



**HAL**  
open science

## CRISMAT - Laboratoire de cristallographie et sciences des matériaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. CRISMAT - Laboratoire de cristallographie et sciences des matériaux. 2011, École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen - ENSICAEN, Université de Caen Normandie - UNICAEN, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02034759

**HAL Id: hceres-02034759**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02034759>**

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 :  
Laboratoire de Cristallographie et Sciences des  
Matériaux - CRISMAT  
sous tutelle des établissements et  
organismes :  
ENSICAEN  
Université de Caen – Basse Normandie  
CNRS – Institut de Chimie

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 :  
Laboratoire de Cristallographie et Sciences des  
Matériaux - CRISMAT  
Sous tutelle des  
établissements et organismes :  
ENSICAEN  
Université de Caen – Basse Normandie  
CNRS – Institut de Chimie

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Novembre 2010



# Unité

**Nom de l'unité :** Laboratoire de Cristallographie et Sciences des Matériaux - CRISMAT

**Label demandé :** UMR

**N° si renouvellement :** 6508

**Nom du directeur :** M. Antoine MIGNAN

## Membres du comité d'experts

### Président :

M. Jean-Marie DUBOIS, CNRS, France, CoNRS

### Experts :

Mme Amparo FUERTES, Institut de Ciència de Materials de Barcelona (CSIC), Espagne

M. Paul ATTFIELD, Université d'Edimbourg, Royaume Uni,

M. Pierre BORDET, Institut Néel, CNRS, Grenoble, France

M. Oliver GROENING, EMPA, Thun, Suisse

M. Jérôme LESUEUR, LPEM, CNRS-ENSCPI-UPMC, Paris, France

M. Michel MENETRIER, ICMCB, CNRS, Pessac, France

M. Didier NOEL, Centre de Recherche des Renardières, EDF, France

M. Philippe PAPET, ICGM, Université de Montpellier, France, CNU

M. Claude PELLET, Laboratoire IMS, Université Bordeaux 1, Talence, France

M. Jean-Paul POUGET, LPS, CNRS et Université Paris-Sud, Orsay, France

M. Philippe TAILHADES, CIRIMAT, CNRS, Toulouse, France

M. Etienne SNOECK, CEMES, CNRS, Toulouse, France

M. François WEISS, CNRS, INPG, St Martin d'Hères, France

## Représentants présents lors de la visite

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Georges HADZIIOANNOU



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

M. Jean-Marc DANIEL, Adjoint du Délégué Régional CNRS

M. Xavier DROUET, Délégué Régional Recherche et Technologie

M. Dominique GOUTTE, Directeur Général ENSICAEN

M. Jean-Pierre GRANDIN, Délégué à la Recherche ENSICAEN

M. Jean-Louis LAGARDE, Vice Président UCBN

Mme Aurélie MÉNARD, Responsable SPV - Délégation Régionale CNRS

M. Jean-François TASSIN, CNRS INC



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée sur 2,5 jours, du 08 au 10 novembre 2010. La première journée a été consacrée au bilan : audition du directeur et des responsables des équipes E1 à E4 (avec une réunion en parallèle d'un membre du comité et des personnels ITA/BIATOS ainsi qu'une visite du LAMIPS par un autre membre du comité en fin d'après midi). La deuxième journée, dédiée au projet, a vu successivement la présentation globale du projet par le directeur, celles des projets d'équipe et des axes transversaux, les rencontres avec le conseil d'unité, les représentants ITA/BIATOS, les doctorants et post-docs et enfin les tutelles. La dernière demie-journée a commencé par une présentation de la FR IRMA par le directeur du CRISMAT suivie d'une réunion à huis clos du comité.

Les présentations ont été particulièrement bien argumentées, laissant un temps significatif à des présentations focalisées sur des faits saillants. Le Comité a apprécié le haut degré de préparation de la visite, ainsi que la qualité de l'accueil qui lui a été réservé.

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

Laboratoire prestigieux longtemps porté par un enseignant-chercheur de l'Université de Caen Basse-Normandie devenu membre de l'Académie des Sciences (Paris), le CRISMAT a renouvelé son organigramme lors de la prise de fonction de l'actuel directeur. Il est centré sur la physico-chimie des oxydes mais dispose aussi de compétences en métallurgie, matériaux composites et matériaux pour l'électronique avec quatre groupes de recherche :

- E1 : Conception de nouveaux matériaux (Design of new materials, DNM)
- E2 : Matériaux pour l'énergie (Energy materials, EM)
- E3 : Films et systèmes corrélés (Films and correlated systems, FICS)
- E4 : Matériaux thermostructuraux et fonctionnels (Thermostructural and fonctionnal materials, TFM)

qui s'appuient sur des groupes de spécialité basés sur des compétences en microscopie électronique à transmission, cristallographie, théorie et physique. Une fraction notable des personnels est d'intégration récente en raison de l'évolution des laboratoires de l'ENSICAen et/ou des politiques industrielles sur le site.

- Equipe de Direction :

Antoine MAIGNAN, DR1 CNRS, dirige l'unité depuis 8 ans. Il s'appuie d'une part sur les responsables des équipes E1 à E4 et d'autre part les responsables des axes transverses (Physique, cristallographie, théorie et microscopie électronique). Le conseil d'unité se réunit 3 à 4 fois par an.



- 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)	33	33
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	18	18
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)	3	3
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	16,3	16,3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	-	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	33	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	41	41

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

Unité de référence au plan international dans le domaine de la chimie des oxydes. Le CRISMAT combine avec élégance et efficacité une capacité unique de conception, de synthèse et de caractérisation des matériaux formés à partir d'oxydes de métaux alliés entre eux ou à d'autres éléments chimiques, avec en particulier la création d'assemblages originaux de blocs structuraux. Après avoir été en tête de la recherche sur les supraconducteurs à haute température critique ou les manganites, il apparaît aujourd'hui en pointe sur les matériaux pour la thermoélectricité. Sa force tient d'une part à une alliance peu commune entre chimistes et physiciens du solide, capables d'aller eux-mêmes des méthodes de synthèse aux études de caractérisation des structures et des propriétés et d'autre part à une forte propension à prolonger les recherches fondamentales jusqu'au niveau applicatif. Les développements nouveaux (composites, métallurgie, électronique), liés à l'intégration récente de personnels en provenance d'autres laboratoires, s'ils répondent de manière satisfaisante à la demande sociétale environnante, sont loin d'avoir atteint le même niveau de pertinence et demandent un sérieux effort de maturation.

- Points forts et opportunités :

Laboratoire de premier plan international dans les domaines de la conception, de la synthèse, de la caractérisation structurale et physique et de la modélisation des oxydes solides.

