



**HAL**  
open science

## CDM - Centre des matériaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. CDM - Centre des matériaux. 2014, Mines ParisTech, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02031438

**HAL Id: hceres-02031438**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031438>**

Submitted on 20 Feb 2019

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

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



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt

CdM

sous tutelle des

établissements et organismes :

École Nationale Supérieure des Mines de Paris - MINES

Paristech

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS





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

Section des Unités de recherche

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

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

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Joël COURBON, président du  
comité

---

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



# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité :	Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt
Acronyme de l'unité :	CdM
Label demandé :	Renouvellement de l'UMR
N° actuel :	UMR 7633
Nom du directeur (2013-2014) :	M. Jacques BESSON
Nom du porteur de projet (2015-2019) :	M. Jacques BESSON

## Membres du comité d'experts

Président :	M. Joël COURBON, Mateis, INSA de Lyon
Experts :	M. Jean-Pierre CELIS, Departement of Metallurgy and Materials Engineering (MTM), Katholieke Universiteit Leuven, Belgique
	M. Sylvain DRAPIER, Laboratoire Georges Friedel, École nationale supérieure des Mines de Saint-Etienne (représentant du CoNRS)
	M. Jean-François MAIRE, ONERA Chatillon
	M. Edgar RAUCH, Simap, Grenoble
	M. David RODNEY, ILM, Lyon
Délégué scientifique représentant de l'AERES :	M. Djimedo KONDO



## Représentants des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Jean-François AGASSANT, MINES ParisTech

M. Olivier GAUTIER, CNRS

M. Damien GOETZ, Mines Paris Tech

M<sup>me</sup> Agnès LABOUDIGUE, MINES ParisTech

M<sup>me</sup> Sylvie LEROY, Comité technique du CNRS

M<sup>me</sup> Régine MOLINS (représentante de l'École Doctorale « Sciences et Métiers de l'Ingénierie »)

M. Yves REMOND, Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (INSIS), CNRS



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Centre des Matériaux a été créé en 1967 à l'initiative de l'École des Mines. Le CNRS s'y est associé onze ans plus tard et le statut d'UMR avec les deux tutelles Mines Paris Tech et CNRS date de 2000. L'association Armines, créée par l'École des Mines et des écoles partenaires, est l'employeur d'une proportion significative de personnels permanents ou non.

Le CdM est installé à Evry depuis sa création. Toutefois il a déménagé vers de nouveaux locaux en 1993 et un nouveau déménagement en 2014 est à l'étude.

### Équipe de direction

L'actuel directeur a pris ses fonctions au cours de la période évaluée. Il est assisté d'un directeur adjoint et d'une secrétaire générale. Les trois forment avec les responsables des six équipes un comité de direction qui se réunit chaque mois.

### Nomenclature AERES :

ST5 (Sciences Pour l'Ingénieur, SPI)

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	4	4
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	25,5	25
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	49	47
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	27	17
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>106,5</b>	<b>94</b>



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	80	
Thèses soutenues	101	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	6	
Nombre d'HDR soutenues	5	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	18	18

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le Centre des Matériaux allie avec succès la mise au point de procédés de transformation et/ou de dispositifs expérimentaux de caractérisation des matériaux d'une part, leur modélisation numérique et leur capitalisation en base de données de comportement d'autre part. Son statut particulier lui permet d'attirer un encadrement scientifique brillant, de sélectionner de très bons doctorants puis de les pousser à donner le meilleur d'eux-mêmes en thèse. Sa capacité à traiter les problèmes ardues et multiparamétriques soulevés par les partenaires industriels impressionne. Pour autant, certaines équipes doivent être encouragées à davantage publier les avancées scientifiques ainsi permises.

La gouvernance évolue avec bonheur vers un fonctionnement moins pyramidal, mais dans le contexte d'un déménagement probable vers de nouveaux locaux et des perturbations qu'il ne manquera pas d'engendrer, les personnels sont demandeurs de sens : vers quoi va le Centre des Matériaux ? Le grand nombre de partenariats avec des entreprises rend certes plus difficile l'expression de grands projets que dans un environnement de recherche fondamentale, mais certaines équipes arrivent à mettre en avant leur projet collectif et cela est à encourager à l'échelle du laboratoire. Le réagencement peut en fournir un à court terme.

### Points forts et possibilités liées au contexte

- Interaction de qualité et durable avec les grandes entreprises françaises du secteur de l'énergie sans négliger d'autres plus petites dans des secteurs variés. Valorisation par des brevets, notamment autour des procédés.
- Reconnaissance académique indéniable à l'échelle française et européenne, même si la priorité est mise sur les partenariats avec les entreprises.
- Parcours des doctorants exigeant et bien balisé, reconnaissant les mérites d'un encadrement collectif (jusqu'à 4 encadrants) et poussant vers les résultats.

### Points faibles et risques liés au contexte

- Équipes inhomogènes en taille, en cohésion interne et en production scientifique.
- Modèle CNRS de gouvernance des UMR encore peu mis en oeuvre.
- Risque de démobilitation des personnels impactés dans leur qualité de vie par le projet de déménagement.



## Recommandations

Le comité d'experts recommande à la direction du CdM :

- de maintenir l'incitation à la production scientifique, de façon à ce que toutes les équipes s'alignent sur les plus vertueuses. Au besoin, faire expliciter le questionnement scientifique posé (en quoi la science des matériaux aura progressé après l'étude) si une proposition de contrat paraît incohérente ou trop cloisonnée ;
- de revoir les contours des plus petites équipes, actuellement sous-critiques : le CdM serait plus lisible avec une équipe de moins ;
- d'organiser davantage de conseils de laboratoire comme lieu de débat proactif sur les questions de moyen terme d'organisation ou de vie au centre (ordre du jour défini par la direction) plutôt que sur la résolution réactive de problèmes techniques ou humains (questions diverses).

Le comité d'experts recommande à l'ensemble du personnel :

- d'apporter sa propre touche dans des domaines très variés : disposition des lieux d'expériences, des bureaux et des lieux d'échanges, solutions techniques, solutions collectives au problème de transport domicile / lieu de travail..., au projet de réaménagement en analysant ce qu'on subit comme héritage du passé dans les locaux actuels et ce qui pourrait être mieux agencé, organisé, localisé, réparti...



### 3 • Appréciations détaillées

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

Le laboratoire est au premier plan national dans le domaine de la modélisation à base de physique du comportement des matériaux en service, la plupart du temps sous des sollicitations multiaxiales ou à fort gradient. Cette modélisation s'appuie d'une part sur la conception originale de dispositifs expérimentaux et sur des moyens de caractérisation microstructurale étoffés, mais aussi sur la capitalisation des études antérieures en une très riche base de données expérimentales brutes et de modèles ajustés. Elle garantit des recherches partenariales durablement au meilleur niveau. De sa propre initiative, le CdM impulse également de nouvelles approches (milieux continus généralisés) ou revisite très efficacement des problèmes anciens (description numérique du contact). Dans un autre domaine, le CdM apporte efficacement ses compétences matériaux et des pilotes réalistes de procédés à l'architecture de surfaces et interfaces optimisées.

Dans le cas le plus vertueux, la résolution de problèmes industriels concrets et pointus par les membres du CdM débouche sur la description de comportements du matériau jamais identifiés jusque là, puis sur la proposition de modèles analytiques ou numériques les expliquant. Dans les domaines où cela se produit, comme l'endommagement et la rupture des matériaux, le CdM atteint la reconnaissance internationale. Tout le CdM n'est cependant pas à ce niveau, soit que le problème industriel traité n'ait pas débouché sur un questionnement scientifique publiable, soit (cas largement le plus fréquent) que l'enseignant-chercheur ne donne pas une forte priorité à synthétiser des résultats publiables dans une bonne revue, en dépit des incitations de la direction du CdM. Il existe là une marge de progrès sur la production scientifique proprement dite, d'autant que les enseignants-chercheurs du CdM ne sont pas confrontés à de lourdes charges d'enseignement.

