Aix Marseille, École Centrale de Marseille (ECM), qui est partenaire majeur.



- Société Servimore, pour la mise en place du matériel et conseil technique.
- Institut Fresnel, la deuxième UMR impliquée dans le développement du projet.

Nous donnons un avis très favorable à ce projet à la fois pour ces aspects matériels (amélioration de la puissance de calcul, choix des logiciels) que pour ces applications (plateforme au service des chercheurs dans un sens plus large).

### Plateforme sonde atomique tomographique.

L'Im2np a installé en Juin 2009 une sonde atomique tomographique assistée par Laser. L'utilisation d'impulsions laser ultra-rapide permet de d'étudier des matériaux non-métalliques tels que les semi-conducteurs ou oxydes. La SAT est complétée par un FIB Dual beam, indispensable pour la préparation des pointes échantillon.

Malgré son installation récente, un grand nombre de résultats ont été obtenus dans le domaine de la micro-électronique, de la métallurgie et des revêtements : la possibilité de déterminer une distribution 3D des couches atomiques avec une sensibilité chimique et une résolution de l'ordre des distances interatomiques en fait un instrument de pointe pour nombre des activités du laboratoire IM2NP. Il s'agit d'un instrument de caractérisation très complémentaire d'autres techniques (diffraction, diffusion des rayons X ou neutrons ...) et en de particulier de la plateforme TEM et qui ouvre des perspectives importantes pour l'Im2np. L'intégration de la SAT dans le réseau METSA est indispensable pour que cet instrument puisse bénéficier à de nombreux utilisateurs.

### Plateforme Microscopie haute résolution corrigée

Dans le cadre du réseau CIMPACA l'IM2MP a installé en septembre 2008 un microscope électronique à transmission corrigé des aberrations géométriques (TITAN 80-300). Cet instrument permet de travailler avec une résolution de 0.1 nm en mode TEM haute-résolution, avec une sensibilité chimique et en imagerie chimique haute résolution (HAADF-STEM). L'expertise internationale reconnue de l'IM2MP dans ce domaine, a permis d'obtenir rapidement des résultats remarquables, qui constituent un apport incontournable pour l'étude des matériaux au sein de l'IM2NP.

Le microscope est intégré dans le réseau national METSA depuis 2009. Ceci permet d'accueillir des utilisateurs de manière cohérente. La montée en puissance du réseau METSA et la formation de nouveaux utilisateurs devraient permettre une utilisation optimum de cet instrument unique.

### Plate-forme "Conception"

Hébergée sur le site du Technopole de Château-Gombert, la plate-forme Conception met à la disposition des communautés académiques et industrielles des logiciels de CAO (CADENCE, HFSS, SYNOPSIS, etc...) et un banc de test pour circuits intégrés radiofréquence. Sa mise en place a été financée par les collectivités territoriales par l'intermédiaire du CIM-PACA et des partenariats industriels.

Les projets autour de la plate-forme sont essentiellement centrés autour du développement de méthodologies de conception pour systèmes intégrés sur puce (SoC) et la conception de cellules RF large bande et bande étroite.

La disponibilité de cette plate-forme performante permet aux chercheurs des équipes CCI et RFID de proposer des perspectives prometteuses dans le domaine de la conception de circuits et systèmes intégrés CMOS et BiCOMOS, en particulier le développement de futurs objets communicants autonomes à faible consommation énergétique.



## Plateforme RFID

- **Activités :**

Les travaux développés depuis 2006 ont permis de mettre en place une plateforme de pré-certification des produits RFID sécurisés à 13.56 MHz. La plateforme offre un service de pré-certification de conformité ISO 14443 aux partenaires industriels de CIMPACA (le financement reçu provient de la Région PACA et de l'IM2NP). Du point de vue de la recherche, des études sur la mesure du bruit en produits sans contact, la mesure de la sensibilité des lecteurs et le test à haut débit sur les transactions et les applications du visa électronique sont en cours.

En parallèle, des actions se déroulent pour la mise en place d'une plateforme de diagnostic RFID HF qui permettent en ce moment de réaliser des mesures de fonctionnement d'un tag, distances de communication et caractérisation d'antennes. Encore une fois, la plateforme RFID HF doit permettre de proposer service aux industriels un service de caractérisation et mesures de pré-certification.

- **Prospectives :**

On peut s'attendre à des importants développements dans les applications monétiques des téléphones portables où des efforts de normalisation des protocoles et des matériels seront nécessaires.