Laboratoire ayant su mettre en place une méthodologie d'approche complétée par une boucle de rétroaction unique entre synthèse des oxydes et caractérisation des matériaux obtenus, permettant d'inventer des matériaux originaux avec des fonctionnalités nouvelles pouvant aller jusqu'aux prémices d'une exploitation industrielle.

Les interactions entre chimistes et physiciens du solide, ainsi qu'entre expérimentateurs et théoriciens sont exemplaires. La structuration originale du laboratoire permet décloisonnement et réactivité.



Très forte prise en compte des questions socio-économiques dans le domaine de l'énergie, très bien couplée à l'approche fondamentale.

Compétences exemplaires et faisant école en synthèse et design/conception de nouvelles phases d'une part, en microscopie électronique d'autre part. Contribution remarquable et pérenne à l'école de cristallographie française dans le domaine des oxydes. Qualité et originalité des recherches en cristallographie, aussi bien dans le domaine des structures modulées que dans le développement des analyses microstructurales combinées.

La force et la renommée du CRISMAT se basent depuis de nombreuses années sur sa capacité à synthétiser des matériaux originaux (oxydes) et à en déterminer la structure, notamment par les techniques de microscopie électronique à transmission (MET). Dans ce cadre les développements méthodologiques en MET réalisés au CRISMAT pour la détermination de structure par précession en mode diffraction sont tout à fait pertinents et remarquables. Il en est de même pour ce qui est de la maîtrise des expérimentations en MET à haute et basse température.

Fort effet structurant de l'unité au niveau local, régional (via la FR IRMA), national (plusieurs GDR pilotés par le CRISMAT, réseaux CRISTECH, METSA, etc.), européen (Société Européenne de Thermoélectricité), international (Laboratoire International Associé avec l'Inde).

Forte présence dans les filières d'enseignement à Caen et en Régions (Basse et Haute Normandies).

Budget consolidé très largement orienté vers la recherche, avec une fraction de 45% disponible au delà de la masse salariale.

Pyramide des âges très favorablement orientée vers la jeunesse, avec émergence d'une nouvelle génération de jeunes responsables (autour de 40 ans) dont fait partie le directeur pressenti pour le projet.

Prise en compte au meilleur niveau des problèmes de sécurité et de formation, en dépit des difficultés liées à la vétusté prématurée des bâtiments et l'insuffisance numérique des personnels de soutien ; présence dans le laboratoire d'un ACMO au rôle exemplaire ; dévouement indéniable et efficace des personnels administratifs et techniques.

Capacité à dépasser les succès passés pour se tourner vers des sujets innovants et porteurs comme la thermoélectricité.

- Points à améliorer et risques :

Présence, surtout dans l'équipe E4, de sujets non connectés aux thèmes centraux (composites renforcés par du lin, métallurgie-mécanique des plaques minces, LAMIPS). Ces sujets satisfont la demande locale des tutelles et de leurs partenaires industriels. Ils comptent dans l'équilibre financier du laboratoire. Ils restent cependant très marginaux dans le paysage national tout en contribuant peu à la renommée scientifique de l'unité. Les porteurs de ces sujets gagneraient à mettre en œuvre les méthodes éprouvées sur les oxydes (synthèse, modélisation) tout en se rapprochant des grands laboratoires et des pôles de compétitivité reconnus dans les domaines des fibres naturelles et de la métallurgie.

Par ailleurs, les groupes concernés par ces sujets ne semblent pas contribuer à une veille technologique dans leurs domaines de compétences respectifs qui servirait l'analyse stratégique de leurs partenaires industriels d'une part, et conduirait d'autre part à une autonomie de choix des thèmes entraînant le CRISMAT vers une originalité particulière dans ces domaines.

L'encadrement technique, et surtout administratif, est le fait d'un personnel qualifié dont le dévouement est incontestable. Il est malheureusement numériquement très largement sous-critique, ce qui désormais obère la capacité de développement du CRISMAT et sa réactivité vis-à-vis des grands appels d'offres internationaux. Il est urgent que les tutelles universitaires du CRISMAT, à l'instar de l'INC du CNRS, prennent le parti de consentir au CRISMAT de véritables priorités et ne se contentent pas d'abonder leurs services centraux, cela fut-il en période de profonde mutation des universités, sauf à prendre le risque de voir s'étioler l'un de leurs fleurons en recherche au plan international.





Il en va de même en matière immobilière : les conditions faites au CRISMAT, dont les toitures fuient à la moindre averse au dessus d'appareillages uniques et onéreux, sont incompatibles avec la réputation et la dynamique de cette unité. Elles réclament à tout le moins des investissements de sauvegarde à mettre en œuvre de toute urgence.

- **Recommandations:**

Conserver la priorité donnée depuis longtemps aux oxydes et soutenir les fondements du laboratoire.

Désenclaver les sujets éloignés du thème central (oxydes) en trouvant des approches différentiantes par rapport aux laboratoires mieux connus sur ces sujets et dotés d'une masse critique autrement plus conséquente ; rechercher des méthodes originales en s'inspirant de celles qui prévalent pour les oxydes ; accroître les interactions avec la thématique principale du laboratoire.

Renforcer l'étude des structures électroniques et la détermination ab initio des interactions microscopiques en tenant compte de l'environnement atomique local. Eviter la dispersion tout azimuth des sujets abordés en recentrant l'étude théorique des propriétés électroniques dans les domaines de forte visibilité du CRISMAT comme la thermoélectricité.

Soutenir les activités autour de la cristallographie, notamment par la mise à niveau rapide d'équipements obsolètes et le recrutement de nouvelles forces. Compte tenu de la relative faiblesse numérique du groupe de cristallographes, les nouveaux équipements doivent répondre à des objectifs clairs et faire l'objet d'une concertation élargie au sein du laboratoire. Le projet instrumental présenté apparaît comme trop ambitieux au vu des capacités du laboratoire en instrumentation dans ce domaine. Il serait plus judicieux de répartir ses fonctionnalités sur des instruments complémentaires.

Poursuivre l'ouverture du groupe de cristallographes vers l'ensemble du laboratoire et la communauté française, et s'impliquer plus fortement dans l'utilisation des synchrotrons (SOLEIL ou ESRF), par exemple en ce qui concerne les études structurales sous pression ou l'analyse PDF.

Dans le cadre du CPER, le CRISMAT a pour projet l'acquisition en 2011 d'un MET corrigé des aberrations de sphéricité de l'objectif et équipé en spectroscopie de perte d'énergie des électrons (EELS). Ce microscope sera celui sur lequel seront menés l'essentiel des analyses structurales en MET à Haute Résolution actuellement développés sur un microscope âgé. Il est essentiel que ce projet aboutisse afin que le CRISMAT maintienne une activité de pointe en MET tant sur le plan national (via notamment le réseau METSA) qu'international.