La production scientifique est d'un excellent niveau, en hausse très nette par rapport au contrat précédent. Il est fait état de 263 articles dans des revues de Rang A (Facteur d'Impact supérieur à 1), auxquels il conviendrait de rajouter 90 publications dans des revues dites de "rang B" (Facteur d'Impact inférieur à 1). Ceci correspond à environ une production de 1,8 articles/an/EC si l'on se limite au rang A, et à 2,4 articles/an/EC en incluant les revues de "rang B". On notera également sur la période un ouvrage scientifique publié par un jeune chercheur. Le rayonnement du laboratoire est globalement très bon, de même que la valorisation scientifique des travaux à l'exception d'une équipe encore problématique sur ce point.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le CdM s'investit remarquablement dans les réseaux nationaux : sociétés savantes, groupes de travail, projets de recherche ANR... Il prend une part active à l'évaluation de la recherche de ses pairs pour la publication dans les journaux scientifiques et s'en voit récompensé (deux mentions d'«outstanding reviewer» décernées). Le mérite des travaux du CdM est reconnu par la communauté : Acta Materialia Gold Medal, médaille d'argent CNRS... La capacité à recruter d'excellents chercheurs étrangers est également un marqueur de rayonnement.

Si le CdM est collectivement peu présent dans les projets européens, à titre individuel ses membres ont développé un réseau qui leur permet de coorganiser des conférences internationales (International Conference of Mechanics of Materials en 2010) ou de faire des séjours sabbatiques à l'étranger.

Le bilan global du rayonnement est celui d'un grand laboratoire visible à l'étranger.

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

L'interaction avec les entreprises est également au meilleur niveau, en ligne avec la solide culture de l'ingénieur («comprendre pour agir») dispensée par Mines Paris Tech. Le CdM a noué des relations partenariales de confiance et de très long terme avec l'industrie aéronautique et automobile française, se traduisant notamment par la mise en place de chaires. Cependant il sait aussi travailler avec de plus petites entreprises. Le positionnement judicieux sur les procédés innovants de transformation de surfaces se traduit par un nombre impressionnant de brevets (18 brevets déposés) et l'essaimage de deux start-ups. Le choix de placer la cellule de valorisation des modèles numériques au contact des chercheurs s'avère payant pour pérenniser la suite logicielle Zset et a aussi permis de comparer favorablement les méthodes d'éléments finis «maison» par rapport aux approches apparues ailleurs durant la décennie (par exemple les éléments finis généralisés, XFEM).



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

Sous la houlette de la direction actuelle, l'organisation interne encore récemment hiérarchique (3 niveaux) et pyramidale évolue vers une structure plus classique en équipes autonomes chapeautées par un comité directeur collégial. Cependant il reste des marges de progrès : ainsi il doit exister un règlement intérieur propre à l'UMR précisant le fonctionnement de ces instances, mais le dossier d'évaluation ne faisait état que du règlement intérieur de Mines Paris Tech. De même, le conseil de laboratoire -instance obligée des UMR CNRS-, réuni seulement deux fois par an, semble être un lieu de remontée de problèmes et de questions de la base vers la direction, alors qu'il pourrait être un forum où sur un ordre du jour prédéfini, toutes les catégories de personnel pourraient participer, proposer et en définitive enrichir des projets collectifs, le directeur gardant la décision finale sur les issues non consensuelles.

Or, le CdM est en zone de turbulences. En cette période de réduction des dotations ministérielles et d'incertitude sur le déménagement possible du CdM à une heure de voiture de l'implantation actuelle, sur un site d'innovation ouverte à l'initiative de Safran, les enseignants-chercheurs comme les ITA ont exprimé devant le comité d'experts de fortes inquiétudes sur les finalités et la pérennité des activités actuelles du centre.

Par ailleurs, le pilotage par l'équipe de direction est attesté. Le CdM a suivi la préconisation de la dernière évaluation Aeres de se doter d'un conseil scientifique, lequel a proposé de scinder en deux la très grosse équipe de Mécanique des Matériaux. Elle a ainsi donné naissance début 2013 à une équipe de petite taille dans le domaine des polymères (M3), le gros des effectifs devenant Métallurgie Mécanique. Les doutes du comité d'experts sur la taille critique de M3 et sur la pertinence de ce découpage seront exprimés dans l'analyse par équipes.

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

Les personnels du CdM font preuve d'une remarquable vitalité en s'impliquant dans l'offre francilienne de formation de quatre Masters (certains tout récents) : Materials and Engineering Sciences in Paris, Matériaux pour les Structures et l'Energie, BioMedical Engineering et Nuclear Energy. Cela leur permet de toucher une audience bien plus vaste que le cadre de l'enseignement de Mécanique et Matériaux à Mines Paris Tech. De plus, les aptitudes à la recherche des étudiants en M2 sont évaluées lors de stages qui souvent débouchent sur le financement d'une thèse. La direction du CdM encourage cette approche, qui permet d'augmenter le temps passé en recherche sur un sujet donné et de se rapprocher un peu des PhD anglo-saxons.

Le CdM est rattaché en totalité à l'ED 432 «Sciences des Métiers de l'Ingénieur» partagée avec Arts et Métiers Paris Tech, avec un co-responsable disponible sur place au CdM. Celui-ci organise une sélection rigoureuse à l'entrée, avec un recrutement réellement international (ouverture notable sur la Thaïlande). La première année est probatoire, avec défense orale individuelle du travail réalisé devant les enseignants-chercheurs du CdM. De l'ordre de 10 % des doctorants se réorientent alors. L'offre de formations professionnalisantes existe et l'insertion professionnelle des docteurs du CdM est excellente compte tenu des étroites relations nouées avec l'industrie.

La participation des enseignants-chercheurs non HDR à la formation par la recherche est actée via le statut de «maître de thèse» pour l'encadrement des doctorants au quotidien. Cette initiative louable de Mines Paris Tech mériterait d'essayer au niveau national.

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

L'auto-analyse des forces et faiblesses du CdM était de qualité et la stratégie de mettre en avant des points forts, incrémentés à chaque nouvelle thèse, sur lesquels des partenariats industriels durables s'appuient pour co-progresser en R&D pour eux, et en science des matériaux pour le CdM, est extrêmement pertinente. Cette politique de l'offre scientifique n'interdit pas d'exprimer des envies, même de long terme, pour l'avenir : certaines équipes le font, d'autres moins.

Cela dit, la préoccupation primordiale de court et moyen terme pour le CdM est de réussir un probable déménagement vers un nouveau site jouxtant le centre de R&D d'un grand industriel français du transport aérien. Le personnel est demandeur de clarifications autour des relations avec ledit industriel. Une fois cela obtenu, le comité d'experts recommande que tout le personnel du CdM s'approprie le projet et y apporte ses suggestions pour une meilleure organisation de l'espace de vie et de travail, pour des investissements de jeunesse de matériels, pour l'optimisation des contours d'au moins deux équipes. Il fait confiance à la direction du CdM pour susciter le dialogue tout en restant exigeant sur la production académique de toutes les composantes du riche collectif de ce laboratoire.



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Composites, Assemblages Multi-matériaux (CAM)

**Nom du responsable :** M. Jacques RENARD

**Effectifs :**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	2
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	2
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	9	
Thèses soutenues	10	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité de l'équipe CAM se situe à la fois dans le domaine des matériaux composites et des assemblages entre matériaux. La diversité de ces thématiques est en opposition complète avec la taille de l'équipe qui est constituée de deux chercheurs, deux ITA et un chercheur associé dont la contribution est très réduite.

Malgré sa taille, cette équipe répond efficacement depuis plusieurs années aux problèmes concrets posés par les partenaires industriels en particulier à travers la mise en place de nombreuses thèses (12 sur la période 2008-2013).

