



**HAL**  
open science

## GPM - Groupe de physique des matériaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. GPM - Groupe de physique des matériaux. 2011, Université de Rouen, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Institut national des sciences appliquées de Rouen. hceres-02034849

**HAL Id: hceres-02034849**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02034849v1>**

Submitted on 20 Feb 2019

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

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



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Groupe de Physique des Matériaux (GPM)  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Rouen

CNRS – Institut de Physique

INSA de Rouen

Novembre 2010



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Groupe de Physique des Matériaux (GPM)  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Rouen

CNRS – Institut de Physique

INSA de Rouen

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Novembre 2010



## Unité

**Nom de l'unité :** Groupe de Physique des Matériaux (GPM)

**Label demandé :** Unité Mixte de Recherche CNRS

**N° si renouvellement :** 6634

**Nom du directeur :** M. Didier BLAVETTE, M. Philippe PAREIGE

## Membres du comité d'experts

**Président :**

M. Christian RICOLLEAU, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, Université Paris Diderot (CoNRS)

**Experts :**

M. Jean-Marc BERROIR, Laboratoire Pierre Aigrain, Ecole Normale Supérieure (CNU)

M. Yannick CHAMPION, Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est

M. Alphonse FINEL, Laboratoire d'Etude des Microstructures, ONERA/CNRS

M. Olivier ISNARD, Institut Néel, Grenoble

M. Jean-Marc LEFEBVRE, Institut Chevreul, Université Lille 1

M. Philippe PILVIN, Laboratoire Ingénierie des Matériaux de Bretagne, Université Bretagne Sud

## Représentants présents lors de la visite

**Délégué scientifique représentant de l'AERES :**

M. Jean-Paul VISTICOT

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

M. Cafer OZKUL, Président, Université de Rouen

Mme Nicole ORANGE, Vice-Présidente, Université de Rouen

M. Giancarlo FAINI, DAS Institut de Physique, CNRS

M. Frédéric FAURE, Délégation CNRS de Normandie

M. Jean-Louis BILLOËT, Directeur, INSA de Rouen

M. Xavier PANNECOUCKE, Directeur de la recherche, INSA de Rouen



# Rapport

## 1 • Introduction

La visite du GPM a eu lieu les 16 et 17 novembre 2010. Cette visite a été très bien organisée et s'est parfaitement déroulée. Le directeur de l'unité a présenté l'activité du laboratoire et chacune des équipes a été représentée par l'un de ses membres à travers des exposés courts mettant en avant des résultats marquants. Le projet scientifique de l'unité a été présenté par son directeur adjoint, Philippe PAREIGE. Toutes les équipes ont été visitées sur le terrain au cours de l'évaluation. Le comité a auditionné le conseil de laboratoire et les doctorants. La visite s'est conclue par la rencontre avec les tutelles du GPM.

Le GPM est une unité mixte de recherche du CNRS associée à l'université de Rouen et à l'INSA de Rouen. Créée en 1967 et historiquement située sur le campus de Mont-Saint-Aignan, le GPM est installé, depuis 2002, sur le technopôle du Madrillet. Le GPM est membre de l'Institut de Recherche sur les Matériaux Avancés (IRMA) et de l'Institut des Matériaux de Rouen (IMR). Les activités scientifiques du GPM sont focalisées sur le développement de la sonde atomique, de la science des matériaux et des nanosciences avec un lien fort entre la structure atomique 3D des matériaux et leurs propriétés physiques.

- Equipe de Direction :

- M. Didier BLAVETTE, Directeur
- M. Philippe PAREIGE, Directeur Adjoint

- 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)	46	46
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	3
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	31	4
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	19.4	20.4
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1.5	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	37	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	23	23



## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

Le GPM est un excellent laboratoire qui allie des recherches très fondamentales à des recherches finalisées dans le domaine de la science des matériaux et de l'instrumentation scientifique. Ces travaux ont pour but d'étudier les propriétés des matériaux à partir d'études très poussées par sonde atomique tomographique (SAT) de leur structure 3D à l'échelle atomique. Le spectre des thèmes abordés est très large : nanosciences et nanotechnologies, nouvelles générations de matériaux et d'instruments de pointe, sciences et techniques de l'information et de la communication.

Le GPM est le leader international incontesté de la sonde atomique tomographique qui, depuis sa création, a développé un partenariat unique avec la société CAMECA, qui commercialise la sonde atomique. Grâce à ce partenariat, CAMECA détient aujourd'hui le monopole mondial de la vente de SAT.

Le GPM est fortement investi dans de multiples programmes et projets de collaboration et de structuration de la recherche qui lui assure sa très bonne visibilité au niveau national et international.

Enfin, le GPM a un rôle fédérateur dans la région de Haute Normandie à travers sa participation très active à l'IRMA, dont il est le fondateur, pour ce qui concerne les matériaux, notamment ceux pour l'électronique et les techniques de caractérisation à l'échelle atomique.

- Points forts et opportunités :

- Activités de recherche au cœur des besoins sociétaux actuels : énergie renouvelable, transports, technologie de l'information et de la communication.
- Niveau et qualité exceptionnels de l'instrumentation scientifique.
- Partenariat avec le secteur industriel très développé et excellente valorisation de la recherche
- Bon équilibre entre recherches fondamentale et appliquée
- Très bonnes visibilités nationale et internationale
- Très fort investissement dans les structures régionales et nationales de structuration de la recherche
- Capacité à intégrer des équipes de recherche extérieures
- Acquisition récente d'un microscope de nouvelle génération corrigé des aberrations pour le développement de la microscopie électronique quantitative couplé à la sonde atomique tomographique
- Forte implication dans des actions de vulgarisation et de diffusion de la culture scientifique notamment en direction des lycéens et écoliers.

- Points à améliorer et risques :

- L'intégration récente de trois nouvelles équipes au sein du GPM ne permet pas réellement de juger de la plus-value apportée à ces équipes par les compétences du GPM mais aussi ce que ces équipes apportent au GPM. Le GPM apparaît aujourd'hui comme une structure en pleine évolution. Il faut donc donner un peu de temps au laboratoire, afin que ces nouvelles équipes, en cours d'intégration, trouvent leurs marques et affinent leurs thématiques de recherche en fonction des objectifs scientifiques du GPM. De même, l'apport de la SAT devra dans certains cas être clairement montré.
- La sonde atomique est très mise en avant et c'est une réussite exceptionnelle du GPM qu'il convient de féliciter pour cela. Cependant, dans certaines thématiques il faudra veiller à renforcer les aspects liés à la compréhension fine des mécanismes physiques sous-jacents aux observations qui sont réalisées.
- Le couplage entre la sonde atomique et la microscopie électronique est un beau challenge qui devrait aboutir à de très jolis résultats. Cependant, le gros potentiel de ce couplage ne pourra se faire sans un investissement important dans les méthodes de simulation d'images (notamment en mode de champ sombre annulaire à grand angle) des équipes liées à cet instrument.