- **Avis :**

La Plateforme RFID regroupe autour d'une thématique commune des chercheurs et enseignants chercheurs multidisciplinaires avec une excellente maîtrise de la chaîne du matériau au système. Sa conception permettra sans doute qu'elle devienne force de proposition d'un point de vue innovation, mais également disposera d'une expertise de référence pour proposer des recommandations notamment en tout ce qui est normalisation des protocoles.

Une forte implication des chercheurs et des enseignants chercheurs mais aussi des moyens d'accompagnement de la recherche (techniciens et ingénieurs) sera nécessaire pour éviter que la plateforme ne devienne qu'un prestataire au service des industriels et demeure un acteur principal en innovation pour affirmer le positionnement d l'IM2NP dans le domaine de la RFID.

## Plateforme NanoTecMat :

Une plate-forme de proximité, NanoTecMat, a été développée à l'IM2NP. Elle fait partie de la centrale de proximité labellisée dans C'Nano PACA, qui contient deux autres composantes : PLANETE à Marseille au CINaM, et CHREATEC à Sophia Antipolis. Elle mutualise des outils technologiques dans le domaine des nanomatériaux pour des applications en micro, nano, et optoélectronique : un bâti d'épitaxie en phase solide et en phase vapeur, des instruments standards pour la préparation et l'analyse des surfaces, la photolithographie couplée à la gravure et un instrument original pour la nanostructuration très haute résolution par nanolithographie qui est un FIB filtré en masse avec un diamètre de faisceau de 3 nm. Ainsi l'élaboration et la caractérisation de nanomatériaux modèles principalement à base de semi-conducteurs de la colonne IV (Silicium et ses composés, Ge, C) sont entrepris dans NanoTecMat : 150 m<sup>2</sup> de salle blanche de classe 10000 ont été mis en service en 2007, suivi de 70 m<sup>2</sup>, de classe 1000/10000, ont été ouverts en 2009. De nombreux projets scientifiques utilisent cette plate-forme et bénéficient à plusieurs équipes. Plusieurs faits marquants montrent le succès de la plate-forme pilotée par les deux équipes NSE et Opto PV. Ceux-ci concernent la fabrication et la caractérisation des oxydes ainsi que la nanogravure par FIB, qui grâce au filtrage en masse, permet une grande souplesse dans le choix des ions utilisés. Les systèmes étudiés sont variés comme par exemple les mémoires à nanocristaux, les transistors MODFET, les imageurs à illumination face arrière et les cellules photovoltaïques.

Aujourd'hui, un seul ingénieur est responsable de la plateforme qui est en pleine montée en puissance. Elle va donc nécessiter des moyens humains. Deux personnels techniques, pour venir en appui de l'ingénieur sont demandés et semblent indispensables au bon fonctionnement de la plate-forme. Parmi les perspectives d'équipement, de nouveaux moyens pour le dépôt d'isolants et de métalliques ont été identifiés ainsi qu'un banc de photoluminescence pour répondre à de nombreuses demandes. D'autres projets concernent l'augmentation des



potentialités de la nanostructuration, et les caractérisations opto-électriques. La plate-forme a aussi vocation à servir pour les formations.

Le regroupement à moyen terme des salles blanches est une nécessité et semble envisageable à deux ans. C'est une perspective d'économies de ressources humaines et financières.

### Plateforme ASTEP-LSM

Depuis 2004, le laboratoire dispose d'une plateforme permanente dédiée à la caractérisation des composants et circuits électroniques dans l'environnement radiatif terrestre naturel (problématique des neutrons atmosphériques).

- 1- Dénommée ASTEP (Altitude Single-event effects Test European Platform) et située sur le désertique Plateau de Bure, dans le massif du Dévoluy, à 2552m, cette installation est hébergée au sein de l'Observatoire du Plateau de Bure de l'Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM) où elle bénéficie d'un environnement idéal à très faible bruit, notamment électromagnétique.
- 2- La plateforme est référencée dans le standard industriel JEDEC JESD89A comme l'un des principaux sites de recherche de ce domaine au niveau international.
- 3- Depuis 2006 se succèdent différentes expériences de caractérisation de mémoires SRAM, FPGA et CCD.
- 4- En 2008, le laboratoire a installé un moniteur neutron permettant de suivre en temps réel les variations du flux de neutrons atmosphériques arrivant sur les expériences de microélectronique.
- 5- En complément de ces expériences en altitude, l'Im2np conduit également depuis 2007 des tests en environnement souterrain (pour se protéger cette fois de la contrainte atmosphérique) au Laboratoire Souterrain de Modane (LSM).

L'ensemble des installations déployées sur ASTEP et au LSM en font un ensemble expérimental unique au niveau mondial.