Le point faible de cette équipe est de manière évidente sa production scientifique. En effet, on peut noter sur les 16 publications seulement 4 de rang A et surtout 9 dans une seule et même revue, revue nationale à faible facteur d'impact. Le nombre réduit de publications et le manque de sélectivité dans les supports éditoriaux ne correspondent ni à la productivité scientifique du Centre des Matériaux ni au nombre de thèses soutenues.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le rayonnement de l'équipe CAM est directement en lien avec le nombre de chercheurs (deux dont un jeune récemment embauché). Ces dernières années, l'équipe CAM a participé à plusieurs programmes nationaux (ANR, FUI, ADEME,...) et plusieurs projets européens (par exemple le projet HYCOMP sur les réservoirs composites pour le stockage de l'hydrogène). Dans ces projets parfois d'envergure importante, l'équipe CAM est rarement leader et peut avoir un rôle assez modeste.

L'équipe CAM a une participation significative au sein d'un certain nombre de réseaux et d'organismes (pôles de compétitivité ASTEC et MOVE'O, rôle d'expertise auprès de l'ANR ou d'Oséo, direction éditoriale de la revue RCMA, co-organisation de symposiums et de congrès, missions scientifiques auprès des ambassades de Chine et du Japon).

Mais évaluer le rayonnement et l'attractivité de l'équipe CAM revient malheureusement à considérer essentiellement la notoriété d'une seule personne.

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

Les axes de recherche de l'équipe CAM sont directement liés aux besoins exprimés par les industriels, partenaires souvent de longue date, soit du domaine de l'automobile (PSA, Faurecia, Renault, Michelin) ou de l'aéronautique (EADS, Safran), soit du domaine de l'énergie (Air-Liquide, CEA).

Même si un certain nombre de résultats semblent intéressants et de bon niveau, il est difficile de se rendre compte de la diffusion réelle vers les différents partenaires, de l'utilisation concrète des méthodes proposées ou des outils et des technologies développées. Très peu d'indices sont disponibles ou fournis pour évaluer la qualité des produits transférés et aucun retour n'est donné sur leur utilisation hors du cadre du laboratoire. On ne peut que constater une relative fidélité des partenaires industriels.

Sur la période correspondant à l'évaluation, aucun brevet n'a été déposé, seule une enveloppe Soleau (avec le CETIM) a fait l'objet d'un dépôt.

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

L'organisation est rendue simple par la taille minimaliste de l'équipe avec deux thèmes (composites et assemblages) pilotés par chacun des deux chercheurs. Une réunion mensuelle est planifiée pour aborder les choix stratégiques, les équipements, les plannings d'essais, etc.

L'implication dans la vie du Centre des Matériaux est proportionnelle à la taille de l'équipe (participation au Conseil de Laboratoire et au CHSCT).



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

L'équipe CAM par l'intermédiaire de ses deux chercheurs participe activement à la formation à la recherche non seulement par l'encadrement de nombreux doctorants (10 soutenances sur la période concernée par l'évaluation et 9 thèses en cours dont 5 nouvelles thèses mais seulement une seule personne habilitée à diriger des recherches) mais également par la participation aux cours des Mines-ParisTech ou du master spécialisé COMADIS.

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

Cette équipe a l'ambition de s'intéresser à la fois à la conception, l'optimisation, la prévision de la durée de vie, la tenue au crash des structures composites, aux relations procédés/propriétés mécaniques, aux approches multi-échelles et multi-physiques, au contrôle santé et à la fonctionnalisation des structures et des interfaces, au développement d'outils numériques et de moyens expérimentaux dédiés, etc. La stratégie adoptée ressemble parfois plus à une juxtaposition de sujets de thèse qu'à une réflexion scientifique globale. La prise de risque intellectuelle est courante avec l'investigation régulière de nouvelles pistes malheureusement souvent sans les mener suffisamment loin et sans assez communiquer sur les résultats obtenus pour obtenir une vraie reconnaissance de la communauté scientifique.

Le nombre de thèmes abordés par rapport à la taille de l'équipe paraît clairement disproportionné. Il semblerait souhaitable de recentrer les activités sur les points forts plutôt que d'investiguer de nouvelles voies. Par exemple, lors de la visite, une activité récente sur le suivi d'endommagement par réseaux de Bragg nous a été présentée avec des résultats qui sont encore très loin de ce qui est obtenu ailleurs, y compris dans certains laboratoires français.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe *Composites, Assemblages Multi-matériaux* mène des activités de recherche qui présentent une réelle attractivité pour les partenaires industriels comme en témoigne la couverture contractuelle de l'équipe.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Malheureusement, cette recherche très appliquée et très finalisée n'a pas un rayonnement équivalent aux autres équipes du Centre des Matériaux, certainement à cause d'une trop grande diversification par rapport aux ressources humaines disponibles. Il est également important de noter que trois des cinq personnes de cette équipe ont plus de 60 ans.

Même si la nécessité de réorganisation de cette entité est une évidence au vu de sa taille sous-critique et de ses difficultés de publication, le projet proposé de fusion avec l'équipe SIP (*Surface, Interface et Procédés*) paraît un peu improvisé. En effet, si la partie « *Assemblage* » de l'équipe CAM s'inscrit logiquement dans la thématique « *Interface* » de SIP, il est beaucoup plus difficile de trouver une cohérence pour la partie « *Composites* ». Il est clair que ce projet conduira à relativement court terme à la disparition de la thématique « *matériaux composites* » au Centre des matériaux de l'École des Mines. Ceci n'est probablement pas critique en soi puisque cette thématique est bien présente dans d'autres laboratoires des Écoles des Mines, mais cela peut paraître surprenant pour une entité comme le Cdm spécialisée dans les matériaux, au moment où les composites sont au cœur des préoccupations de bon nombre d'industriels du domaine Aéronautique, Automobile ou du secteur de l'énergie.

### ▪ *Recommandations :*

Une réflexion approfondie sur le devenir des activités composites au sein du Centre des Matériaux semble donc urgente en prenant en compte les deux contraintes suivantes : maintenir les bonnes relations avec les partenaires industriels et renforcer les collaborations avec la communauté scientifique nationale et internationale.



**Équipe 2 :** Comportement à haute température (CHT)

**Nom du responsable :** M. Michel BOUSSUGE

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	4
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	2	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>10</b>	<b>8</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	8	
Thèses soutenues	17	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe CHT fait état d'une expertise indéniable en comportement à hautes et très hautes températures des matériaux métalliques, expertise mise à profit tout à la fois pour améliorer les propriétés de superalliages, pour caractériser la tenue en fatigue thermomécanique d'alliages légers ou pour analyser la dégradation de barrières thermiques. Ce faisant, l'équipe prolonge l'une des activités traditionnelles voire fondatrices du Centre des Matériaux et contribue au travers des développements actuels au maintien des compétences dans ce domaine au plus haut niveau international. En complément, il est à noter que les équipements mis au point dans ce groupe sont peu communs et de tout premier plan.

Le nombre de thèses soutenues est conséquent. Etant toutes en partenariat industriel, elles témoignent d'une très forte activité contractuelle. Sans être le point fort de l'équipe, le taux de publication reste raisonnable avec une moyenne sensiblement égale à 1,4 articles par chercheur et par an dans des journaux de rang A. Une part non négligeable de l'excellence des travaux de recherches de l'équipe CHT reste confinée dans un cadre restreint. Ainsi, parmi les nombreux travaux de thèse, moins d'un tiers donne lieu à une publication dans un journal dont le facteur d'impact est supérieur à 1.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'implication des membres de l'équipe dans les réseaux nationaux (Fédération Française des Matériaux) et leur participation à l'organisation de manifestations internationales (European Ceramic Society conf, Int. Conf of Metallurgical Coatings and Thin Films) assure la visibilité de leurs travaux qui est attestée, par ailleurs, par l'obtention d'un prix national et l'invitation à donner une conférence plénière sur la scène internationale.