- Intégrer au maximum les membres du service technique de maintenance et de recherche au sein des projets de recherche des équipes pour éviter un possible isolement, à terme, de cette équipe.

- **Recommandations :**

- Eviter une trop grande dispersion thématique; les derniers développements apportés à la SAT permettent en effet d'observer à l'échelle nanométrique pratiquement tout types de matériaux, des métalliques aux isolants, et dans de très nombreux domaines (sont ainsi cités, dans le projet, des matériaux nanostructurés, des matériaux en hyperdéformation ou sous irradiation, des systèmes magnétiques, des nanoparticules, des systèmes multiferroïques, des amorphes, des matériaux pour la spintronique ou la photonique, les aciers nucléaires, les alliages légers, des matériaux photovoltaïques...). Il faudrait peut-être identifier un nombre plus restreint de thématiques, afin de pouvoir réellement aborder celles-ci en profondeur.

- Devant la démocratisation de la sonde atomique, continuer à veiller au maintien du leadership pour rester à la pointe des toutes dernières avancées technologiques dans le domaine.

- Organiser des journées scientifiques du laboratoire pour améliorer encore la synergie et les interactions entre les équipes.

- **Données de production :**

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

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	47
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	4
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,96
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	3
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	29

### 3 • **Appréciations détaillées :**

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

Le GPM est un excellent laboratoire alliant des recherches en sciences des matériaux à des recherches, au plus haut niveau, pour développer la sonde atomique tomographique dont il est le leader international. Toutes les équipes du laboratoire ont cet outil en commun pour mener à bien leurs travaux ce qui montre une belle cohérence du laboratoire, cohérence qui a été progressivement mise en place par les directeurs successifs de l'unité. Récemment, le GPM s'est beaucoup développé avec notamment l'arrivée de trois nouvelles équipes ce qui a encore élargi le spectre d'activités du laboratoire.

Les thématiques de recherche en science des matériaux portent pour une grande part sur les transformations de phase diffusives dans diverses conditions (thermiques, sous déformation intense, sous irradiation). Une des forces du laboratoire est de faire le lien entre des observations structurales très fines et à l'échelle atomique et les propriétés mécaniques, magnétiques, électriques et optiques des matériaux, qu'il s'agisse des alliages métalliques, des multicouches magnétiques, des semi-conducteurs, des matériaux pour le solaire ou les nanofils. Dans de nombreux cas, ces recherches sont animées par un besoin de compréhension des mécanismes physiques fondamentaux sous-jacents, tout en étant focalisés sur des matériaux d'intérêt industriel et c'est là aussi, une autre force du GPM.



Dans tous ces domaines, le laboratoire a obtenu un certains nombres de résultats marquants qui ont tous été publiés dans des revues au plus haut niveau.

Tous ces travaux ont pu être réalisés grâce à un investissement très important du laboratoire pour développer un parc instrumental de très grande qualité, qui après trois ans, atteint un niveau rarement égalé.

La production scientifique du GPM est très bonne : 57 articles par an dans des RICL pour un effectif de 49 permanents presque tous enseignants-chercheurs (3 CR CNRS au sein de l'unité). Les revues, dont certaines à très haut facteur d'impact, sont du meilleur niveau international. Sur la période de référence, on note 112 communications internationales et 35 communications nationales dans des congrès avec actes, 130 communications dans des conférences sans actes et une centaine de communications par affiche. Le GPM est un laboratoire très attractif pour les jeunes chercheurs puisque sur la période du contrat, il a accueilli 39 étudiant(e)s en thèse.

Le rôle fédérateur joué par le GPM en science des matériaux dans la région Normandie se traduit par des collaborations très nombreuses aussi bien avec des partenaires académiques que des partenaires industriels. De ce fait, le GPM fait partie d'un nombre important de structures locales, régionales et nationales de structuration de la recherche (PPF, Institut Carnot, Pôle de compétitivité, GRR, IRMA, METSA...).

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

La reconnaissance internationale et nationale du GPM est indéniable comme en témoigne les nombreuses invitations : 81 conférences invitées et 86 séminaires invités. Cette reconnaissance est clairement marquée par un certain nombre de prix et de distinctions décernés à certains membres du laboratoire. Parmi les plus importants, citons la médaille Chevenard 2010 de la SF2M décernée à M. P. Pareige, FEMS lecturer Award 2010 et le prix RIST 2009 de la SF2M décernés à M. X. Sauvage, la bourse l'Oréal 2009 attribuée à M. A. Etienne, la nomination de M. D. Blavette à l'IUF en 2007.

Le GPM est un laboratoire attractif comme en témoigne le recrutement des thésards et post-docs, puisque la moitié d'entre eux viennent de l'étranger. On note également plusieurs DR invités sur la période de référence ainsi que le recrutement d'une jeune EC italienne pour renforcer les activités de l'équipe d'instrumentation.

Les équipes du GPM sont très dynamiques ce qui leur permet de s'investir dans de multiples projets leurs assurant une bonne autonomie financière. Ainsi, les équipes du laboratoire sont investies dans 15 projets ANR, 8 projets avec le C'Nano Nord Ouest, 1 projet pluri-formation et 1 projet de plateforme technologique financé par le CPER. Tous ces programmes permettent d'assurer un financement très important au GPM (et bien supérieur au soutien de base apporté par les tutelles : 1.7 M€ et 3.6 M€ sur les années 2008 et 2009 respectivement. Précisons cependant que l'année 2009 est spéciale dans le sens où le GPM a reçu un soutien financier très fort de la région Haute Normandie pour acheter le microscope électronique corrigé installé au sein de l'IRMA. Pour cette acquisition, l'IRMA a joué un rôle important d'harmonisation de la politique d'investissement en microscopie électronique dans la région de Haute Normandie.

Au niveau européen, l'activité du GPM est également très importante puisque le laboratoire participe à 5 contrats européens et deux programmes PICS du CNRS. On dénombre également une quarantaine de collaborations internationales avec l'Europe, la Russie, l'Afrique, l'Asie, les USA et le Canada.

Du fait de ses thématiques de recherche et des moyens expérimentaux exceptionnels disponibles, le GPM entretient des relations soutenues avec l'industrie dans le secteur des matériaux et de la microélectronique. Il est, depuis peu, impliqué dans le pôle de compétitivité Mov'éo pour ses activités sur la fiabilité des composants électroniques. Le GPM fait également partie de l'Institut Carnot Energie et Systèmes de Propulsion (ESP) pour ses activités sur les matériaux pour l'énergie et le transport. Les deux actions de valorisation phares concernent d'une part le partenariat avec EDF sur les matériaux pour le nucléaire civil qui s'est traduit par la création d'une ERT et d'un laboratoire commun EDF/GPM dirigé par M. P. Pareige. D'autre part, le partenariat établi de longue date avec CAMECA est exceptionnel. En effet, il a permis à CAMECA de devenir le leader mondial de la SAT et ceci grâce aux découvertes réalisées par le GPM. Il n'y a pas d'autres laboratoires en France qui sont parvenus à un tel niveau de transfert technologique entre recherche fondamentale et appliquée avec le secteur industriel. Pour toutes ces actions de valorisation, le GPM a déposé 5 brevets.