En outre, un des objectifs de la fédération IRMA est de créer une plateforme de caractérisation associant MET et Sonde Atomique. A cet effet, le GPM de Rouen a récemment acquis un MET corrigé « sonde » équipé d'un spectromètre GIF et d'un détecteur annulaire grand angle permettant de réaliser des études en STEM-HAADF. Les possibilités d'analyse structurale de cet instrument sont très complémentaires de celles du MET attendu à Caen. Elles sont d'un intérêt évident pour la détermination de structures complexes telles que celles élaborées au CRISMAT. Les microscopistes du CRISMAT, et en premier lieu le responsable du service MET récemment recruté, doivent absolument tisser des liens très étroits entre les deux laboratoires GPM et CRISMAT, que ce soit en programmant des échanges et des visites régulières entre les microscopistes des deux laboratoires, en organisant des formations communes, des workshops... afin que le centre de microscopie de renommée internationale voulu par la fédération IRMA devienne une réalité.

Conforter la transition du fondateur vers la direction actuelle en associant plus les responsables de groupes et plus encore le conseil de laboratoire à l'élaboration des grandes décisions préparant l'avenir ; formaliser mieux, de préférence par écrit, le processus décisionnel ; clarifier les rôles respectifs des participants à ce processus.

Clarifier l'ancrage du groupe E4 (Matériaux thermostructuraux et fonctionnels) par rapport au thème central du CRISMAT d'une part, à la politique scientifique nationale d'autre part en matière de composites et de métallurgie (voir plus haut).

Anticiper sur les problèmes de sécurité qui ne manqueront de survenir à court terme en réparant les toitures. Assister mieux le laboratoire en matière administrative.



Maintenir le directeur actuel à son poste. Personnalité de haute stature scientifique, il a su en effet faire preuve au cours du mandat qui s'achève d'une remarquable clairvoyance, alliant dynamisme et savoir faire, pour garder à son unité le cap et le rang qui étaient les siens de par le passé tout en renouvelant considérablement les sujets et l'organisation. Le comité a pu constater l'adhésion des membres du laboratoire à cette personne et recommande donc qu'elle poursuive sa mission à la tête du CRISMAT.

- **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	51
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	1
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	1
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)	46

### 3 • **Appréciations détaillées sur la vie de l'unité :**

Les appréciations détaillées sur chacune des équipes du CRISMAT font l'objet du §4 ci-après où sont reportées pour les équipes E1 à E4 les appréciations du comité sur la qualité scientifique et la production, le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe de recherche dans son environnement, sa gouvernance et sa vision stratégique exprimée par son projet. Le présent paragraphe se limite à quelques aspects particuliers de la vie de l'unité qui ont attiré l'attention du comité.

- **Situation des ITA et de quelques services :**

Bien que le souhait de recrutement de personnels ITA (ITA : acronyme générique qui désigne dans ce rapport autant les personnels rattachés aux tutelles universitaires du CRISMAT qu'au CNRS) ne soit pas mentionné dans la section 2-1-9 du bilan d'activité, le faible nombre d'ITA par rapport aux équipements scientifiques est relevé comme un point faible du laboratoire. Lors des rencontres avec les ITA, cette situation est apparue clairement. Elle semble ressentie de façon particulièrement forte pour le service des mesures mécaniques. Il est aussi apparu clairement que cette situation de pénurie en ITA est également criante au niveau des services administratifs. Ceci a été confirmé par le directeur lors de la session consacrée au projet. Le remplacement de la personne chargée de la gestion des personnels, en instance de départ en retraite, est indispensable.

La gestion, y compris celle des missions, est assurée par un groupe de deux personnes, en théorie complété d'un poste rectoral à mi-temps. Cependant ce poste est très difficilement pourvu, et souvent vacant. Le gestionnaire principal est de plus le seul ACMO du laboratoire.

L'entretien est assuré par une personne assistée d'un poste précaire (contrat aide à l'emploi). Cette personne assure le minimum de l'entretien courant, qui est très lourd dans les locaux déjà vétustes. Ceci est apparent lorsque l'on parcourt simplement les couloirs du site ancien du Laboratoire. La vétusté des locaux apparaît de façon encore plus préoccupante par des fuites provenant des toits en terrasse. Si la situation n'est pas encore critique quant à la sécurité des personnes, elle menace de façon inacceptable les appareils et



l'efficacité de leur utilisation. Des interventions de fortune sont assurées par les services de logistique de l'hébergeur ENSICAEN, mais aucune amélioration de fond ne semble en vue.

Le nettoyage est assuré par des CDD sur les budgets du laboratoire, ce qui pose, comme pour les ITA en CDD dans les services de recherche, des problèmes d'efficacité en raison du besoin récurrent de formation de ces personnels. Il serait peut-être souhaitable que le laboratoire fasse appel à une société de nettoyage.

L'informatique est assurée par un groupe de deux personnes qui sont accaparées par la gestion quotidienne des réseaux et des machines (environ 230), et ne peuvent guère se consacrer à des tâches de fond pour améliorer les services disponibles.

Le groupe des ITA, aussi bien dans les services administratifs que scientifiques, apparaît malgré tout très attaché au laboratoire et à ses membres, et se sent très bien pris en considération. Ceci transparaît dans l'atmosphère très positive qui règne au sein des ITA.

Notons que les ITA des services scientifiques, s'ils ne sont officiellement pas affectés à un des groupes E1 à E4, ont le sentiment clair d'appartenir, via le chercheur qui les encadre, à un des groupes de spécialité « anciens ». Ils apprécient par ailleurs le fait d'avoir à faire avec des personnes des différents groupes E1-E4 (dont ils ne perçoivent pas clairement les contours, voire l'existence), et ceci semble s'organiser très naturellement au niveau du chercheur référent (malgré son appartenance à l'un de ces groupes E1-E4). On voit ici l'effet très bénéfique de l'organisation « décloisonnée » du laboratoire.

Notons enfin, en ce qui concerne les ITA, que l'existence de deux sites est souvent vécue comme un frein à une meilleure connaissance de l'ensemble des membres du laboratoire. Peut-être l'organisation d'une pause-café quotidienne dans l'un des deux sites (par exemple le hall du site « CNRT »), ouverte à tous les membres du laboratoire pourrait-elle améliorer cette situation. La cohésion du groupe des ITA et leurs relations avec les différents personnels d'un laboratoire de cette taille sont des facteurs importants d'efficacité et de bon climat.

- **Formation :**

Bien que relativement peu de formations techniques apparaissent dans le rapport d'activité du CRISMAT, les personnels ITA du CNRS ont indiqué que leurs demandes étaient bien prises en compte, et qu'ils étaient bien informés des possibilités de formation. L'accès aux formations est moins satisfaisant pour les personnels universitaires.