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

Les travaux de CHT sont très appréciés des partenaires industriels, en particulier ceux des domaines majeurs que sont l'aéronautique (Sneema, Turboméca) et de l'industrie automobile (PSA, Renault). Plus de 80 % des thèses encadrées par les membres de cette équipe sont du type CIFRE, ce qui est largement supérieur à la moyenne du laboratoire (~1/3). De manière logique, 86 % des ressources de CHT proviennent de contrats privés. Ces relations partenariales sont de grande qualité et durables. Elles dépassent largement la période couverte par le rapport. Le point fort de cette équipe réside dans sa capacité à maintenir les travaux en amont des problématiques industrielles tout en s'adaptant aux évolutions techniques propres aux sujets contractuels. Cette maîtrise des enjeux à la fois économiques et scientifiques rassure quant au devenir des thématiques traitées. La mise au point de l'essai de fatigue thermomécanique est à ce titre exemplaire. Cet essai permet tout à la fois d'effectuer des analyses d'un grand intérêt scientifique du cheminement de fissure en conditions thermomécaniques contrôlées et de caractériser des matériaux dans des conditions proches des sollicitations rencontrées lors de leur utilisation en service.

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

L'équipe CHT compte 4 enseignants-chercheurs, pour 8 doctorants et 2 post-doctorants. Le nombre de membres habilités à diriger des recherches est restreint (2). Ceci fait que la cessation d'activité en cours de l'un d'eux est un événement à considérer avec attention. Il est apparu que cet élément a été anticipé et que des actions ont été menées pour assurer le devenir de l'équipe. Outre l'arrivée récente d'un jeune EC, le comité d'experts note avec satisfaction l'obtention, également récente, d'une HdR supplémentaire dans l'équipe. Aussi, plusieurs indicateurs laissent penser que le passage de témoin s'effectue avec efficacité et que l'équipe est en mesure de thésauriser l'expérience du plus ancien et du plus éminent de ses membres.



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

Compte tenu des fortes relations partenariales de cette équipe, le devenir des doctorants ne pose pas de problème. Une ou deux des thèses passées ces dernières années ont eu une durée excessive, ce qui infléchit défavorablement la durée moyenne des thèses de l'équipe qui, en dehors de ces exceptions, reste similaire au reste du laboratoire. Dans cette équipe comme dans les autres, les doctorants sont directement sollicités pour des évènements clairement identifiés (auditions, séminaires, rapports) qui permettent un suivi efficace de leurs travaux en accord avec l'école doctorale de rattachement (ED 432 «Sciences des Métiers de l'Ingénieur»).

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

Le projet proposé est assez large et fait mention à la fois de développements expérimentaux (des essais d'écaillage aux essais multiaxés) et de modélisation de la fissuration dans des conditions diverses. L'absence de perspectives associées à la conception de matériaux témoigne d'une évolution des centres d'intérêt de l'équipe, évolution qui est davantage subie que revendiquée en tant que telle. Ce projet est à l'image de l'activité du groupe, à savoir d'une grande souplesse et parfaitement adaptable aux évolutions contextuelles. Cette flexibilité et la diversité des sujets traités renvoient à la nécessité d'une maîtrise, déjà commentée plus haut, des évolutions thématiques. Le risque associé étant celui d'une dérive du propos motivée par des impératifs autres que scientifiques, risques forcément présents dans un laboratoire dont une part importante de la masse salariale est assurée par des financements contractuels.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Les compétences des membres de l'équipe et son parc expérimental spécifique sont des atouts forts de CHT. Les sujets traités sont d'un grand intérêt académique et en phase avec les préoccupations industrielles. Les relations établies avec les acteurs privés sont de qualité et quasi pérennes.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Ce positionnement avantageux doit permettre à l'équipe de s'imposer relativement facilement sur les scènes nationale et internationale comme acteurs dans des actions collaboratives du type ANR ou contrat européen qui semblent pour l'heure délaissées.

### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts réitère ici l'appel à publier davantage dans les revues scientifiques de rang A. Il s'agit d'une condition nécessaire pour émerger à des collaborations (nationales ou internationales) et cela facilitera l'obtention de nouvelles habilitations à diriger des recherches dans cette équipe.





**Équipe 3 :** COmportement, CAIcul des Structures (COCAS)

**Nom du responsable :** M. David RYCKELYNCK

Effectifs

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

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	15	
Thèses soutenues	33	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	3



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe COCAS mène des activités de recherche de tout premier plan en modélisation physique et numérique du comportement thermo-mécanique des matériaux. En associant calculs intensifs et méthodes numériques avancées, modélisations physiquement motivées, et formulations mécaniques adaptées (milieux continus généralisés notamment), l'équipe COCAS met à disposition de ses partenaires industriels et académiques des modèles numériques à l'échelle de la micro-structure (modèle ou réaliste) qui se déclinent en un ensemble de méthodes numériques d'exploration macro et micro-scopique des mécanismes liés à la plasticité et à l'endommagement, ou plus généralement aux évolutions micro-structurales induites par un chargement thermo-mécanique.

Les avancées portées par cette équipe sont largement publiées dans les meilleurs journaux internationaux des domaines de la mécanique, des matériaux, ou encore de la simulation numérique, et font référence. Ces publications montrent le dynamisme et la pertinence des activités de recherche de COCAS. Enfin, la distribution de la suite logicielle Zset dans laquelle les nouvelles approches sont systématiquement implantées constitue un vecteur complémentaire de diffusion de ces avancées à destination de l'environnement académique et industriel.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'attractivité de COCAS apparaît en tout premier lieu par le nombre de chercheurs associés (4), du même ordre que le nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs (4,5), et par le tout récent recrutement d'un chargé de recherche CNRS formé dans cette équipe. L'accueil de professeurs étrangers autant que le séjour de membres de COCAS à l'étranger (Europe et USA) montrent également que cette équipe s'insère dans un réseau international, notamment académique, mais également industriel (par exemple SINTEF, Norvège).

Par ailleurs, les membres de COCAS sont reconnus à titre individuel (médaille d'argent CNRS, médaille Jean Rist de la SF2M, prix de thèse du CSMA, prix EDF-Académie des Technologies) et participent activement aux réseaux scientifiques nationaux et européens. On notera l'implication de COCAS dans des instances nationales et internationales, par exemple la direction de la Fédération Francilienne de Mécanique (Matériaux Structures Procédés (FR 2609)) ou le pilotage du GDRI CNRS 3180 Mecano.

Au titre du rayonnement scientifique, on notera que l'équipe COCAS a pris encore récemment en charge la co-organisation de manifestations scientifiques dans la communauté de la modélisation numérique (organisation commune conférence francophone CSMA 2013 avec le CEMEF-MINES Paristech) et en mécanique des matériaux (organisation commune de l'Int. Conf. Mechanics of Materials en 2011 avec l'équipe M2 du CdM). Enfin, les activités éditoriales de certains membres de COCAS (éditeur associé ou membre du comité éditorial) dans de très bonnes revues internationales, offrent une lisibilité complémentaire du rayonnement académique de cette équipe.

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

En premier lieu, il faut noter les liens étroits et pérennes noués par COCAS avec des acteurs industriels du transport, de l'énergie, et des procédés, par exemple le Programme de Recherche Concerté tripartite "Structures Chaudes" établi avec l'ONERA, Safran, et le CNRS. Ceci se traduit par un niveau de contrats, et plus généralement de valorisation, très satisfaisant pour cette équipe dont l'activité est principalement en modélisation. Les financements de thèses CIFRE représentent environ la moitié des thèses soutenues et en cours. Cette valorisation est parfaitement complémentaire des nombreux financements institutionnels (ANR, FUI, FP7...) obtenus.

Les méthodes de modélisation numériques et physiques de très haut niveau mises en place dans la suite logicielle Zset démontrent la pertinence du modèle de recherche "motivée" mis en place, qui vise à établir des bases de développements scientifiques dans un cadre de collaboration académique, puis en lien avec les partenaires industriels afin d'être transférés. C'est par sa position de leader que COCAS a pu contribuer fortement à mettre en place une activité de valorisation maintenant bien établie (voir équipe VALO) basée sur l'exploitation de ces avancées en modélisation et simulation numérique, en coopération étroite avec l'ONERA notamment.