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

Le GPM est structuré en 7 équipes de recherche et un service technique de maintenance et de recherche. Le point fort de ces équipes est de se retrouver autour d'un instrument de caractérisation commun, la SAT, que toutes utilisent à un degré divers. Ce point de convergence permet une bonne synergie entre les équipes. Cette synergie est renforcée par deux équipes transverses : l'équipe d'instrumentation scientifique qui développe la SAT et l'équipe de modélisation, qui développe des outils de simulation sur plusieurs des sujets expérimentaux menés au laboratoire. Le comité recommande toutefois d'associer, lorsque ce sera possible, les membres de l'équipe technique aux recherches développées dans les équipes pour ne pas isoler cette équipe des autres membres du GPM.

De manière générale, l'ambiance dans le laboratoire est particulièrement bonne, grâce à une excellente direction basée sur la mutualisation quasi-totale des ressources du GPM : finances, matériel, surfaces et ressources humaines. La stratégie scientifique est discutée en conseil scientifique où sont représentés les responsables d'équipes. Le conseil de laboratoire est quant à lui consulté pour les questions financières et de ressources humaines.

Au niveau de l'animation scientifique, le GPM organise des séminaires hebdomadaires, obligatoires pour les doctorants, et destinés à l'ensemble des chercheurs de l'Institut des Matériaux de Rouen (IMR).

De par le statut de presque tous les permanents du GPM, l'investissement du laboratoire dans l'enseignement est très important. Les EC du laboratoire sont très impliqués dans des enseignements de M1 et M2 dans des domaines proches des thèmes de recherche du laboratoire, ce qui assure un bon vivier de recrutement pour les équipes. Plusieurs EC sont également responsables de filières.

L'implication du GPM dans la structuration de la recherche au niveau local et régional est indéniable eu égard à sa participation à de multiples structures mis en place pour augmenter la visibilité scientifique de la région Normande : Institut Carnot, IRMA, C'Nano Nord Ouest, Pôle de Compétitivité...

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

Le projet scientifique de l'unité est ambitieux. Si certaines équipes présentent une partie de leurs projets en continuité avec les études précédentes, certains autres représentent une véritable prise de risque car parfois assez loin des cœurs de métier du laboratoire. Citons par exemple les thèmes de recherche de la nouvelle équipe sur les matériaux en milieux extrêmes et matériaux nanostructurés. Le choix des matériaux étudiés évolue beaucoup aussi puisque on va des matériaux métalliques, qui ont fait l'histoire du GPM aux oxydes en passant par les semi-conducteurs, que ce soit à l'état massifs ou sous forme de nanostructures. Ce changement d'échelle constitue aussi un défi majeur à relever par les équipes qui travaillaient traditionnellement sur des matériaux massifs.

Outre la création d'une nouvelle équipe, on note dans le projet une modification très importante de l'équipe de modélisation (ER3M) qui devient ERAFEN (Equipe de Recherche sur les Aspects Fondamentaux des Transformations de phase à l'Echelle Nanométrique) en intégrant des membres de l'ex-équipe ERTRANS aux membres de l'ex-équipe ER3M. Ce rassemblement est particulièrement bien pensé puisqu'il renforcera les liens entre simulations et observations expérimentales dans le but d'approfondir la compréhension des mécanismes fondamentaux tout en étendant les modélisations vers des systèmes plus complexes et proche de matériaux réels.

Un gros effort est fait pour l'animation scientifique de la nouvelle structure du laboratoire qui est organisée en 4 pôles thématiques regroupant les 8 équipes. Chaque responsable de pôle se chargera d'organiser des demi-journées sur sa thématique, ceci afin de permettre l'information de tous pour augmenter les interactions entre équipes et définir les besoins communs en personnel et budgétaire. In fine, la stratégie scientifique est discutée en conseil scientifique.

Enfin, au niveau des investissements lourds, le laboratoire souhaite développer principalement trois axes : l'instrumentation, la microélectronique et la microscopie ionique pour élargir ses compétences et son monopole dans le domaine de la nanoanalyse. Ces développements nécessiteront de gros moyens financiers que le laboratoire espère financer par les grands appels d'offres nationaux et européens : investissement d'avenir (Equipex, Labex), CPER, ERC...



## 4 • Analyse équipe par équipe

- Intitulé de l'équipe : Transformation de phases et Nanostructures (ERTRANS)
- Responsable : M. Philippe PAREIGE
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan ERTRANS	Dans le projet ERMEN
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	7	4
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	1
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	12	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N4 : 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 2.7 du dossier de l'unité)	9	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	1

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'objectif des travaux de l'équipe ERTRANS est la compréhension des mécanismes fondamentaux à l'origine des transformations de phases dans les alliages métalliques, dans une démarche de métallurgie physique en parfaite adéquation avec les finalités scientifiques du GPM. L'activité est fortement marquée par la caractérisation quantitative à l'échelle atomique avec l'utilisation de la sonde atomique tomographique qui donne encore de nos jours un caractère unique à ces recherches. L'équipe a su néanmoins évoluer vers la microscopie électronique en transmission, en particulier l'analyse quantitative en STEM HAADF complémentaire de la sonde, pour conforter son approche de recherche fondamentale. L'équipe est ainsi très impliquée dans le réseau METSA et l'institut IRMA. Les thèmes développés sur des phénomènes métallurgiques complexes (Transformations sous fortes sollicitations : irradiation, déformation sévère. Transformations dans les alliages complexes, ferreux et légers) et relevant des grandes problématiques sociétales (énergie, environnement) conduisent à un fort impact des résultats, dont témoignent les niveaux de publication, la participation à des programmes nationaux, européens et coopérations internationales. Les axes développés sont pérennisés par des collaborations fortes et de nombreux contacts industriels, en particulier les effets de l'irradiation (étudiés depuis 15 ans) ont contribué à la mise en place d'un laboratoire commun avec EDF en 2008. On relève pour cette équipe une moyenne de 3 publications par an et par chercheur, 9 thèses soutenues et 1 HDR.

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

Deux membres de l'équipe ont reçu des distinctions reconnues au niveau national (médaille Chévenard et le prix Rist de la SF2M) et la renommée de l'équipe notamment à travers l'expertise liée à la sonde atomique utilisée dans les recherches, s'est traduite par une vingtaine de conférences invitées en particulier dans de grandes conférences. L'équipe a une très forte implication dans les programmes nationaux (6 ANR) européens (7) des



programmes de coopérations (3 PICS) un très grand nombre de collaborations nationales et internationales. Les relations avec le secteur privé sont très actives avec 13 contrats de recherches impliquant 7 partenaires industriels. Un laboratoire commun a été créé avec EDF en 2008 et un projet Equipex relevant de la thématique nucléaire (Groupe d'étude et nanoanalyses des effets d'irradiation) a été déposé. La diversité des collaborations et ressources financières contribuent à maintenir un flux de doctorants (dizaine en moyenne) et post-doctorants (3) français (d'origine variée, université de Rouen, Paris, Ecole Centrale) et étrangers.