- **Hygiène et sécurité :**

Un effort très important en matière d'hygiène & sécurité (H&S) est réalisé grâce à l'ACMO du laboratoire, avec la supervision du comité d'hygiène et sécurité de l'ENSICAEN. Les contacts existent également avec l'ingénieur H&S du CNRS, mais sont sans doute insuffisants avec le médecin de prévention du CNRS.

Le « document unique », bien que non évoqué dans le rapport, rassemble les informations pertinentes. Un certain nombre de procédures restent à formaliser (coordination des AFPS, équipiers de première intervention et correspondants de zone pour évacuation ; référents pour l'utilisation des matériels ; travail isolé). Il s'agit d'un travail très important (en qualité et quantité) réalisé de façon remarquable par l'ACMO malgré ses charges de gestionnaire du laboratoire. Il serait sans doute souhaitable qu'il puisse se consacrer encore plus à l'hygiène et sécurité.

- **Plateforme IRMA :**

La fédération de recherche IRMA (Institut de Recherche sur les Matériaux Avancés) réunit les laboratoires CRISMAT, CIMAP et GPM et fait l'objet d'un rapport séparé. Elle dispose d'une plateforme de microscopie électronique dont la partie localisée à Caen a été évaluée par le comité.

Des discussions avec les ingénieurs chargés du parc de microscopes du CRISMAT, il ressort une organisation remarquable qui est l'exemple même du concept de « gagnant-gagnant ». La complémentarité entre les compétences des deux, puis des trois, laboratoires permet une coopération sans risque de concurrence. Cette complémentarité est conservée dans la politique d'investissements via les CPER qui complètent les parcs de machines des laboratoires. Il est clair que IRMA et son appartenance à METSA sont un atout capital pour les trois



laboratoires, et en particulier pour le développement des possibilités de microscopie électronique du CRISMAT, que ce soit en matière d'équipement ou de personnels. Ainsi, le laboratoire peut continuer dans la voie de l'excellence en la matière, qui est une des causes de sa visibilité internationale.

Les machines de Caen ont des statuts différents (CRISMAT/CIMAP/LAMIPS) clairement identifiés. Certaines sont affectées à IRMA, et donc potentiellement aux projets externes via le réseau METSA, de façon très claire. La répartition des crédits de fonctionnement de IRMA (ou de METSA) entre Caen et Rouen est également parfaitement transparente. La gestion scientifique et humaine des projets dans le cadre de METSA est vécue très positivement comme une opportunité par les ingénieurs du CRISMAT.

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

Intitulé de l'équipe : Equipe E1 : Conception de Nouveaux Matériaux

Nom du responsable : D. Pelloquin

- 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)	5	5
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)	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	8	8

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe E1 est composée d'un noyau de 6 chimistes de l'état solide en forte synergie avec 2 cristallographes, 2 physiciens et 2 théoriciens. La composition de l'équipe est très équilibrée entre enseignants-chercheurs et personnels CNRS.

L'objectif des recherches est de développer de nouveaux matériaux présentant un fort intérêt à la fois au niveau recherche fondamentale et applications potentielles. La méthodologie utilisée, instituant un couplage resserré entre synthèse et analyse structurale (microscopie électronique en transmission à haute résolution, diffusion des rayons X avec en particulier l'utilisation des super-espaces pour l'analyse des structures aperiodiques), est très performante et se situe au meilleur niveau international.



L'équipe s'intéresse aux oxydes de métaux de transition en portant une attention toute particulière aux phénomènes de non-stœchiométrie en oxygène et d'intercalation (en particulier de groupes fonctionnels) entre couches d'oxydes, ce qui ouvre l'activité du CRISMAT vers la chimie des hybrides. Ces effets génèrent des structures complexes (inter-croissance, polymorphisme, modulations incommensurables, structures emboîtées incommensurables (« misfits »), structures en terrasses, etc.) qui sont analysées de façon très professionnelle au sein de l'équipe. La présence de physiciens expérimentateurs rend pertinent l'établissement de relations structures-propriétés physiques, en particulier lors de l'étude des effets de mise en ordre de charges et d'interactions magnéto-électriques, ingrédients du phénomène de multiferroïcité, et de thermoélectricité, source d'applications potentielles. De même, la présence de théoriciens de chimie quantique effectuant des calculs ab initio locaux au meilleur niveau international dans les systèmes à fortes corrélations électron-électron synthétisés au CRISMAT est d'une grande valeur ajoutée.

L'équipe E1 produit une publication abondante et de qualité dans des revues internationales de rang A (145 publications sur la période 2006-juin 2010 : 1/3 des publications du laboratoire !) et a déposé un brevet en son nom propre et un second qu'elle partage avec les équipes E3 et E4. 14 thèses ont été soutenues entre 2006 et 2010.

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

L'équipe E1 constitue l'ossature sur laquelle repose une grande partie de l'activité de recherche du CRISMAT. Elle jouit d'une très importante renommée internationale dans le domaine de la synthèse de nouveaux oxydes et de leur caractérisation structurale. Les membres de l'équipe ont donné entre 2006 et 2010, 28 conférences invitées internationales et 8 nationales. Sur cette même période, l'équipe a accueilli 8 post-docs et un microscopiste de renommée internationale. Elle développe de nombreuses et fructueuses collaborations nationales et internationales. Deux membres de l'équipe sont respectivement responsables des GDR nationaux « Thermoélectricité » et « Matériaux et Interactions Compétitives » et un autre membre de l'équipe est vice-président de la société européenne de thermoélectricité. L'équipe est impliquée dans deux programmes européens SOPRANO et NOVELOX et dans trois projets ANR (SEMOME, SONDE et MADEBLAST). La partie microscopie électronique fait partie du réseau METSA mettant en synergie les meilleurs centres nationaux de microscopie électronique. Deux des membres de l'équipe ont reçu des prix scientifiques en 2006 et 2010.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet s'inscrit dans la méthodologie qui a fait la réputation de l'équipe pour la synthèse de nouveaux matériaux. Les objectifs principaux du projet sont de synthétiser de nouveaux matériaux tels que :

- les composés à inter-croissance basés sur des couches magnétiques,
- les systèmes de basse dimension frustrés magnétiquement,
- de nouveaux systèmes hybrides intercalés entre couches d'oxydes,
- le développement de nouvelles séries sans oxygène (à base de S ou Te) s'inspirant des empilements de type pnictides ou delafossite.

La finalité de ces synthèses reste principalement l'obtention de nouvelles séries de matériaux pour principalement l'étude du magnétisme et de la multiferroïcité. Ce projet est en partie dans la continuité du savoir faire de l'équipe en réalisant des inter-croissances à partir d'unités chimiques bien maîtrisées. Les ouvertures et risques les plus grands concernent la réalisation de matériaux hybrides ouvrant sur des propriétés originales, l'obtention de nouvelles séries à base de S ou Te et la fabrication en chimie du solide de matériaux qui pourraient avoir une finalité en spintronique.