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

La vie de cette équipe est rythmée par des réunions hebdomadaires de direction collégiale et des réunions techniques et/ou scientifiques, sur des thèmes définis mais aussi sur la stratégie de développement dans Zset. La synergie autour des thèmes matures et ceux plus récents a réussi à faire émerger des problématiques nouvelles.

La qualité et le niveau de production de cette équipe attestent d'une dynamique de groupe, confirmée également par le co-encadrement des thèses par ses membres, mais également par les collaborations fructueuses en interne au CdM ; plus de la moitié des thèses en cours est en co-encadrement avec d'autres équipes du CdM.

Par ailleurs, les activités d'enseignement assurées par les membres de cette équipe contribuent également à la vie de COCAS (cf également point ci-dessous) ; on pourra citer en exemple les cours donnés dans la formation d'Ingénieur Civil des Mines de MINES Paristech en Mécanique des Milieux Continus ou Mécanique des Matériaux Solides, impliquant tous de 3 à 4 des membres de COCAS, ou encore Non-linear Finite Element Analysis, et qui ont débouché sur des supports de cours remarquables, accessibles en ligne sur un site collaboratif mis en place spécifiquement (mms2.ensmp.fr).

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

Sur la période d'évaluation, COCAS a fait soutenir 33 thèses de doctorat pour une durée moyenne de l'ordre de 41 mois. Actuellement 15 doctorats sont en cours, le taux de (co)-encadrement est donc propice à un suivi de qualité des travaux de thèse.

L'équipe COCAS participe activement à la formation par et à la recherche, tant au niveau master (Science et Génie des Matériaux, et Mécanique) que doctorat. En effet, COCAS porte une nouvelle spécialité doctorale "Mécanique" de l'École doctorale Sciences des Métiers de l'Ingénieur (SMI, ED 432 avec l'ENSAM ParisTech). Cette implication de COCAS dans la formation doctorale passe donc à la fois par des formations dédiées ou communes avec les masters dans le volume de 60h de formation technique proposé aux doctorants, mais également par le suivi de tous les doctorants, lors de la soutenance en fin de première année devant un jury, et par des entretiens individuels annuels avec le responsable de spécialité. L'accessibilité des cours en ligne sur mms2.ensmp.fr participe activement à cette formation doctorale.

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

La stratégie affichée par COCAS est claire, elle se met en place pour répondre au projet de cette équipe qui vise à renforcer l'intégration de la complexité dans l'étude des phénomènes non-linéaires multi-physiques rencontrés dans la mise en forme et le comportement en service d'une gamme considérable de matériaux. L'activité de représentation, en propre ou pour un calcul de structures, des évolutions micro-structurales intégrant endommagement et fissuration est maintenant bien établie. Le recrutement récent d'un chargé de recherche sur la problématique du contact, ainsi que l'introduction de techniques de réduction de modèles, ouvrent de nouvelles voies de recherche complémentaires.

La position de leader occupée par COCAS dans la modélisation numérique en mécanique des matériaux va l'amener à collaborer de façon encore plus étroite avec les équipes reconnues dans le domaine de la caractérisation locale, en interne au CdM aussi bien qu'au niveau national et international, que ce soit pour l'interprétation et l'exploitation de mesures ou bien pour le dimensionnement d'essais de caractérisation via des modèles numériques. La structuration actuelle de COCAS doit lui permettre de répondre à ces attentes dès lors que l'appui technique à ces activités sera pérennisé.



## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Cette équipe qui a atteint une taille critique mène des activités de très haut niveau dans le domaine de la mécanique et de la physique des matériaux, via des approches numériques physiquement fondées. Les points forts tels que la (thermo) mécanique des milieux continus généralisés déjà bien établie, et plus récemment la problématique du contact vue à travers le prisme des mécanismes locaux de déformation induits, sont par ailleurs valorisés dans un cadre de calculs intensifs, incluant des méthodes numériques avancées et graduellement la réduction de modèles.

On ne peut que saluer le dynamisme de cette équipe, tant dans les tâches de dissémination à destination des mondes académique et industriel, que dans la formation à et par la recherche, ou encore dans l'animation assurée par certains de ses membres. L'activité que cette équipe a bâtie est tout à fait remarquable par son ampleur et sa qualité, reconnue tant dans les milieux académiques que par les partenaires industriels avec lesquels des collaborations pérennes ont été nouées.

Cette équipe joue un rôle de pionnier dans certains des domaines qu'elle aborde, par un dosage pertinent de modélisation et de simulation numérique de haut niveau, en lien étroit avec des mesures locales que les collaborations fructueuses, en interne au CdM ou bien aux niveaux national et international lui assurent. Le projet de cette équipe vise à renforcer l'intégration de cette complexité dans l'étude des phénomènes non-linéaires multi-physiques à grand nombre d'inconnues, tels que la représentation des mécanismes d'évolution locale dans des calculs de structure, rencontrés dans la mise en forme et le comportement en service d'une gamme de matériaux considérable.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Pas de points faibles à proprement parler.

### ▪ *Recommandations :*

La maturation des activités autour du contact et de la réduction de modèle, associée aux activités bien assises autour de la représentation des évolutions micro-structurales, offrent désormais une nouvelle grille de lecture pour des problèmes de caractérisation passés ou actuels tels que la nano-indentation par exemple. Il faudra cependant veiller à ne pas perdre de vue cet objectif centré sur la mécanique des matériaux, point de convergence fort des approches les plus récentes et des activités mieux établies.

En ce sens, cette équipe ressource en modélisation numérique de la mécanique des matériaux sera amenée à collaborer de plus en plus avec des équipes d'horizons divers, afin de franchir une nouvelle étape en termes d'intégration de comportements locaux complexes dans des problèmes de taille industrielle. L'attractivité des activités de COCAS doit assurer une certaine pérennité à ce projet à 5 ans, en termes d'accès à des ressources matérielles et financières adéquates.



**Équipe 4 :** Métallurgie Mécanique (M2)

**Nom du responsable :** M. Jérôme CREPIN

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4,5	4,5
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	3	1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>12,5</b>	<b>10,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	28	
Thèses soutenues	27	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité de recherche de l'équipe M2 est reconnue aux niveaux national et international. Les travaux de l'équipe se décomposent en deux sous-activités. Un premier sous-groupe s'intéresse à la compréhension, modélisation et simulation des propriétés mécaniques, endommagement et rupture des métaux et alliages à partir de divers moyens de caractérisation : essais mécaniques, MET, MEB. Cette activité de tout premier plan joue depuis de nombreuses années un rôle moteur aux niveaux national et international. Elle est renforcée par une collaboration rapprochée avec le groupe COCAS pour ce qui concerne les aspects de simulation.

La seconde activité de l'équipe M2 concerne la tomographie et vise à caractériser in-situ les micro-mécanismes d'endommagement sous tomographie et diffraction aux rayons X. C'est une activité en développement, mais qui trouvera ses marques par rapport aux groupes mieux établis, tels qu'à l'INSA de Lyon et à Grenoble INP, grâce au développement récent de plusieurs machines d'essais mécaniques in-situ.

En comptant les publications des chercheurs associés, la moyenne des publications est d'environ 2,5 articles par chercheur et par an dans des journaux de rang A faisant référence dans le domaine de la mécanique et des matériaux. L'ouverture à l'international de cette équipe est aussi marquée par l'organisation de conférences internationales, notamment le « Int. Conf. on Material Modelling » à Paris en 2011.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe M2 bénéficie d'un grand rayonnement et d'une attractivité académiques au travers de l'appartenance de ses membres au conseil d'administration de sociétés savantes et d'associations scientifiques (Asso. Fr. de Mécanique, Mécamat, SFP, Europ. Mechanics Society, Americal Physical Society), ainsi qu'à la direction de la Fédération Française des Matériaux.