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

L'équipe ERTRANS disparaît dans le projet du laboratoire. Un enseignant chercheur rejoint l'équipe ERMMA (propriétés magnétiques), deux chercheurs, deux enseignants et un professeur émérite rejoignent l'équipe ERAFEN afin de conforter de manière tout à fait justifiée les études sur les transformations de phases d'alliages complexes (légers et ferreux) en combinant les analyses quantitatives locales en sonde atomique et microscopie en transmission et la modélisation. La création de l'équipe ERMEN (matériaux en milieux extrêmes nanostructures et énergie) formée de 3 enseignants, le porteur du projet de laboratoire et d'un chercheur reprend la thématique des transformations de phases sous fortes sollicitations (irradiation et déformation sévère). L'accent est mis d'une part et de manière justifiée sur l'énergie avec le vieillissement sous irradiation et le développement d'alliages pour les centrales nucléaires de 4<sup>ème</sup> génération. D'autre part et de manière corrélée, l'équipe conforte les études sur les alliages et composites nanostructurés pour applications structurales. Le projet s'engage sur des axes à long terme (nucléaire) avec une prise de risque sur des nouveaux concepts matériaux en particulier dans la tenue à l'irradiation. Une nouvelle thématique initiée dans la précédente équipe est proposée, en relation avec un recrutement sur une Chaire CNRS, sur la croissance et l'étude de semi-conducteurs pour les batteries, le photovoltaïque et la thermoélectricité.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe ERTRANS était de taille assez grande développant des recherches de haut niveau et très soutenues, relevant de la compréhension des mécanismes fondamentaux à l'origine des transformations de phases sur deux axes principaux : les alliages complexes et les alliages sous sollicitation sévère. Elle a su se scinder pour, d'une part rapprocher le premier axe de la modélisation et d'autre part recentrer l'activité relevant de l'énergie (nucléaire).

- Points forts et opportunités :

L'expertise de la sonde atomique et l'évolution vers la microscopie (STEM HAADF) sur les alliages irradiés et sous fortes sollicitations pérennisent l'activité tout en ouvrant vers des perspectives de recherches fondamentales. L'Equipex proposé serait un atout supplémentaire important.

- Points à améliorer et risques :

L'équipe du projet est de petite taille et doit éviter devant les recherches qu'elle propose trop de dispersion.

- Recommandations :

L'équipe se recentre sur les applications structurales d'alliages massifs sous forte sollicitation relevant d'enjeu sociétaux importants. Un nouvel axe sur les nano-semi conducteurs relevant du domaine des énergies alternatives est peu cohérent avec la finalité de l'équipe en termes d'objectif, de culture, d'enjeu.



- Intitulé de l'équipe : Equipe de Recherche en Instrumentation Scientifique (ERIS)
- Responsable : M. Bernard DECONIHOUT
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan ERIS	Dans le projet ERIS
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)	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)	6	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3,3	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)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

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

L'équipe ERIS joue un rôle central et fédérateur dans le GPM. Rôle central d'abord car c'est dans cette équipe que l'on développe les sondes atomiques tomographiques (SAT) qui sont au cœur de l'activité expérimentale du laboratoire. Rôle fédérateur ensuite car, à la lecture du rapport d'activité, on s'aperçoit que toutes les équipes du laboratoire utilisent, à différents niveaux, la sonde atomique pour mener à bien leurs différents projets scientifiques.

Parmi les développements instrumentaux majeurs de cette équipe, citons la mise au point de la sonde atomique tomographique assisté par impulsion laser. Ce nouvel instrument a ouvert de nouveaux champs d'étude dans le domaine des phénomènes physiques ultra-brefs qui interviennent en ablation laser, en optique non linéaire et dans les techniques de champs proche optique. Ce nouvel instrument a également permis l'analyse de matériaux non conducteurs comme les semi-conducteurs et les oxydes. Grâce à ce développement, le GPM est maintenant un laboratoire reconnu de tout premier plan dans le domaine de l'interaction laser-matière en régime ultra-bref. L'équipe ERIS a ainsi obtenu des résultats marquants dans la compréhension des mécanismes d'absorption de la lumière par une pointe grâce à une expérience de type pompe sonde qui a mis en évidence une dynamique d'échauffement et de refroidissement très rapide entraînant l'évaporation de la pointe. Ces résultats sont capitaux pour l'équipe puisqu'ils ont une incidence directe sur l'optimisation des sondes atomiques tomographiques.

Sur la période de référence, la production de l'équipe est importante et de grande qualité. On note 21 publications dans des revues au meilleur niveau international (Phys. Rev. Letters, Phys. Rev. B, Applied Physics Letters, Ultramicroscopy, Surface Science...), 4 brevets avec extension internationale et 4 thèses ont été soutenues durant la période du contrat. Le rôle pionnier de l'équipe ERIS dans le développement de la SAT lui a permis de tisser un grand nombre de collaborations académique et industrielle au niveau national et international.

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

La reconnaissance internationale de l'équipe ERIS est indéniable puisque sur la durée du contrat, l'équipe a reçu 23 invitations dans des conférences internationales. Cette reconnaissance s'est traduite, au niveau national, par



l'attribution du cristal CNRS à un chercheur pour ses apports essentiels dans les développements instrumentaux de l'équipe.

Récemment, l'équipe ERIS s'est étoffée par le recrutement de 2 enseignants-chercheurs dont une jeune EC italienne qui a apporté ses compétences à l'équipe et lui a permis d'obtenir des résultats de tout premier plan dans la compréhension des interactions laser-matière. On note également le recrutement de 6 chercheurs non-permanents dont 2 chercheurs seniors accueillis sur des postes CNRS ou dans le cadre de programme d'échanges internationaux.

Le leadership de l'équipe dans le domaine de la sonde atomique se traduit par des engagements dans plusieurs grands programmes de recherche nationaux (ANR, CPER, PPF...) et internationaux (projet européen, PICS).

L'équipe est responsable de deux projets ANR dans le cadre du programme PNANO et de deux projets dans le cadre du programme Blanc de l'ANR. L'équipe est aussi porteuse d'un PPF en microélectronique et tomographie.

Le responsable du groupe est porteur d'une plateforme technologique interdisciplinaire MIST (Microélectronique, Instrumentation Scientifique du Technopôle) qui regroupe les compétences de trois laboratoires rouennais : le CORIA, le GPM et l'IRSEEM.