- **Conclusion :**

- **Avis global :**

Equipe développant une recherche originale de très grande qualité, se situant au meilleur niveau international.



– Point forts et opportunités :

Forte synergie entre chimistes du solide, cristallographes, physiciens et théoriciens de la chimie quantique. Bonne utilisation des TGIR du domaine de la diffusion des neutrons.

– Points à améliorer et risques :

Utiliser plus systématiquement le rayonnement synchrotron (SOLEIL en particulier) pour la résolution de structures complexes. Améliorer, en veillant à la complémentarité, l'équipement du laboratoire dans le domaine de la diffraction des rayons X (ne pas rechercher dans ce domaine à rivaliser avec la qualité des instruments disponibles sur un synchrotron, mais chercher plutôt la flexibilité et la disponibilité des instruments).

– Recommandations :

Publier les résultats les plus importants dans des revues plus prestigieuses.

Renforcer les relations avec les industriels.

Veiller à maintenir une masse critique suffisante en microscopie électronique, cristallographie et théorie.

**Intitulé de l'équipe :** Equipe E2 : Matériaux pour l'Energie

**Nom du responsable :** V. CAIGNAERT

- 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)	7	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	5	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 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	0
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)	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	10	10

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe « Matériaux pour l'Energie » développe son activité sur la base méthodologique et le socle de connaissances en cristallographie des oxydes qui font le succès et l'originalité du laboratoire, en en tirant le meilleur parti. L'association au sein du groupe de chimistes, de physiciens expérimentateurs et théoriciens et de microscopistes assure une grande réactivité et une compréhension en profondeur des aspects complémentaires de la science des matériaux pour l'énergie. Les activités sont articulées autour de 4 thèmes



principaux (l'activité « historique » sur les catalyseurs phosphates est en net déclin et n'est d'ailleurs pas mentionnée dans le projet de recherche) :

- Les matériaux pour batteries au lithium
- Les conducteurs ioniques
- Les thermoélectriques
- Les magnétocaloriques.

La qualité scientifique du travail est sans conteste de tout premier plan international. Il en ressort une production homogène et de haut niveau, tant quantitativement que qualitativement, avec 116 ACL sur la période examinée, dont bon nombre dans des revues de fort impact. On souhaiterait voir apparaître des publications dans des journaux du domaine de la chimie et des matériaux de classe encore supérieure.

L'équipe, à vocation nettement « amont » malgré ses objectifs sociétaux affichés, n'a pas de relations contractuelles directes avec des industriels et n'a pas déposé de brevet sur la période. Notons, à cet égard, que l'essentiel des relations contractuelles est pris en charge par l'équipe « Matériaux fonctionnels et thermostructuraux » du laboratoire et/ou à travers l'UMS CNRT.

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

L'équipe présente un fort rayonnement international, notamment au vu du nombre impressionnant de 36 conférences invitées (pas seulement à mettre au crédit du membre de l'Académie des Sciences faisant partie de l'équipe).

Sur le plan national, elle joue un rôle important dans l'animation et la structuration de la communauté scientifique en participant à la direction du GDR « thermoélectricité » et du réseau MRCT CRISTEC. Elle est partenaire dans 4 projets ANR et 2 PIE du CNRS. Elle a également une forte activité au niveau européen, où elle a participé à 2 réseaux FP6 (FAME, NOVELOX) et 2 FP7 (ENERMAT et SOPRANO) dont 3 en tant que coordinateur. En dehors de l'Europe, on note de nombreuses collaborations (USA, Japon, Mexique, Algérie ...) et principalement la participation à un programme collaboratif existant de longue date avec l'Inde.

Sur la période, 6 doctorants, 6 post-docs et 2 visiteurs ont été accueillis dans l'équipe. Compte tenu de l'effectif de 9,5 ETP, le nombre de doctorants mériterait d'être augmenté. L'attractivité de l'équipe est indéniable, puisqu'elle a été récemment renforcée par le recrutement de deux MCF et d'un DR2.

- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe E2 organise son projet autour des 4 thèmes mentionnés plus haut, regroupés en stockage et conversion de l'énergie. Fortement axé sur la recherche de nouveaux composés, allant au-delà des oxydes bien maîtrisés au sein du laboratoire, ce projet est ambitieux et comporte une prise de risque importante mais restant dans le domaine du réalisable.

La partie stockage comporte notamment l'exploration de nouveaux matériaux prometteurs pour l'insertion du lithium (par ex. hydroxysulfate de fer, niobates ...) ainsi que des matériaux en couche mince pour application aux microbatteries. Le projet concernant l'étude de nouveaux composés pour les supercondensateurs, développé en collaboration avec le CIRIMAT, est plutôt basé sur la micro-structuration de matériaux existants.

La partie conversion forme la part la plus importante du projet, notamment en ce qui concerne la thermoélectricité, où on va vers de nouveaux types de structures (hollandites) ou de composés non oxydes tels que chalcogénures et composites métalliques. L'étude des effets de la réduction de dimensionnalité sur les propriétés thermoélectriques sera également approfondie, avec la participation des théoriciens du groupe et de l'équipe FICS du laboratoire. Ces mêmes tendances (basse dimensionnalité, intermétalliques) se retrouvent dans le cas des magnétocaloriques, étudiés jusque là sous forme d'oxydes dans l'équipe. Les membranes anioniques ou cationiques pour piles à combustible sont également étudiées.



Cette nouvelle orientation vers les études sur films minces et multicouches, souvent plus proches des applications, sont bien justifiées également par leurs enjeux fondamentaux. Afin d'éviter une certaine dispersion thématique, il faut veiller à ce que les études sur les intermétalliques, sans doute mieux maîtrisées par d'autres laboratoires dont c'est le cœur de métier, restent étroitement liées aux travaux portant sur les céramiques en les complétant.

Ces recherches nécessiteront l'acquisition de nouveaux outils aussi bien de synthèse (SPS) que de caractérisation structurale (PED, PDF, diffraction in situ) et physique (impédance, perméation, magnéto-refrigération...). Là aussi, l'ambition est importante et devra être soutenue par des moyens financiers correspondants et l'implication des acteurs dans la maîtrise de ces nouvelles techniques.

- Conclusion :

- Avis global :

L'activité de l'équipe « Matériaux pour l'Energie » ne peut que recueillir l'avis le plus favorable. Elle présente des résultats au plus haut niveau international et un projet de recherche ambitieux. Elle est à la fois visible et attractive, joue un rôle d'animation important au niveau de la communauté nationale et est impliquée dans un nombre respectable de contrats de recherche nationaux et européens.