Entre autres exemples, l'évaluation des circuits de ST sur deux technologies 65 nm et 130 nm identifiant les améliorations où effets des alpha et des neutrons sont quantifiés.





Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
IM2NP - Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence	A	A+	A+	A	A+
<i>RDI</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>MCA</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>NANO</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A+</i>
<i>NSCE</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>DENO</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>CMO</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>MAGNET</i>	<i>A</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>TMS</i>	<i>A</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>DUS</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>MEM</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>CCI</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>RFID</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>μCAPT</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>OPTO PV</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>
<i>SSY</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Non noté</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>EPIB</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Non noté</i>	<i>B</i>	<i>B</i>

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%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

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


Observations d'Aix-Marseille Université sur le rapport d'évaluation

S2UR120001669 - IM2NP  
Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence - 0132364Z

Demandes de modifications :

Aucune remarque particulière de la part de l'IM2NP. (Voir, en annexe, la réponse de l'unité.)

Marc PENA  
*Marc PENA*  
Président de l'Université  
Paul Cézanne  


 L'Université est une chance.  
*Saisissons-la*

## APPENDICE

S2UR120001669 - IM2NP  
Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence - 0132364Z

### Réponse du directeur d'unité : Rachid BOUCHAKOUR

Nous tenons à remercier très chaleureusement tous les membres du comité de visite pour la qualité de l'échange que nous avons pu avoir et l'ampleur du travail qu'ils ont fourni. Nous sommes sensibles aux suggestions faites pour améliorer le fonctionnement du laboratoire et ce rapport nourrira notre réflexion en interne dans les mois à venir. Les commentaires qui suivent constituent une synthèse des retours de lecture par équipe en se restreignant à l'essentiel.

### Département Matériaux Nanosciences

#### ✓ Equipe Nanostructuration

- Concernant les publications des entrants dans l'équipe en cours de quadriennal l'équipe a appliqué strictement la règle commune au laboratoire : indication des publications à partir de l'année d'entrée dans le laboratoire et non pas sur tout le quadriennal.
- Concernant le commentaire suivant dans la partie points à améliorer et risques : « L'équipe doit veiller à ne pas se disperser et à ce que la photoémission inverse ne devienne pas marginale vis-à-vis de projets centraux. S'il est clair que la photoémission inverse constitue certes une prouesse technique en soi que peu d'équipes ne peuvent réaliser, elle demande aujourd'hui beaucoup de moyens et ne donne pas la même qualité de données que celles obtenues en ARPES (Angle Resolved Photoemission Spectroscopy) pour les états occupés. Donc il est souvent préférable de mesurer la LDOS densité locale des états vides par STS. Evidemment il n'y a pas la résolution en  $k$ , mais celle en  $E$  est nettement meilleure »

L'équipe est tout à fait d'accord qu'il faudra éviter la dispersion. La photoémission inverse fait partie intégrante du projet et nous la considérons comme indispensable en complément de la photoémission directe pour la caractérisation des densités d'états des couches et assemblages moléculaires réalisés au sein de l'équipe. C'est d'ailleurs ce que nous avons indiqué lors de l'évaluation en classant prioritaire notre demande de jouvence de l'équipement de photoémission inverse. La photoémission inverse ne demande pas plus de moyens que toute autre technique spectroscopique et si la qualité de données obtenues n'est bien sur pas celle de l'ARPES cette technique ne peut être aussi simplement comparée à la STS du seul fait (entre autres) que celle-ci donne une information locale et non pas globale comme la photoémission inverse. Ces deux techniques ne fournissent pas **strictement** la même information et ne nous paraissent pas pouvoir être comparées en termes de qui fait le mieux comme cela semble être le cas dans le raccourci ci-dessus. Idéalement il serait très intéressant à l'avenir d'avoir accès aux deux méthodes, surtout pour ce qui concerne les couches organiques afin d'obtenir deux mesures complémentaires de la bande interdite.

#### ✓ Equipe Magnétisme

Rapport : « On peut considérer que la productivité en termes de nombre de publications est bonne, avec 19 articles cités dans le rapport quadriennal 2006-2010, ce qui revient à 2 articles par ETPR et par an. Toutefois, il est vrai que 8 de ces publications semblent provenir d'une activité moins fortement liée au groupe et éventuellement dominée par les co-auteurs externes. Ces publications portent le nom d'un seul membre du groupe, par l'un d'entre eux arrivé seulement en fin 2008. Ce n'est donc pas clair si ces articles émanent d'un travail antérieur ou bien s'ils sont le fruit d'une collaboration actuelle ».