L'équipe a également une très forte implication dans la valorisation et le transfert de compétences depuis la recherche fondamentale vers un produit industriel finalisé. Le partenariat de longue date avec la société CAMECA est, de ce point de vue, remarquable.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet de l'équipe concerne deux aspects : d'une part, développer une SAT spectroscopique qui associera un banc laser de très haute performance et des techniques de champ proche : STM et SNOM. Cette sonde du futur permettra d'aller plus loin dans la compréhension des interactions pointe / laser et d'ouvrir un nouvel éventail de techniques de caractérisation. L'autre aspect du projet concerne le développement d'un nouveau système de détection pour parvenir à une sonde à 100% de rendement de détection. Il y a ici une véritable prise de risque par rapport au cœur de métier de l'équipe. En effet, il s'agira d'opérer un changement total de technologie par rapport aux détecteurs à traditionnellement utilisés dans les SAT qui nécessitera des investissements financiers importants.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Cette équipe, formée uniquement d'enseignants-chercheurs et d'ITA, est de tout premier rang international dans le domaine de la sonde atomique tomographique. Elle a su, de façon tout à fait unique, transférer ses recherches fondamentales au milieu industriel (CAMECA) pour aboutir à la fabrication d'une sonde commerciale aujourd'hui vendue dans le monde. Grâce à ce transfert, CAMECA est aujourd'hui le seul fabricant mondial de SAT.

- Points forts et opportunités :

ERIS est une équipe pionnière qui a mis au point la SAT. Ses derniers résultats sur les interactions lumière-matière et les compétences récentes acquises en optiques lui permettent d'envisager des futurs développements de la SAT particulièrement novateurs.

- Points à améliorer et risques :

Le GPM a accès à un microscope électronique corrigé de toute dernière génération via l'IRMA. La plus-value et la complémentarité des techniques de MET corrigée avec la sonde atomique tomographique restent à démontrer.

- Recommandations :

Conserver le leadership acquis par l'équipe pour ne pas se transformer en prestataire de service des équipes du laboratoire ou d'autres laboratoires. L'équipe se doit de toujours être à la pointe des dernières avancées technologiques pour maintenir une instrumentation scientifique de haut niveau au sein du GPM.



- Intitulé de l'équipe : Modélisation, Microstructure, Magnétisme (ER3M)
- Responsable : Mme Hélène ZAPOLSKY
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan ER3M	Dans le projet ERAFEN
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	6	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	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	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)	5	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5

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

Les travaux de l'équipe ER3M sont centrés sur les dynamiques hors d'équilibre associées aux transitions de phase. Le but est de modéliser les microstructures des matériaux avec l'ambition, à terme, de comprendre l'influence des traitements thermomécaniques couramment utilisés pour contrôler le comportement mécanique des matériaux. Les outils se situent aussi bien à l'échelle atomique (simulations Monte Carlo) qu'à l'échelle mésoscopique (méthode des champs de phase « classique »). Les outils sont bien maîtrisés et les résultats obtenus originaux (comme par exemple l'identification du mécanisme à l'origine de la croissance « dendritiques » des précipités ordonnés observés dans les alliages Al-Sc).

L'équipe s'est récemment lancée dans l'utilisation de la méthode du champ de phase cristallin, méthode très séduisante formellement car, ne présupposant pas l'existence d'un réseau sous-jacent, elle intègre automatiquement tous les phénomènes physiques associés aux changements de topologie (dislocations, fractures, joints de grain, amorphes, transformations de phase displacives...). ER3M a été ainsi l'une des premières équipes à modéliser la solidification d'un solide à symétrie FCC.

Sur la période de référence, l'équipe a publié 23 articles dans des revues internationales à comité de lecture et a finalisé 4 thèses.

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

Les travaux de l'équipe ER3M s'appuie sur plusieurs collaborations nationales et internationales (Université de Rutgers, KTH à Stockholm, German Aerospace Center, Université de Linköpings...), ce qui montre sa bonne intégration dans la communauté scientifique internationale.

- **Appréciation sur le projet :**

Dans le projet du laboratoire, l'équipe ER3M étoffe sa composante expérimentale et devient ERAFEN (Equipe de Recherche sur les Aspects Fondamentaux des transitions de phase à l'échelle Nanométrique), le but étant de renforcer



les liens entre simulations et observations expérimentales. L'ambition est d'approfondir la compréhension des mécanismes fondamentaux et d'étendre les modélisations microstructurales et les observations expérimentales vers des systèmes ou des procédés de plus en plus complexes (transitions de phase dans les aciers, alliages d'aluminium de nouvelle génération, nanostructures magnétiques, alliages amorphes). La complémentarité très forte des compétences présentes au GPM sera encore un atout majeur pour mener à bien ces projets.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe ER3M (ERAFEN dans le nouveau projet) développe des outils de simulation avec rigueur et compétence, avec le souci d'appliquer ces modèles à des systèmes concrets. Les résultats obtenus sont convaincants et l'implication internationale en forte évolution.

- Points forts et opportunités :

L'atout majeur d'ERAFEN est la très forte complémentarité des expertises apportées par ses membres : la modélisation des dynamiques associées aux transitions de phase et leurs observations expérimentales aux mêmes échelles. Il n'y a probablement pas beaucoup d'endroits où l'on trouve une aussi forte synergie : observations 3D à l'échelle atomique, microscopie électronique à très haute résolution, simulations microstructurales aux échelles atomiques et mésoscopiques.

- Points à améliorer et risques :

Les outils de modélisation sont bien adaptés aux échelles de longueurs pertinentes pour les problèmes étudiés (Monte Carlo pour modèles de diffusion et échelles de temps réalistes, champ de phase mésoscopique pour microstructures à grande échelle et effets élastiques). L'équipe se propose d'accentuer les études basées sur la méthode du champ de phase cristallin. Cette théorie est utilisée par plusieurs groupes au niveau international et de nombreux problèmes physiques ont déjà été abordés. Il faudra, le cas échéant, veiller à identifier une situation non encore explorée, tout en s'assurant que cette méthode est la plus adaptée à la bonne reproduction des mécanismes physiques sous-jacents.

- Recommandations :

Le GPM développe depuis quelques années une expertise dans le domaine des modélisations microstructurales. L'un des objectifs de ce type d'étude, également annoncé ici, est de modéliser le comportement thermomécanique des matériaux. Le comité note que l'arrivée récente au GPM d'une équipe de mécaniciens (ERMECA) devrait être l'occasion d'avancer dans cette direction en mettant en relation les spécialistes des microstructures avec les spécialistes des lois de comportement.



- **Intitulé de l'équipe** : Equipe de Recherche sur les Matériaux magnétiques pour Applications (ERMMA)
- **Responsable** : M. Jean-Marie LEBRETON
- **Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES)** :

	Dans le bilan ERMMA	Dans le projet ERMMA
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	7	8
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	1
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)	5	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	3

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

L'équipe ERMMA travaille sur une large gamme de matériaux magnétiques tant oxydes que métalliques. Elle est reconnue au niveau national pour son expertise en spectroscopie Mössbauer. S'appuyant sur ses compétences acquises en caractérisation de matériaux magnétiques massifs notamment magnétiques durs, les acteurs de cette équipe ont développé ces dernières années une activité dynamique concernant l'étude des propriétés magnétiques de systèmes multicouches, de nanostructures voire de dispositifs. Pour cela ERMMA met en œuvre non seulement la spectroscopie Mössbauer du  $^{57}\text{Fe}$  mais aussi la sonde atomique tomographique tirant le meilleur parti de la complémentarité de ces deux sondes à l'échelle locale. L'équipe ERMMA a ainsi obtenu des résultats remarquables dans des systèmes multicouches magnétiques, par exemple pour la compréhension du rôle de la couche de l'espaceur non magnétique sur la force du couplage d'échange entre couches ferro et antiferromagnétiques dans les multicouches. Sur la période de référence, la production de l'équipe est conséquente. On note 35 publications dans des revues internationales avec comité de lecture ainsi qu'une thèse qui a été soutenue durant la période du contrat.