- Point forts et opportunités :

La grande qualité du travail de ce groupe est fondée sur une méthodologie alliant synthèse de nouveaux composés, études structurales et physiques, basée sur une grande culture de la cristallographie des oxydes. L'équipe occupe une position centrale dans le laboratoire, et peut bénéficier des compétences des autres groupes aussi bien sur des aspects fondamentaux que pour la fabrication de couches minces/multicouches ou les applications concrètes des matériaux sur lesquels elle travaille. Sur la base de ces points forts, l'équipe n'hésite pas à étendre son domaine d'étude à d'autres types de matériaux non oxydes et à développer ses capacités instrumentales.

- Points à améliorer et risques :

La thématique « énergie » est fortement concurrentielle, notamment dans le domaine des batteries qui est en cours de structuration rapide autour du réseau ALISTORE (matériaux nano-structurés pour batteries au lithium). Dans la mesure où l'équipe ne participe pas à ce réseau (ce qui, de l'avis du Comité, représente un risque qu'il conviendrait de prendre en compte), il faudra veiller à conserver le caractère original de sa recherche, par l'exploration de nouvelles structures ou par des méthodes de synthèse, de nano-structuration et de caractérisation spécifiques.

- Recommandations :

La thermoélectricité comme la magnéto-électricité constituent des thématiques particulièrement porteuses pour l'équipe, et plus généralement le laboratoire. Certains composés intermétalliques sont bien connus pour leurs performances dans ce type d'applications, souvent supérieures à celles des oxydes. La tentation est donc forte de s'impliquer de manière plus importante dans les études d'intermétalliques, d'autant plus que l'arrivée au CRISMAT de nouvelles compétences dans ce domaine justifient cette tendance. Là aussi, il faudra veiller à ce que cette évolution par rapport au cœur de métier historique de l'équipe (les oxydes, ou du moins les composés ioniques) ne conduise pas à une trop grande dispersion ou à une perte de cohérence.





**Intitulé de l'équipe** : Films et Systèmes Corrélés

**Nom du responsable** : W. PRELLIER

- 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)	7	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	4	4
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 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
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)		
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	9	

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

L'équipe « Films et Systèmes Corrélés » affiche comme objectifs de concevoir, élaborer, caractériser des films minces d'oxydes pour des applications multifonctionnelles (en s'appuyant sur l'apport des équipes 1 et 2 dans la découverte de nouveaux matériaux). Il s'agit également, en combinant une approche chimique et physique, d'élaborer de nouvelles hétérostructures sous forme de couches minces et d'exalter ainsi de nouvelles propriétés (magnétiques, ferroélectriques, multiferroïques, magnétoresistives, supraconductives...).

Les études sur les films minces sont complétées par des études fondamentales en particulier sur les réseaux de vortex dans les supraconducteurs ou des études beaucoup plus appliquées sur la mise en œuvre de dispositifs à base de couches minces supraconductrices ou ferro/piézoélectriques.

L'ensemble de ces études, allant du plus fondamental au dispositif, est un peu hétérogène, sans connections évidentes entre certaines activités.

Pour la majeure partie des thèmes abordés, la qualité scientifique est d'un excellent niveau, reconnue le plus souvent au meilleur niveau international.

La production scientifique se traduit sur les aspects plus fondamentaux par de nombreuses publications (110 publications), alors qu'elle donne lieu à 4 brevets dont un déposé en commun avec deux autres équipes, sur des aspects plus applicatifs (tous autour de dispositifs supraconducteurs).

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

Le rayonnement international est dans son ensemble excellent comme en témoignent les nombreuses publications dans des journaux de qualité et un nombre très important de conférences invitées (30). Ces



dernières semblent concerner l'activité d'une part importante de l'équipe, mais elles ne sont présentées ou elles n'impliquent qu'un nombre restreint d'auteurs.

Les membres de l'équipe se sont également fortement impliqués dans l'organisation de workshops et de conférences internationales.

L'équipe s'appuie sur un nombre relativement peu élevé d'étudiants en thèse, compte tenu de ses capacités d'encadrement. Elle accueille en revanche de nombreux post-doctorants, pour de courtes durées, grâce à des relations internationales très soutenues.

Elle fait preuve ainsi d'une vraie attractivité et s'est renforcée, au cours des 3 dernières années, avec la venue de 3 nouveaux MCF et CR.

Les relations contractuelles sont peu développées alors que les études poursuivies ont des aspects applicatifs évidents. L'originalité de l'équipe se situera ici dans sa capacité à transférer des savoir faire fondamentaux, plutôt qu'à vouloir se lancer elle-même dans les développements technologiques. On relève, suivant ce constat, une implication satisfaisante dans des projets nationaux de type ANR mais un engagement moins important dans des projets liés aux pôles de compétitivité. L'équipe s'est cependant investie de manière significative dans des projets européens visibles, avec en particulier la coordination du projet MOCOMUFI (STREP FP7).

- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe présente un projet construit autour de trois axes orientés vers :

- la synthèse de couches minces d'oxydes complexes et d'hétérostructures,
- l'étude des propriétés de transport de systèmes fortement corrélés mettant en œuvre essentiellement des supraconducteurs
- et un dernier axe résolument orienté vers les applications de couches minces.

La première partie de ce projet a toute sa pertinence en relation étroite avec les groupes E1 et E2. Elle concerne essentiellement la conception et la synthèse de matériaux innovants sous forme de couches minces en « mimant » les structures et les concepts des matériaux développés par ces 2 premiers groupes. L'approche « nouveaux matériaux », par le biais des hétérostructures, permet quant à elle de construire des architectures nouvelles aux propriétés spécifiques originales. Cet ensemble d'études est remarquable et se trouve renforcé par le développement de moyens de caractérisation de grande qualité, spécifiques aux couches minces. De nouvelles thèses sont programmées sur ces études qui doivent assurer leur pérennité. C'est le cœur de métier de cette équipe sur lequel il faut effectivement s'appuyer pour l'avenir. L'utilisation d'oxydes à base de V (PbVO<sub>3</sub>/PrVO<sub>3</sub> par exemple) ou de Cr (LaCrO<sub>3</sub>/SrCrO<sub>3</sub>) ouvre des voies nouvelles, intéressantes à explorer. Revenir sur des multicouches à base de manganites et de cuprates supraconducteurs, en revanche, nécessitera pour être crédible, d'avoir des idées vraiment novatrices, vue la somme de travaux existant déjà dans le domaine.

La seconde partie du projet autour des réseaux de vortex reste déterminante dans la compréhension des mécanismes d'ancrage et des états exotiques propres aux supraconducteurs à haut T<sub>c</sub>.