Commentaire : L'Equipe avait recruté en 2008 deux jeunes chercheurs (Sylvain Bertaina et Voicu Dolocan). Pendant la période d'évaluation V. Dolocan était co-auteur d'une publication issue du travail effectué à l'IM2NP. S. Bertaina, qui a commencé son activité de recherche à l'IM2NP / L2MP en 2002 et qui durant la période fin 2005 - début 2008 était en post doc, possède 4 publications affiliées avec l'IM2NP dans lesquelles il est seul représentant de l'équipe magnétisme et cela sur le thème des qubits de spin électronique. Cette thématique a été initiée en début 2005 entre le L2MP et le Laboratoire Louis Néel. Lors de ses post doc, S. Bertaina a développé cette thématique et a su mettre en place des collaborations nationales et internationales fructueuses mais les résultats publiés sont ceux fortement liés à l'IM2NP. La critique selon laquelle le poids des co-auteurs externes est dominant est sans fondement car S. Bertaina est 1-er co-auteur sur ces articles et les autres co-auteurs sont souvent affiliés à des institutions très différentes.

✓ **Equipe Théorie Modélisation Simulation**

Rapport : « Points à améliorer et risques : La production scientifique, en particulier le nombre moyen d'articles publiés, reste modeste. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées, en particulier le manque de bras et de temps. Évidemment la nature ou la complexité des problèmes abordés sont des facteurs, mais la question de rentabilité se pose. Parfois, on a l'impression qu'un problème est choisi parce qu'il est à la mode et non pas parce qu'il existe une aptitude particulière au sein de l'équipe. Le trop grand nombre de sujets abordés émerge alors comme point faible, bien que dans le projet les choix sont affinés et les collaborations précisées. Le problème est ici accru car l'équipe est constituée entièrement d'enseignants-chercheurs avec quelques départs dans un avenir proche. Pour palier ces constatations, l'équipe propose deux recrutements dans le projet, un point qui logiquement devrait être soutenu. »

Commentaire : La diversité des sujets de l'équipe TMS est en grande partie liée à ses nombreuses collaborations extérieures, certaines thématiques étant initiées par ces collaborations.

## Département Microélectronique Nanoélectronique

✓ **Equipe Signaux et Systèmes**

Le Comité a noté que la thématique de recherche « trajectographie » est « une activité innovante mise en place au cours de ce dernier quadriennal ». Ce domaine de recherche est actif depuis septembre 1996. La désignation d'un membre de l'équipe en 2004 pour être éditeur associé dans la revue IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems dans le domaine Target Tracking and Multisensors Systems est le garant de la reconnaissance de ses travaux depuis longtemps.

Le Comité a indiqué dans son rapport que « sans participation à des projets ANR ou européens, c'est surtout la bonne intégration de cette équipe à des projets locaux/régionaux notamment des industriels, qui est à noter, ce qui donne cependant des garanties quant à la pérennité des relations établies ». Ce grief à l'encontre de l'équipe relativement à sa non participation à des projets internationaux est repris dans les paragraphes « Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement », « Appréciation sur le projet », « Recommandations », et dans la « Conclusion ».

Nous faisons donc une réponse globale.

- Durant la période de référence [2006-2009], l'équipe a encadré deux thèses dont l'un des sujets était relatif au projet international (et même extra-européen) ANTARES en collaboration avec le CPPM (Marseille-Luminy) et l'autre (approuvé par le CERN) au projet ITER, lui aussi d'intérêt mondial. Ces encadrements prouvent que la compétence de l'équipe est connue et reconnue internationalement pour faire face à des problèmes non-standards de traitement de signal. Par ailleurs, le projet Splitwave mené à son terme en collaboration avec l'équipe Conception du laboratoire, a été financé par des fonds FEDER.
- Par ailleurs, nous entretenons des liens scientifiques étroits par des conventions de collaboration avec les deux grands acteurs industriels de l'Armement que sont Thalès Underwater Systems (TUS) et DCNS. Ces deux grandes sociétés à statut privé travaillent à l'international pour l'essentiel. Ces deux géants de l'Armement ont leur siège en région parisienne mais des antennes dans la région PACA.

En ce qui concerne l'appréciation sur le projet, le Comité a noté « Cependant, le projet scientifique de la thématique 2 « Image » animé par un seul enseignant chercheur et sans un doctorant risque de demeurer sous-critique ». Comme il a été dit lors de la présentation orale, un doctorant a soutenu sa thèse en 2007, dans cette thématique. Pour ce qui est de « Avis global sur l'équipe », le Comité a écrit « Cependant, elle montre un certain isolement au niveau national ainsi qu'au sein du laboratoire ». Nous souhaitons rappeler que l'équipe a travaillé avec d'autres équipes du laboratoire durant la période de référence comme cela a été souligné lors de la présentation orale.