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

L'activité de l'équipe ERMMA s'appuie sur plusieurs collaborations académiques nationales et internationales, formalisées ou non, en particulier avec des équipes préparant des échantillons qui sont analysés ensuite au GPM. L'équipe est impliquée dans des projets ANR

Récemment, l'équipe ERMMA s'est étoffée par l'arrivée de 2 enseignants-chercheurs en chimie.

Si l'activité scientifique de cette équipe jeune est bonne, son rayonnement pourrait être renforcé.

- **Appréciation sur le projet** :

Le projet de l'équipe comporte deux volets. La caractérisation à très fine échelle de matériaux magnétiques nanostructurés en combinant spectroscopie Mössbauer et sonde atomique tomographique. Un élargissement du champ





d'investigation est en cours, en particulier aux jonctions tunnel et aux oxydes fonctionnels. L'autre aspect du projet concerne le développement de nanomatériaux magnétiques pour le traitement par hyperthermie en cancérologie. Cette activité faisant l'objet d'études nombreuses au niveau international. Il faudra veiller ici à avoir une activité originale, se démarquant de celles des autres acteurs dans le domaine. Signalons que l'équipe ERMMA devrait être rejointe par un enseignant chercheur en provenance de l'équipe ERTRANS dont l'activité concerne déjà la physique des matériaux magnétiques.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

Cette équipe, formée exclusivement d'enseignants-chercheurs est composée de personnes de cultures et d'expertises différentes. Elle est constituée de jeunes scientifiques, est de taille modeste et a une bonne production scientifique.

- Points forts et opportunités :

ERMMA est une équipe qui dispose d'une expertise reconnue en spectroscopie Mössbauer. Son ouverture à l'utilisation de la sonde atomique en complément offre des perspectives intéressantes. Le contact avec d'autres équipes tant expérimentales côté sonde atomique tomographique, que théorique ER3M est à maintenir voire à renforcer.

- Points à améliorer et risques :

Cette jeune équipe, composée de par la diversité des profils et sections CNU représentées, doit poursuivre l'intégration des deux chimistes arrivés récemment tout en évitant de disperser ses thématiques de recherches. L'orientation vers les matériaux pour le traitement hyperthermique comporte un risque, ce domaine d'étude faisant déjà l'objet d'un bon nombre de travaux. Pour conforter l'activité d'encadrement doctoral il est souhaitable que certains passent leur habilitation à diriger des recherches prochainement.

- Recommandations :

L'équipe se doit de trouver un équilibre entre développement d'activités diversifiées et maintien de travaux en commun et fédérateurs afin de maintenir une culture et des objectifs communs gages de cohésion et d'expertise.



- Intitulé de l'équipe : Equipe de Recherche en Microélectronique (ERMEL)
- Responsable : M. Kaouther DAOUD\*

\*Dans le projet, séparation en 2 équipes : ER2MP (responsable, M. S. DUGUAY) et ERDEFI (responsable, M. O. LATRY)

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

	Dans le bilan ERMEL	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	10	6-ER2MP 5-ERDEFI
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	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1-ER2MP 0,5-ERDEFI
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-ER2MP 2-ERDEFI

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La création en 2006 de l'Equipe de Recherche en Microélectronique (ERMEL) est associée au développement des techniques de sonde atomique tomographique laser pour l'étude des matériaux de l'électronique, en particulier les semi-conducteurs. Ces techniques ont ouvert la voie à l'analyse des composants de la micro ou nano électronique à l'échelle atomique. Des résultats originaux ont été obtenus concernant par exemple la redistribution ou la ségrégation des dopants, à l'origine de leur désactivation.

En 2007, l'équipe s'est renforcée et a démarré un nouvel axe de recherche concernant la fiabilité et l'analyse des défaillances des composants électroniques.

L'existence des 2 cultures « Science des matériaux » et « Microélectronique » permet d'étudier de manière originale les mécanismes physiques associés à la dégradation fonctionnelle des composants.

L'équipe a produit 46 publications dans des journaux de bonne qualité (en tenant compte de toutes les publications des 5 membres ayant rejoint l'équipe en 2008), soit en moyenne une publication par an et par chercheur. 3 thèses ont été soutenues dans les 4 dernières années.

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

Grâce à sa maîtrise des techniques de sonde atomique tomographique, l'équipe a su développer de nombreux partenariats académiques et industriels et participe à plusieurs projets ANR.

La thématique concernant la fiabilité des composants électroniques bénéficie d'un très fort ancrage régional et de nombreuses collaborations industrielles (Institut Carnot, Pôle de compétitivité Mov'eo...).



Les travaux de l'équipe ont donné lieu à des conférences invitées nationales et internationales, la plupart du temps présentées par le même membre de l'équipe qui jouit d'une grande renommée internationale.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet présenté prévoit la séparation de l'équipe ERMEL en 2 équipes distinctes :

L'équipe ER2MP poursuivra les travaux de l'équipe ERMEL sur l'analyse par sonde atomique tomographique des matériaux de la microélectronique et de la photonique. La maîtrise exceptionnelle de ces techniques conjuguées à la qualité du parc instrumental du GPM doit permettre d'aborder des problèmes cruciaux comme ceux de la désactivation des dopants de manière originale et efficace.

L'équipe ERDEFI poursuivra les études sur les défaillances et la fiabilité des composants électroniques, en partenariat fort avec des industriels de l'automobile ou de l'aérospatiale. En associant les moyens expérimentaux du GPM en nanoanalyse à des mesures électriques, elle essaiera d'élucider les mécanismes physiques à l'origine des défaillances de composants.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

La jeune équipe Ermel a joué un rôle pionnier en démontrant l'applicabilité des techniques de sonde atomique à l'étude des matériaux et composants de la microélectronique. Grâce à ces techniques originales, elle aborde sous un angle unique des problèmes importants de la microélectronique.

- Points forts et opportunités :

Les points forts de l'équipe sont la maîtrise d'outils expérimentaux uniques pour l'analyse des matériaux de la microélectronique et la double culture « science des matériaux » et « microélectronique ». L'équipe s'appuie également sur un fort réseau de partenariats en particulier industriels.

- Points à améliorer et risques :

Un effort important doit être fait du côté de la modélisation des résultats expérimentaux afin d'utiliser au mieux les résultats fournis.