Le CRISMAT, et l'équipe E3 en particulier, se sont dotés d'une capacité de microfabrication sur ses couches minces, avec la mise en place de la nouvelle salle blanche. Un objectif annoncé est de réaliser des dispositifs basés sur les hétérostructures fabriquées au laboratoire, ce qui est légitime. Il faut garder à l'esprit que les développements expérimentaux récents autour des méthodes de lithographie et de gravure vont nécessiter des efforts importants dans des disciplines qui ne sont pas nécessairement maîtrisées aujourd'hui au CRISMAT. Ces développements présentent un risque certain quant à l'opportunité, le choix et la capacité de réaliser des dispositifs originaux. Le deuxième objectif affiché est l'étude de systèmes physiques réduits en dimensions latérales : les objectifs sont assez vagues dans ce domaine et il conviendrait de les affiner pour que ces études aient un véritable impact sur le plan scientifique.



La volonté de développer de nouvelles techniques de synthèse telle la CVD et dans une moindre mesure l'ALD semble être risquée car ces techniques nécessitent des compétences profondes qui n'existent pas actuellement au CRISMAT. Il n'est donc pas certain que l'engagement de l'équipe dans ces voies d'élaboration soit pertinent. Le comité suggère de procéder au préalable à une analyse stratégique détaillée de ces méthodes et le cas échéant de procéder par étapes, dans le cadre de partenariats avec des laboratoires spécialisés.

La dernière partie du projet, résolument orientée vers les applications, se propose de mettre en valeur l'expertise acquise dans l'évaluation des propriétés des oxydes supraconducteurs ou encore dans la synthèse de couches minces d'oxydes ferroélectriques. L'originalité et la pertinence de nouveaux développements autour de ces sujets n'apparaissent pas très clairement, dans la mesure où des développements conséquents sur ces sujets ont lieu depuis de nombreuses années dans la communauté internationale.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'équipe « Films et Systèmes Corrélés » possède un ensemble de compétences de grande qualité reconnues internationalement, en particulier sur l'élaboration d'oxydes originaux en couches minces. Les recherches qu'elle mène abordent toutefois un spectre thématique large, qui tend à disperser les forces. Certaines activités risquent en conséquence de se limiter à des contributions très à la marge dans des domaines ayant connu un très fort développement au niveau international.

- **Points forts et opportunités :**

- Synthèse de couches minces en relations avec les matériaux développés dans les équipes E1 et E2. Synergies entre les approches de chimie du solide et la synthèse de couches minces.
- Synthèse d'hétérostructures multifonctionnelles (multiferroïques, ...).
- Compétence incontestable dans la synthèse de couches minces d'oxydes.
- Compétence incontestable dans la physique des supraconducteurs (physique des vortex).
- Bonne visibilité au niveau international.
- Production scientifique de qualité dont l'impact peut cependant être amélioré.

- **Points à améliorer et risques :**

- Une ouverture à amplifier vers les autres acteurs de la recherche française (participations ANR...).
- Une ouverture vers le secteur industriel insuffisamment développée, pour donner lieu à un véritable transfert de savoir faire et de connaissances.
- Un couplage de l'analyse théorique avec les expériences à optimiser.
- Projet risqué de développer de nouvelles voies de synthèse (CVD ...).

- **Recommandations :**

- Renforcer les recherches autour des couches minces sur le cœur des savoirs faire du CRISMAT (liens avec E1 et E2)
- Développer les synergies entre les différentes activités du groupe
- Développer une analyse stratégique sur la microfabrication des couches minces.
- Veiller à consacrer à chaque thématique de recherche un potentiel humain conséquent, de nature à favoriser l'accès à une reconnaissance internationale.
- Engager des partenariats stratégiques nationaux ou européens pour exploiter au mieux les avancées fondamentales menées par le groupe et les développer par transfert de compétences au niveau technologique.



**Intitulé de l'équipe :** Matériaux Fonctionnels et Thermostructuraux

**Nom du responsable :** E. HUG

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

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	14	14
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	4	4
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 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	0
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)	22	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	15	15

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

Dans un laboratoire parmi les leaders mondiaux de son domaine et présentant une identité forte autour des oxydes cristallins, l'équipe « Matériaux Fonctionnels et Thermostructuraux » se distingue en rassemblant en son sein l'essentiel des activités contractuelles avec le milieu socio-économique de l'unité. En ce sens, ses activités relèvent du domaine de l'ingénierie des matériaux. Elles ont conduit à une production scientifique abondante tant du point de vue des publications (plus de 25 ACL par an soit 2 ACL par ETP et par an) que des contrats (plusieurs dizaines sur la période avec des financements directs ou via l'ANR, le FUI, ...) dont beaucoup sont labellisés par des pôles de compétitivité (MOVEO, TES, ASTECH, DERBI). Il faut ajouter que cette recherche partenariale a conduit au dépôt de 5 brevets sur la période et à la création en cours d'une start-up (BIOPIIC). On peut donc conclure sans hésitation à la grande qualité globale de la production de cette équipe.

Cependant, l'équipe présentant ses activités en cinq thématiques :

- Céramiques fonctionnelles et thermoélectricité
- Endommagement et procédé de for mage
- Matériaux de structure et composites
- Analyse de défaillances des composants électroniques
- Conception de systèmes de communication radiofréquence

Le comité juge qu'elles ne sont pas toutes du même niveau scientifique et que les liens avec les autres équipes du CRISMAT ne sont pas toujours évidents.

On peut relever sur la thématique Céramiques fonctionnelles et thermoélectricité une activité originale allant du développement de nouveaux matériaux thermoélectriques jusqu'à l'intégration dans des modules, et qui implique de maîtriser l'élaboration du matériau, l'assemblage et la compatibilité électrique et thermique des différents composants.



La thématique Endommagement et procédés de formage a permis de résoudre utilement différents problèmes posés par des industries locales. Le comité se demande cependant si la taille de l'équipe est adaptée à une contribution au niveau de la renommée du CRISMAT ou des meilleures équipes nationales dans ce domaine.

Pour la thématique Matériaux de structure et composites : l'essentiel de cette activité concerne l'utilisation du lin comme fibre de renfort de composites structuraux. Si elle répond à une forte demande de l'industrie locale, cette thématique n'a pas produit de résultats scientifiques nouveaux, ni conduit à une percée conceptuelle intéressante.

Il est apparu au comité que les acteurs du CRISMAT dans ces deux thématiques gagneraient à se rapprocher des laboratoires reconnus en science et ingénierie des matériaux structuraux et des pôles de compétitivité associés.

Pour la thématique Analyse de défaillances des composants électroniques : cette thématique comme la suivante fait l'objet d'une collaboration lourde sous la forme d'un laboratoire commun, le LAMIPS, avec deux sociétés, NXP (grand groupe, ex-Philips) et PRESTO (PME). La mission du LAMIPS est de mettre au point des méthodes innovantes en caractérisation et en analyse de systèmes microélectroniques. Cette activité a évidemment sa place au sein du CRISMAT notamment parce qu'elle s'accompagne d'un partage d'outils lourds (microscopie électronique, FIB, ... ) et d'expertise dans leur exploitation ainsi que dans la connaissance des relations propriétés-structure des matériaux. Cette activité est celle qui a fait la renommée nationale du LAMIPS.