#### ✓ **Equipe Projet Implants Biomédicaux**

Nous sommes entièrement d'accord avec le comité d'évaluation pour nous recentrer sur certaines parties du projet. Ce travail est en cours de discussion avec d'autres équipes de l'IM2NP et des partenaires extérieurs. Nous sommes également parfaitement conscients que le spectre de nos études est relativement large, avec toutefois un focus fort sur la micro-électronique RF et les micro-ondes. Toutefois, le point d'ancrage de ces études se situe autour de la modélisation système d'objets communicants. Cette thématique impose donc d'avoir une vision système et non uniquement circuit, et donc d'avoir une approche globale (co-conception) lors de la conception du système.

Conscients de ce problème de taille critique de notre équipe par rapport à l'ambition du projet, nous avons cependant une expérience reconnue en ayant été les principaux acteurs de la création de la plateforme Conception CIM-PACA. Notre intégration au sein de l'IM2NP devrait résoudre en partie ce problème. En effet, notre but n'est pas de tout développer, nous n'avons par exemple pas les compétences ni la volonté de développer le processeur asynchrone, notamment les outils de développement associés (compilateur, émulateur, ...) mais de collaborer avec les meilleurs du domaine, par exemple la société TIEMPO et le laboratoire TIMA, ainsi que le LETI à Grenoble. L'intérêt de l'asynchrone est de réduire la consommation et la pollution électromagnétique.

L'objectif est de développer et de fournir les IP nécessaires à une intégration 3D de systèmes d'implants biomédicaux. Notre premier partenaire industriel est la société Neurelec avec laquelle nous collaborons déjà dans le cadre du projet TrustMe-ViP. Les briques de base de cette plateforme générique pourront être développées en collaboration avec d'autres équipes de l'IM2NP et pourront servir à différentes applications : capteurs, réseaux de capteurs (BAN ou domotique), interface AN et NA, RF pour la transmission de données et la récupération d'énergie, RFID, ... afin de profiter au maximum du concept de ReUse.

Ainsi, le nombre de personnes pour mener à bien ce projet est réduit : le point crucial est de recruter rapidement un spécialiste de la conception asynchrone, et les risques seront ainsi réduits. De même, nous nous intéresserons à l'intégration 3D d'un point de vue conception et phénomènes physiques qui en découlent, mais pas du tout au problème technologique qui sera adressé par la Plateforme « Micropacks » de CIM-PACA.

Concernant notre ancrage dans l'écosystème microélectronique de la région PACA, nous pouvons affirmer que nous avons contribué à son développement à travers les dispositifs suivant : réseau Polytech (avec Nice-Sophia et Marseille), pôle CNFM PACA, ARCSIS et CIM-PACA et enfin le pôle de compétitivité SCS. Nous avons été associés à tous les niveaux lors de la création, de la mise en place et de la gouvernance de ces dispositifs. Nous avons également établi des collaborations nationales et internationales liant les aspects formation, recherche et partenariat industriel.

Certains résultats et notamment les inventions primées sur la neutralisation ont été réalisés lorsque les membres de cette équipe étaient au LEAT, il est donc tout à fait normal que d'autres membres du LEAT apparaissent comme co-auteurs. On peut constater que ces auteurs ne sont pas en premier nom. Toutes ces publications appartiennent donc aux activités que nous présentons dans le cadre de cette évaluation pour la partie bilan et seront exploitées et améliorées dans le cadre de notre projet. Concernant la partie millimétrique, les travaux de thèse de Mille Titz, ont été publiés dans les conférences majeures (RFIC 2011 et mention honorable à AP-S 2011). Les noms de Robert Staraj et Georges Kossivas n'apparaissent plus dans ces travaux.



Concernant la partie neutralisation et les prix associés (Cyril Luxey était le présentateur du papier primé à EuCap 2007), les dernières publications de C. Luxey permettent de lever le doute sur la maîtrise et la compréhension du travail effectué. Cyril Luxey, bien que n'ayant passé son HDR fin novembre 2008, a été très souvent invité personnellement, dans différentes conférences, pour présenter les travaux de l'équipe du LEAT.

Il vient d'être nommé membre IUF junior en présentant un projet qui reprend en partie ce que nous proposons de développer.



■ L'Université est une chance.  
*Saisissons-la.*