- Recommandations :

Malgré la scission en 2 équipes distinctes, motivée par des considérations de taille d'équipe, il semble important de garder des contacts scientifiques étroits entre les 2 futures équipes. En particulier, la double culture matériaux-microélectronique doit être maintenue dans les 2 équipes.



- Intitulé de l'équipe : Equipe de Recherche sur les Matériaux et leurs surfaces (ERMES)
- Responsable : Mme Béatrice HANNOYER
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan ERMES	Dans le projet ERMES
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	7	7
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	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)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

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

L'équipe ERMES aborde des problématiques scientifiques associées aux surfaces, avec une double approche qui considère d'une part les phénomènes à l'œuvre dans des conditions de fonctionnement et/ou environnementales extrêmes (corrosion, oxydation), et d'autre part la maîtrise de propriétés et fonctionnalités nouvelles (nitruration, barrière thermiques). Elle développe pour ce faire une analyse de surface à toutes les échelles pertinentes, et associe de façon originale les capacités de caractérisation à l'échelle nanométrique remarquables du laboratoire à des méthodes spectroscopiques non destructives, cœur de métier de l'équipe.

La mise au point d'un dispositif d'analyse de surface par spectrométrie Mössbauer à basse température a fait l'objet d'une déclaration d'invention et constitue un avantage conséquent pour le positionnement de l'équipe dans sa communauté.

La production scientifique est modeste durant la période de référence, avec 14 publications dans des revues internationales de qualité, mais avec un nombre de doctorants satisfaisant (4). Le nombre élevé d'enseignants-chercheurs supportant des charges lourdes à l'IUT a été pénalisant sur cette période.

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

L'activité de l'équipe ERMES est à la fois bien ancrée dans les collaborations académiques nationales (ONERA, MATEIS, LPCS) et dans les partenariats industriels (Arcelor-Mittal, SNECMA, CRT Analyse et Surfaces). Le volet international est présent, par la mise en place d'une collaboration avec le National Chemical Lab de Pune (India) sur la caractérisation de films minces d'oxydes métalliques, et dans le cadre d'un contrat européen du 7<sup>ième</sup> PCRDT, HYSOP, en phase de démarrage.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet de l'équipe est structuré en deux volets.



Un axe altération des surfaces de matériaux : il aborde en particulier un problème original, celui de la corrosion atmosphérique en milieu semi-confiné, porteur d'enjeux environnementaux forts dans le cadre des tunnels routiers. Ce sujet vise à élucider le comportement d'alliages métalliques en atmosphère particulaire et d'effluents gazeux. Un second projet a pour objectif d'élucider les mécanismes de corrosion des bronzes, et en particulier de préciser le rôle de l'étain dans les mécanismes d'oxydation. Un programme international dédié à la conservation du patrimoine artistique en bronze est en cours de montage.

Un axe surfaces fonctionnelles : dans le contexte du projet européen HYSOP (Hybrid Silicide-based Lightweight Components for Turbine and Energy Applications) l'équipe ERMES abordera les problèmes d'oxydation des intermétalliques de type siliciures de niobium et les phénomènes aux interfaces.

L'expertise spectroscopique de l'équipe sera utilement complétée par les apports de la sonde atomique et également du nouvel équipement de microscopie électronique analytique du laboratoire.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Cette équipe bénéficie d'une bonne visibilité dans la communauté nationale et développe une activité significative de formation par la recherche. Les objectifs proposés sont de nature à favoriser la reconnaissance internationale.

- Points forts et opportunités :

ERMES est une équipe qui dispose d'une expertise reconnue en analyse de surfaces, avec un bon équilibre entre problématique scientifique et objectifs industriels. La complémentarité entre ses cœurs de métier en spectroscopies et les méthodes de caractérisation nanoscopiques du laboratoire est bien mise en avant dans le projet proposé.

- Points à améliorer et risques :

La production scientifique a manifestement connu une période de faiblesse au cours du présent contrat, mais le projet présenté doit être de nature à remotiver les enseignants-chercheurs en difficulté temporaire, et à rétablir un niveau plus homogène de publications de l'équipe.



- Intitulé de l'équipe : Mécanique des Matériaux (ERMECA)
- Responsable : M. Lakhdar TALEB
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan ERMECA	Dans le projet ERMECA
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)		
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	2
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0,6	0,6
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0,5	
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	3	3

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

L'Equipe de Recherche en Mécanique des Matériaux (ERMECA) s'est rattachée au GPM depuis le 1er janvier 2009 avec l'objectif de renforcer les connaissances entre (i) les propriétés mécaniques des alliages métalliques à l'échelle du millimètre cube et le développement de lois de comportement pour concevoir des structures industrielles et (ii) leurs microstructures à petite échelle (MEB, MET) développées lors de sollicitations complexes (fatigue, chargements multiaxiaux). Cette stratégie s'appuie sur une démarche expérimentale avec des machines d'essais macroscopiques de bonne qualité, sur l'amélioration et l'identification de modèles de comportement phénoménologiques et le développement d'outils numériques pour le calcul par éléments finis en élastoviscoplasticité d'agrégats polycristallins.

Sur la période 2006-2010, l'équipe ERMECA a produit 15 publications (5 depuis 2009) principalement dans deux journaux de bonne qualité (Eur. Journal of Mechanics A-Solids et Int. Journal of Plasticity). Sept thèses ont été soutenues (dont 3 avant le rattachement en 2009) dans les 4 dernières années.

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

L'intégration de l'équipe ERMECA dans le GPM est récente mais elle s'appuie sur une reconnaissance régionale et nationale antérieure (Laboratoire de Mécanique de Rouen, INSA) qui lui permet de maintenir un flux de contrats industriels et de doctorants raisonnable. Une collaboration industrielle soutenue par le pôle de compétitivité Mov'eo est en cours sur des matériaux composites pour l'aéronautique.

- **Appréciation sur le projet :**

L'intégration récente d'ERMECA dans le GPM doit se poursuivre pour atteindre les objectifs fixés. A ce titre, le recrutement à venir d'un nouveau Maître de Conférences est un point clé pour améliorer le dialogue entre ERMECA et



certaines équipes du GPM sur l'analyse et la modélisation du comportement mécanique des matériaux métalliques par des approches multi-échelles.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

Cette équipe, de taille modeste, a une production scientifique correcte. Elle doit poursuivre son intégration dans le GPM en collaborant davantage avec les autres équipes de cette unité.

- Points forts et opportunités :

- Maîtrise des moyens expérimentaux pour la caractérisation multiaxiale du comportement macroscopique des matériaux. Outils numériques pour le développement de lois de comportement multi-échelles.

- Développer les collaborations inter-équipes en particulier avec l'équipe ERAFEN (outils numériques pour les transitions d'échelles, changements de phase solide-solide) et l'équipe ERMEN (aciers austénitiques, matériaux métalliques nano-structurés).

- Points à améliorer et risques :

- Améliorer la visibilité internationale.

- Eviter une dispersion sur les différentes classes de matériaux en se recentrant sur les alliages métalliques compte tenu de la taille de l'équipe.