Les membres de l'équipe participent aussi à 3 programmes de l'ANR, 2 GDR, 1 CPR et à un comité éditorial (Engng Frac. Mech.). Ils contribuent aux expertises de l'ANR et sont rapporteurs pour des journaux de rang A. Sont à noter aussi des reconnaissances individuelles (médaille Jean Rist de la SF2M, médaille d'Or d'Acta Materialia, prix de thèse ParisTech et SFEN).

Les membres de l'équipe entretiennent aussi des collaborations avec les acteurs académiques nationaux (laboratoires de mécanique de plusieurs grandes écoles) et européens (Karlsruhe, Geestacht) et peut-être dans une moindre mesure, internationaux.

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

La thématique de recherche de l'équipe M2 est en prise directe avec des thématiques sociétales : efficacité énergétique, durée de vie de grandes structures, prévention des risques majeurs (notamment dans le contexte des matériaux pour le nucléaire).

Cette activité est menée en lien direct et de longue date avec les acteurs industriels majeurs dans le domaine : ArcelorMittal, CEA, AREVA, EDF, GDF-Suez, SAFRAN, Constellium, Alhénia qui financent des thèses au CdM se déroulant pour partie au CdM et pour l'autre, dans les laboratoires des partenaires industriels. Ces liens étroits ont été concrétisés par 2 chaires industrielles, l'une financée par AREVA, l'autre par EDF/GDF/GRT-Gaz. Ces chaires ont permis le financement d'un total de 5 thèses.

Pour les aspects de valorisation, il est à noter que les activités du groupe ont mené au dépôt de deux brevets pendant la période concernée par l'évaluation.

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

Le grand nombre de thèses en co-direction témoigne de la qualité des échanges entre les différents acteurs de l'équipe et l'ensemble du laboratoire. Cela étant, la synergie entre les deux activités principales de l'équipe (caractérisation mécanique et tomographie) pourrait être améliorée. Ces deux activités sont séparées géographiquement et sont menées essentiellement par des chercheurs différents, avec relativement peu de publications en commun.



Ainsi, il n'est pas clair si les modèles d'endommagement développés dans la partie mécanique sont réutilisés dans la partie tomographie. La mise en place d'une structure d'animation transversale pourrait améliorer cet état de fait.

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

Sur la période d'évaluation, M2 a fait soutenir 27 thèses de doctorat. Actuellement, 28 thèses sont en cours, ce qui dénote une activité de formation par la recherche très soutenue.

L'équipe se démarque aussi par une forte implication dans les enseignements à MINES Paristech, en étant responsable du cours d'Introduction aux Matériaux, co-responsable de l'option « Sciences et Génie des Matériaux », en ayant mis en place des travaux pratiques et en ayant la responsabilité de 2 modules d'enseignement de la formation « Métiers de l'Ingénieur Généraliste ». Les membres de l'équipe ont aussi participé au montage du programme de M1 « Mechanics and Materials ».

A noter que les membres de M2 participent à des écoles d'été nationales et internationales (Écoles d'été du CNRS, Hardening and damage of materials under finite deformations-Dortmund 2012).

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

La stratégie présentée à cinq ans est essentiellement dans la continuité des activités actuelles. Il apparaît naturel et judicieux de capitaliser sur les acquis récents. Ainsi, une part du projet repose d'un côté sur la valorisation des moyens d'observation sous synchrotron développés dans l'équipe, et de l'autre, sur l'extension des modèles d'endommagement et de rupture, avec une activité sur la corrosion sous contrainte permise grâce à un recrutement récent.

Par contre, il n'est pas fait mention d'ouverture vers des matériaux nouveaux, tels que par exemple les matériaux métalliques architecturés, ou des environnements nouveaux, tels que les matériaux pour la fusion nucléaire. On peut aussi se demander quel sera l'impact sur les activités futures de M2 à la fin des 2 chaires industrielles. Finalement, le positionnement dans les années à venir de l'activité synchrotron par rapport aux autres groupes nationaux et internationaux sera aussi à clarifier.

### Conclusion

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

La recherche réalisée par les membres de l'équipe M2 est de très haute qualité et de premier plan aux niveaux national et international. L'équipe M2 joue un rôle central dans la communauté impliquée dans l'étude de la mécanique des matériaux, tant par sa production scientifique, son implication dans l'enseignement de la mécanique, son essaimage d'anciens étudiants dans les grands groupes industriels, que par sa participation active à l'animation de réseaux français de recherche. L'équipe a aussi créé et entretient des relations étroites avec le monde industriel, une réussite trop rare en France.

Il est à noter que cette activité s'appuie sur une recherche très bien établie (caractérisation et modélisation mécanique) et une activité plus en développement (tomographie).

#### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les relations entre les deux activités (caractérisation mécanique et tomographie) paraissent ténues.

#### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande de renforcer les liens entre les deux activités de l'équipe pour profiter de manière opportune des compétences respectives complémentaires.



**Équipe 5 :** Matériaux Macromoléculaires et Mécanique

**Nom du responsable :** M. Lucien LAIARINANDRASANA

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	3	3
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1,5	1,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	3	2
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7,5</b>	<b>6,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	4	
Thèses soutenues	7	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	3





## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe M3 ayant essaimé de M2 en cours d'année 2013, le comité d'experts n'a pas souhaité porter d'appréciation distincte de celle de M2 sur le bilan.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe M3 ayant essaimé de M2 en cours d'année 2013, le comité d'experts n'a pas souhaité porter d'appréciation distincte de celle de M2 sur ce critère.

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

L'équipe M3 ayant essaimé de M2 en cours d'année 2013, le comité d'experts n'a pas souhaité porter d'appréciation distincte de celle de M2 sur ce critère.

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

L'équipe M3 est une toute petite équipe par rapport à l'équipe M2. La séparation n'est pas issue d'une recommandation du comité d'experts Aeres précédent mais d'une préconisation du conseil scientifique du CdM dont les motivations n'ont pas été exposées. S'il s'agissait d'aller vers l'homogénéisation des effectifs d'équipes, le traitement est homéopathique. S'il s'agissait de regrouper les matériologues avec l'expertise polymères ou composites, le comité d'experts a souligné plus haut qu'il en existait déjà dans l'équipe CAM autour du collage et des composites... La segmentation actuelle n'est donc pas optimale.

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

L'équipe M3 ayant essaimé de M2 en cours d'année 2013, le comité d'experts n'a pas souhaité porter d'appréciation distincte de celle de M2 sur ce critère.

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

Le comité d'experts ne met pas en doute les qualités scientifiques des membres de l'équipe M3 mais trouve son effectif trop réduit pour être viable, d'autant que des travaux conséquents de son plus jeune membre sont menés en partenariat avec l'Université d'Évry qui va devenir distante si le déménagement se concrétise. Un partenariat structurant est en cours de développement avec l'ESPCI. Ce partenariat ne sera pas impacté par un éventuel déménagement du centre des matériaux.

## Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'appréciation n'est pas distincte de celle portée sur l'équipe M2.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

L'appréciation n'est pas distincte de celle portée sur l'équipe M2.

- *Recommandations :*

Le comité d'experts préconise un renfort de membres de l'équipe CAM ou, si cela s'avère impossible pour des questions humaines, une réintégration au sein de M2 pour conserver les synergies autour du développement de caractérisations fines des mécanismes d'endommagement des matériaux, qui concernent aussi bien les métaux que les polymères.