Pour la thématique Conception de systèmes de communication radiofréquence : il s'agit d'une activité plus récente du LAMIPS dont le peu de maturité ne permet pas de porter un jugement définitif sur sa qualité. Son rattachement au CRISMAT est beaucoup moins clair. Notons toutefois qu'elle a conduit 3 nouveaux chercheurs à rejoindre le CRISMAT.

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

Le rayonnement de l'équipe est aussi bon que sa production : au niveau recrutement, sur les 33 doctorants présents dans l'unité au 30 juin 2010, 22 sont rattachés à l'équipe et dans la période, 3 enseignants chercheurs ont rejoint l'équipe. D'un point de vue obtention de financements, les résultats sont excellents également, ainsi que l'implication dans les pôles de compétitivité, même au-delà de la Région Basse Normandie. Côté valorisation des recherches, on peut regretter toutefois que le nombre de dépôt de brevets ne soit pas significativement plus important que dans les autres équipes de l'unité, malgré le nombre bien plus important des collaborations industrielles. Ceci pourrait tendre à prouver que la recherche partenariale développée relève un peu trop de la prestation de service et pas assez d'apports scientifiques au milieu socio-économique ou que la volonté de l'équipe de défendre sa propriété intellectuelle n'est pas assez forte.

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

L'équipe propose dans son projet une réorganisation autour de trois axes :

- Procédés d'élaboration des matériaux
- Méthodes d'analyses
- Matériaux et systèmes.

Le comité apprécie cet effort qui a pour but de fédérer des activités relativement dispersées encore aujourd'hui. Le projet d'explorer les apports de la nanostructuration des matériaux tout en maîtrisant le processus d'élaboration en macromatériaux par des techniques adaptées (SPS par exemple) est pertinent. Les autres exemples de futurs travaux n'ont cependant pas complètement convaincu le comité auquel il a semblé que certains choix (abandon d'activité) n'ont pas été faits. La prise de risques techniques est raisonnable mais le risque de dispersion est réel.



- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe E4 développe des activités de recherche relevant de l'ingénierie des matériaux. Elle affiche une production scientifique de qualité, une activité partenariale forte au travers de contrats labellisés par plusieurs pôles de compétitivité, y compris hors Région Basse Normandie. Malgré une certaine hétérogénéité, les travaux menés sont globalement de qualité et apportent un plus à l'unité.

- Points forts et opportunités :

Le premier point fort concerne les recherches partenariales, notamment celles impliquant des relations contractuelles dans la durée comme par exemple l'activité autour de l'analyse de défaillance avec la société PRESTO. La réalisation de modules thermoélectriques représente aux yeux du comité une véritable réussite.

- Points à améliorer et risques :

L'équipe étant issue du regroupement relativement récent d'activités différentes, ces dernières présentent une certaine dispersion. La réorganisation proposée doit permettre d'y remédier. Une partie des activités en partenariat avec le milieu socio-économique ne semble pas avoir un apport scientifique suffisant.

- Recommandations :

Le comité recommande à l'équipe de valoriser sa position originale au sein du CRISMAT, en se centrant sur des activités où ses compétences scientifiques sont clairement mises en valeur. Les recherches partenariales de qualité ne pourront durer que si l'équipe fait un réel effort de ressourcement en menant en parallèle une activité de recherche amont qui n'est pas apparue partout évidente, l'activité sur les matériaux thermoélectriques faisant exception. Dans le même esprit et afin de parfaire son intégration et d'apporter à l'unité un complément de cohésion, le comité recommande à l'équipe de s'ancrer sur les points forts scientifiques du CRISMAT au-delà des seuls instruments et moyens techniques. Enfin, sur les thématiques correspondant à une demande industrielle auxquelles l'équipe pourrait être amenée à renoncer, un rôle d'orientation et d'accompagnement vers les équipes au meilleur niveau national sur ces thèmes pourrait apporter une réelle plus-value et permettre de continuer à jouer un rôle d'appui local.

Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Laboratoire de Cristallographie et Sciences des Matériaux (CRISMAT)	A+	A+	A+	A	A+
Equipe DNM (PELLOQUIN)	A+	A+	Non noté	A	A+
Equipe EM (CAIGNAERT)	A+	A+	Non noté	A	A+
Equipe FCS (PRELLIER)	A+	A	Non noté	B	A
Equipe FTM (HUG)	A	A	Non noté	B	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**

Caen le 11 avril 2011.

Monsieur le Directeur,

Je vous remercie pour l'envoi du rapport du comité de visite concernant le Laboratoire de Cristallographie et Science des Matériaux (CRISMAT, UMR 6508) rattaché à mon établissement. A mes remerciements j'associe ceux des établissements et organismes avec lesquels nous partageons la tutelle de ce laboratoire.

J'associe également mes remerciements à ceux que la Direction et les personnels du CRISMAT tiennent à adresser aux membres du comité pour l'ensemble du travail réalisé et pour la qualité des échanges qui ont eu lieu lors de la visite.

Nous nous réjouissons de l'évaluation très positive du comité qui, avec l'acceptation du laboratoire d'excellence EMC3, constituent d'excellents augures pour l'avenir du CRISMAT.

L'ENSICAEN apporte au CRISMAT, sur le plan de l'encadrement technique, un soutien proportionné à ses moyens et ne peut que déplorer le blocage des postes qui l'empêche d'accroître significativement ce soutien. C'est, par ailleurs, dans un esprit de mutualisation des moyens mis à la disposition des laboratoires que s'effectue le renforcement des services centraux de l'ENSICAEN qui s'en remettra sur ce plan au jugement de la section compétente de l'AERES.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, à l'expression de toute ma considération.



Dominique Goutte

Directeur Général

**Monsieur Pierre Glorieux**

**Directeur de la section des unités de l'AERES**

20 rue de Vivienne

75002 Paris

6 Boulevard Maréchal Juin • F • 14050 Caen cedex 4 • Tél.: +33 (0)2 31 45 27 50 • Fax : +33 (0)2 31 45 27 60 • [www.ensicaen.fr](http://www.ensicaen.fr)

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'INGÉNIEURS

- Électronique & Physique Appliqué
- Informatique
- Matériaux & Chimie
- Mécanique & Génie des Matériaux
- Génie industriel



CENTRE DE RECHERCHE

Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique (CIMAP) • Centre National de Recherche Technologique-Matériaux (UMS-CNRT) • Laboratoire de Cristallographie et Science des Matériaux (CRISMAT) • Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen (GREYC) • Laboratoire de Microélectronique ENSICAEN-NXP Semiconducteurs (LaMIPS) • Laboratoire de Chimie Moléculaire et Thio-organique (LCMT) • Laboratoire de Catalyse et Spectrochimie (LCS) • Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC) •