- Recommandations :

- Bien cibler le profil de l'enseignant-chercheur recruté par l'INSA de Rouen pour améliorer l'intégration d'ERMECA dans le GPM.

- Se recentrer sur les matériaux métalliques dans le domaine de l'énergie pour profiter de la dynamique du laboratoire commun EDF/CNRS.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Groupe de Physique des Matériaux	A+	A+	A+	A	A+
<i>Equipe de Recherche Transformation de phases et Nanostructures</i>	A+	A+	Non noté	A+	A+
<i>Equipe de Recherche en Instrumentation Scientifique</i>	A+	A+	Non noté	A+	A+
<i>Equipe de Recherche Modélisation, Microstructure, Magnétisme</i>	A	A	Non noté	A+	A
<i>Equipe de Recherche sur les Matériaux magnétiques pour Applications</i>	A	A	Non noté	A	A
<i>Equipe de Recherche en Microélectronique</i>	A	A	Non noté	A	A
<i>Equipe de Recherche sur les Matériaux et leurs surfaces</i>	B	A	Non noté	A	A
<i>Equipe de Recherche Mécanique des Matériaux</i>	A	B	Non noté	A	A

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

## Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

### Sciences et Technologies

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

## Intitulés des domaines scientifiques

### Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

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



Rouen, le 6 avril 2011

Le Président

À

Monsieur Pierre Glorieux  
Directeur de la section des unités de recherche  
Section 2-AERES  
20, rue Vivienne  
75 002 Paris

*Réf. : S2UR120001248- Groupe de Physique des Matériaux (GPM) - 0761904G*

Monsieur Le Directeur,

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint la réponse formulée par le directeur de l'UMR 6634 - GPM (Groupe de Physique des Matériaux) et le porteur de projet à l'évaluation faite par l'AERES.

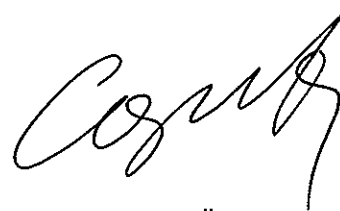
Je profite de l'occasion pour souligner le bon déroulement de la visite du comité d'évaluation de l'AERES.

La direction de l'Université se retrouve dans les remarques faites par le porteur de projet, le Professeur Philippe Pareige, et son directeur actuel, le Professeur Didier Blavette.

L'Université soutient sans réserve cette Unité qui est partie intégrante du LABEX EMC3. Je tiens ici à préciser que notre établissement a maintenu le potentiel de recherche de ce laboratoire en terme d'enseignants chercheurs ainsi que le nombre de personnel BIATOSS malgré une baisse relativement importante du nombre d'étudiants dans la discipline.

Cette année, l'UMR GPM bénéficie d'une chaire mixte Université-CNRS.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération distinguée.



Cafer ÖZKUL

## Réponse au Rapport AERES

**Groupe de Physique des Matériaux  
UMR CNRS 6634, Université et INSA de Rouen**

Philippe PAREIGE, Professeur, Dir adjoint, Porteur du projet  
Didier Blavette, Professeur, Directeur

Nous tenons à remercier les membres du comité de visite AERES et son président pour la pertinence de leur évaluation. Les discussions, les questions posées et les avis et échanges scientifiques qui ont eu lieu lors de cette visite ont été d'une grande richesse. Le rapport d'expertise qualifie le laboratoire d'excellent et met bien en exergue les forces et les faiblesses ou risques. Ces recommandations sont tout à fait précieuses pour le futur directeur comme pour les responsables d'équipes et les membres du laboratoire, aujourd'hui labellisé Laboratoire d'Excellence dans le cadre du plan national « Investissement d'Avenir ».

Le rapport AERES appelle tout d'abord une remarque peut-être triviale mais d'importance : la science des matériaux et l'instrumentation scientifique sont intrinsèquement pluridisciplinaires mêlant la physique, la chimie, la mécanique et les disciplines d'application comme par exemple la micro-électronique ou la métallurgie. Le regroupement dans un même laboratoire d'équipes rassemblant ces disciplines est fondamental pour promouvoir l'interdisciplinarité car c'est souvent aux interfaces que l'innovation naît. Le projet du GPM est bâti pour aller dans ce sens et le futur directeur veillera à ce que cette pluridisciplinarité ne conduise pas à une trop grande dispersion.

Bien sûr l'intégration d'équipes qui ne sont pas encore parvenues au même niveau de développement ou de reconnaissance que les équipes du "cœur historique du GPM" a constitué une prise de risques pour le laboratoire qu'il a pleinement mesuré. Mais la recherche au meilleur niveau suppose aussi des prises de risques. Cette intégration s'est faite par la volonté commune du GPM et des établissements de fédérer et rassembler pour les re-dynamiser et bâtir un ensemble cohérent autour des sciences des matériaux au sens large, incluant mécanique et microélectronique, l'objectif étant de hisser tout le monde vers le haut. Cette fusion ne peut être que bénéfique, nous semble-t-il

, à la fois pour les équipes, pour leur émulation, pour le laboratoire en élargissant sa visibilité et pour les chercheurs concernés profitant ainsi d'un environnement favorable à cette émulation.

Un autre choix du GPM a très souvent été de "faire du fondamental à partir de matériaux d'intérêt industriel". Ce choix, fait et assumé depuis longtemps, nous a conduit à très peu développer l'élaboration de matériaux. Il nous a par contre conduit à développer de nombreuses collaborations favorisant l'interdiffusion des cultures. Le mélange de physiciens modélisateurs et expérimentateurs autour de moyens d'études à l'échelle atomique au meilleur niveau est un identifiant fort du GPM.

En parallèle de notre volonté à maintenir notre leadership mondial en instrumentation scientifique pour les sondes atomiques et leurs générations futures, l'acquisition et surtout l'utilisation du microscope électronique analytique à très haute résolution révèle une autre ambition à moyen terme, celle de devenir aussi un laboratoire reconnu au plus haut niveau de la microscopie électronique en science des matériaux et de son couplage à la sonde atomique. Enfin, ce choix nous permet de collaborer avec les plus grands groupes (académiques ou industriels) et d'intégrer massivement les réseaux et programmes nationaux et internationaux.

C'est donc plusieurs paris qui sont faits mais qui vont tous dans le même sens : tirer tous les chercheurs de toutes les équipes vers le meilleur niveau, faire interdiffuser les différentes cultures et développer ainsi un ensemble globalement de niveau mondial. Le GPM a aussi un rôle fédérateur en région(s) avec notamment sa forte implication dans la fédération IRMA (Rouen-Caen). Notre labellisation toute récente comme Laboratoire d'Excellence (Labex EMC3 Investissement d'Avenir / Rouen-Caen) confirme nos choix et conforte le soutien de nos établissements et tutelles et est cohérente avec l'évaluation du comité.

Fait à Rouen, le 05/04/11

Pr. Philippe Pareige, Dir. Adj. GPM, Porteur du projet  
Pr. Didier Blavette, Dir. GPM