**Équipe 6 :** Surfaces, Interfaces, Procédés (SIP)

**Nom du responsable :** M. Alain THOREL

**Effectifs :**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	7,5	7
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	5,3	5,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>14,8</b>	<b>13,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	15	
Thèses soutenues	23	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
Nombre d'HDR soutenues	3	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les quatre grands thèmes annoncés par la direction du CdM, qui sont notamment Matériaux-Energie-Durabilité-Sûreté, sont bien couverts par les axes de recherche de l'équipe SIP. Dans le domaine des matériaux aux propriétés physiques maîtrisées, l'équipe SIP anticipe les besoins industriels en étudiant des propriétés antagonistes, des matériaux aux morphologies « impossibles », et de nouvelles applications fonctionnelles de ces matériaux. L'accent est mis sur l'étude des mécanismes physico-chimiques dans lesquels l'architecture 3D des interfaces hétérophases joue un rôle prépondérant au travers de l'énergie d'interface. L'équipe SIP a également une base solide dans le domaine de la chimie colloïdale qu'elle utilise pour la synthèse de nouveaux précurseurs lui permettant d'obtenir une grande stabilité de structures hors d'équilibre. Le troisième thème dans lequel l'équipe excelle est la mise au point de procédés pour la production de nouveaux matériaux et revêtements. Trois types de procédés font l'objet d'études novatrices, notamment le "cold spray" procédé hors d'équilibre, le "screen printing" procédé par voie humide et finalement une approche de type "nanostructuration". L'équipe développe actuellement une mise en application de modèles développés au sein de l'équipe CAM pour prévoir la déformation de particules solides projetées par cold spray lors de leur impact sur des substrats de nature différente.

Les réalisations scientifiques et technologiques de l'équipe SIP sont largement publiées dans les meilleurs journaux internationaux et font référence en la matière (2 publications par an et par EC dans des revues de rang A). La richesse des publications est remarquable tant par la variété des procédés que par la pertinence des approches. Ses travaux dans le domaine de l'adhésion aux interfaces sont originaux et témoignent d'une grande maturité scientifique de ses principaux chercheurs.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe SIP s'investit annuellement dans la co-organisation de manifestations scientifiques aux meilleurs niveaux national et international. Les membres de l'équipe SIP exercent des activités éditoriales dans de très bonnes revues internationales. L'équipe SIP jouit d'une reconnaissance internationale pour ses études de base et appliquées.

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

L'équipe SIP est très performante au niveau de la valorisation de ses recherches vers l'industrie et elle a une vision réaliste dans son domaine d'expertise tant scientifique que technologique pour les quatre années à venir. Elle met en œuvre des actions pour augmenter sa visibilité et son attractivité à l'international. Ceci est par exemple illustré par les 16 brevets non seulement déposés par l'équipe mais également issus pour l'essentiel de travaux de l'équipe, et par le haut niveau des publications de rang A. L'implication de l'équipe a été également forte dans la création récente de deux start-ups (Diamlite et Polyshape).

L'équipe SIP a de nombreux contacts avec ses partenaires (industriels, étudiants, financiers) qui sont consultés à certains niveaux soit au sein même de l'équipe soit au CdM. L'équipe prend bien en compte les besoins de l'industrie tant dans la formation (cours, pratique, conférences) que dans les thèmes de recherche. Son dynamisme apparaît clairement par les données suivantes : 3 thésards par chercheur permanent et un financement par le secteur privé à hauteur de 49 %. Sa politique de protection de ses acquis scientifiques et technologiques par le dépôt de brevets est exemplaire et l'équipe en récolte les fruits par des coopérations industrielles de haut niveau.

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

Un esprit d'équipe fort et sincère entre les membres de l'équipe SIP est apparu lors de la visite des laboratoires. Les activités d'enseignement assurées par les membres de l'équipe SIP sont bien en phase avec les travaux de recherche et témoignent d'une grande ouverture de ses membres vers de jeunes chercheurs.

L'organisation interne de l'équipe est remarquable avec une très bonne répartition des tâches entre les différentes personnes.



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

Les 23 thèses de doctorat soutenues pendant la période de référence reflètent bien le dynamisme de l'équipe SIP et sa grande implication dans la formation par la recherche. Les doctorants actifs au sein de l'équipe ont confirmé la forte implication des membres permanents dans leurs travaux de recherches tant au niveau expérimental qu'à celui de modélisation. L'équipe SIP est également fortement impliquée dans les formations de master et de l'École des Mines.

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

Des actions ont été prises et seront poursuivies par l'équipe SIP pour augmenter l'intégration dans ses activités propres d'autres équipes de recherche au sein du Cdm (par exemple en biomatériaux, un intérêt d'intégrer l'équipe CAM dans un avenir proche). L'équipe SIP est également intéressée à bénéficier du développement de l'infrastructure expérimentale et de modélisation du Cdm. Il pourra être intéressant de voir dans un avenir proche un dépôt de brevets SIP qui inclurait d'autres équipes du Cdm en tant que co-inventeurs. La même suggestion peut être faite à propos des publications SIP avec des membres d'autres équipes comme co-auteurs.

Le projet d'avenir de l'équipe SIP à court terme est clair et est orienté sur la mise en place de contrats-cadres et de chaires afin de sécuriser le financement futur de la recherche SIP. Dans cette optique, l'équipe aura à suivre de près les possibilités qui lui permettraient de décrocher des financements européens dans le programme Horizon2020 qui prévoit entre autres un financement substantiel pour la création de start-ups. D'un point de vue scientifique, l'équipe SIP a exprimé son intérêt à intensifier également la coopération avec les équipes CoCas et M2. En terme de besoins en personnel, il faut noter que l'équipe SIP jouit d'un soutien important du Cdm qui a prévu dans les années à venir, le recrutement d'un technicien et d'un Maître de Recherches en procédé.

Si l'on perçoit clairement la vision à cinq ans en termes d'organisation et de cible, les très nombreuses thématiques scientifiques que l'équipe SIP souhaiterait aborder mériteraient une certaine hiérarchisation en précisant en particulier les nouveaux thèmes prioritaires en lien avec la vision stratégique du Cdm. Il est à noter que l'équipe SIP sera la première intéressée et impactée, s'ils aboutissent, par les deux projets en cours : l'installation à Châteaufort à proximité des nouveaux locaux du centre R&T de Safran et l'intégration de l'équipe CAM.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

La présentation des activités de l'équipe SIP suivie d'une visite de ses laboratoires a convaincu le comité d'experts du haut niveau scientifique et technologique de ses membres permanents et non-permanents. Un bon esprit d'équipe et un management personnalisé y contribuent certainement. Les thèmes de recherches sont judicieux et porteurs d'un grand intérêt industriel. Une politique de valorisation des acquis scientifiques et technologiques est clairement définie au sein de l'équipe.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le projet très récent d'intégration au sein de SIP de l'équipe CAM interroge. Si la partie « Assemblage » de CAM trouve naturellement sa place dans l'équipe SIP, il est beaucoup moins évident de trouver une cohérence pour la partie « Composite ».

### ▪ *Recommandations :*

Il sera intéressant de voir dans un avenir proche comment l'équipe SIP sera impliquée dans la croissance future des start-ups. Un déménagement vers le plateau de Saclay offrira à cette équipe, grâce à des ressources financières complémentaires, l'occasion d'élargir sa panoplie de procédés innovants et d'équipements d'analyse in-situ et numériques.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 12 décembre 2013 à 9h

Fin : 13 décembre 2013 à 16h30

### Lieu de la visite

Institution : Centre des Matériaux P.-M. Fourn

Adresse : 10 rue Henri-Auguste Desbrières, 91003 Evry cedex

### Locaux spécifiques visités :

Laboratoires des six équipes de recherche et de l'équipe support Analyses, microscopies, images, selon le programme de visite

### Déroulement ou programme de visite

#### 12 décembre 2013

##### Présentations publiques (salle C001)

9h00 - 9h15	Direction de la Recherche de MINES Paristech, D. GOETZ
9h15 - 10h15	Direction du Centre des Matériaux, J. BESSON
10h15 - 11h00	Équipe Métallurgie Mécanique (M2), J. CREPIN + zooms de T. MORGENEYER et H. PROUDHON
11h00 - 11h45	Équipe COmportement et Calcul de Structure (COCAS), D. RYCKELYNCK + zoom de V. YASTREBOV
11h45 - 12h20	Équipe Matériaux Macromoléculaires et Mécanique (M3), L. LAIRINANDRASANA + zoom de L. CORTE
12h20 - 13h40	déjeuner
13h45 - 14h20	Équipe Composites et Assemblages Multimatériaux (CAM), J. RENARD + zoom de S. JOANNES
14h20 - 15h20	Équipe Surface, Interface et Procédés (SIP), A. THOREL + zoom de V. GUIPONT et A. CHESNAUD
15h20- 16h05	Équipe Comportement à Haute Température (CHT), M. BOUSSUGE et V. MAUREL
16h05 - 16h15	Pause-café



### Réunions

- 16h20 - 16h50 Rencontre avec les doctorants et post-doctorants  
16h50 - 17h20 Rencontre avec les ingénieurs, techniciens, administratifs  
17h20 - 17h50 Rencontre avec les enseignants-chercheurs  
17h50 - 18h15 Rencontre avec une représentante de l'École Doctorale (M<sup>me</sup> Régine MOLINS)

### 13 décembre 2013

- 8h45 - 10h45 Visite des plates-formes et posters  
Deux groupes de trois experts en parallèle,

#### Groupe 1

Analyses, Microscopies, Images (groupe fonctionnel AMI) :

(I) Présentation des deux microscopes à transmission (C. DUHAMEL, M.- H. BERGER)

(II) Microscopies et sonde de Castaing (F. GASLAIN)

Composites, Assemblages Multimatériaux (CAM) : Surmoulage composite (J. RENARD)

Surface, Interface, Procédés (SIP) :

(I) Procédés voie humide (A. CHESNAUD)

(II) Procédés voie sèche (J.- D. BARTOUT)

(III) Cold spray et LASAT (M. JEANDIN, V. GUIPONT)

#### Groupe 2

COMportement et CALculs de Structures (COCAS) : simulation par éléments finis du vieillissement dans les métaux (M. MAZIERE)

ValCal : Développement de lois de comportement et prévision de propagation de fissures dans l'environnement ZrTi/ZrTiAlN. (N. OSIPOV)

Comportement des matériaux à Haute Température (CHT) : machine biaxiale, Multifissuration à haute température en plasticité généralisée (A. KOSTER)

Matériaux Macromoléculaires et Mécanique (M3) : Bio Matériaux (L. CORTE)

Métallurgie Mécanique (M2) :

(I) Essai sous environnement contrôlé (A.- F. GOURGUES, J. CREPIN)

(II) Tomographie/laminographie développement de moyens d'essais (H. PROUDHON, T. MORGENEYER)

- 10h45 - 11h00 Pause café

Rencontres à huis clos avec :

- 11h00 - 11h30 le directeur du Centre des Matériaux, J. BESSON



- 11h30 - 12h15 les tutelles ; D. GOETZ, directeur de la Recherche à MINES Paristech ; J.-F. AGASSANT, responsable du département Mécanique et Matériaux à MINES Paristech ; Agnès LABOUDIGUE, adjointe du directeur de la recherche à MINES ParisTech ; Y. REMOND, directeur adjoint scientifique à l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) du CNRS ; Olivier GAUTIER, chargé des Affaires Générales, suivi des unités - partenariats institutionnels à la Délégation Île-de-France Est du CNRS.
- 12h15 - 13h30 Déjeuner
- 13h30 - 16h30 Réunion du comité d'experts (huis clos)

### Points particuliers à mentionner

Les exposés étant fournis et les experts tenant à poser de nombreuses questions, l'emploi du temps prévisionnel a été largement débordé durant la première journée. La deuxième journée était conforme au planning.



## 6 • Observations générales des tutelles





LE DIRECTEUR

Paris, le 23 mai 2014

Evaluation de l'unité de recherche :  
Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt

Avant tout, nous souhaitons adresser nos remerciements aux membres du comité de visite pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de notre unité de recherche et l'esprit constructif qui a prévalu tout au long de l'évaluation. Nous revenons ci-dessous sur les questions majeures soulevées par l'évaluation. Pour autant, nous ne perdons pas de vue que cette évaluation reconnaît au centre des matériaux une position de leader dans sa relation de recherche partenariale avec des entreprises des secteurs de l'aéronautique et de l'énergie. Ce positionnement de recherche original ne permet pas toujours de diffuser l'ensemble des résultats par des publications et induit des contraintes contractuelles auxquelles les membres du comité de visite ont été sensibles. Mais l'historique et les résultats du centre des matériaux montrent que ces contraintes ne sont pas incompatibles avec une vision stratégique et des résultats au meilleur niveau scientifique international, reconnus par le comité de visite.


Les membres du comité de visite soulèvent quelques questions relatives aux contours et au devenir des équipes de recherche du centre. Nous partageons ces questions, qui sont l'objet de réflexions sans avoir été toutes tranchées à ce jour. Comme le comité de visite le note, le renouvellement des compétences dans le domaine des comportements à haute température est bien entamé. Du fait de la création récente (début 2013) des équipes *Métallurgie mécanique* et *Matériaux macro-moléculaires et mécanique* à partir d'une seule équipe, le comité de visite a préféré évaluer les deux équipes conjointement, remettant l'expression d'un avis sur ce choix de division d'équipe à la prochaine évaluation. Enfin, le comité de visite a pointé la taille sous-critique de l'équipe *Composites, assemblages multi-matériaux* et a soulevé la question sous-jacente de l'avenir de la recherche dans le domaine des composites à l'Ecole. Là encore, nous partageons l'analyse et menons conjointement une réflexion à deux niveaux. Le devenir de l'équipe est analysé à l'échelle du centre des matériaux, sachant que certaines activités de l'équipe se rapprochent de celles de l'équipe *Matériaux macro-moléculaires et mécanique*, tandis que d'autres se rapprochent de celles de l'équipe *Surfaces, interfaces, procédés*. La question des recherches dans le domaine des matériaux composites dépasse pour sa part le strict cadre du centre des matériaux et est analysée au niveau du département *Mécanique et matériaux* (qui comprend également notre unité de recherche en Mise en forme des matériaux - Cemef).

[www.mines-paristech.fr](http://www.mines-paristech.fr)  
[www.mines-paristech.eu](http://www.mines-paristech.eu)

---

MINES ParisTech  
60, boulevard Saint-Michel - 75272 Paris Cedex 06 - France  
[romain.soubeyran@mines-paristech.fr](mailto:romain.soubeyran@mines-paristech.fr)  
T. (+33) 1 40 51 90 14 / 94 43 - F. (+33) 1 40 51 90 25

Au-delà de ces questions, une deuxième famille de remarques porte sur l'organisation et la vie de l'unité. Nous notons que le comité de visite a eu le sentiment que le fonctionnement de l'unité n'avait pas intégré tous les aspects de fonctionnement d'une UMR. Nous pensons néanmoins qu'il y a là conjonction entre un malentendu (communication du règlement intérieur Ecole et non du règlement intérieur de l'UMR Centre des matériaux) et la concomitance de l'évaluation AERES avec l'étude du projet de relocalisation du centre dans le cadre d'un partenariat privilégié avec Safran. Si ce projet garantit l'indépendance du centre (sur le plan scientifique, mais aussi sur celui de ses relations industrielles avec d'autres partenaires que Safran), sa mise en œuvre impacte forcément la vie des personnels. Dans un tel contexte, il est parfaitement normal que ceux-ci s'interrogent et interrogent les directions de l'unité et de l'établissement. Il est normal aussi qu'un tel contexte génère de l'anxiété, que l'on retrouve en particulier dans la question retraduite par le comité de visite « vers quoi va le Centre des Matériaux ? ». Nous apportons bien évidemment la plus grande attention au traitement de ce projet, qui n'a de sens que si il est favorable au développement de l'unité et lui offre de nouvelles opportunités scientifiques, partenariales, et d'environnement de travail.

  
**Damien GOETZ**  
**DIRECTEUR DE LA RECHERCHE**

Romain SOUBEYRAN  
Directeur