



**HAL**  
open science

## CEMEF - Centre de mise en forme des matériaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. CEMEF - Centre de mise en forme des matériaux. 2014, Mines ParisTech, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02031581

**HAL Id: hceres-02031581**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031581>**

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 de Mise en Forme des Matériaux

CEMEF

sous tutelle des  
établissements et organismes :

MINES ParisTech

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS



Décembre 2013



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. Philippe BOISSE, 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

Nom de l'unité :	Centre de Mise en Forme des Matériaux
Acronyme de l'unité :	CEMEF
Label demandé :	UMR
N° actuel :	7635
Nom du directeur (2013-2014) :	M <sup>me</sup> Elisabeth MASSONI
Nom du porteur de projet (2015-2019) :	M <sup>me</sup> Elisabeth MASSONI

## Membres du comité d'experts

Président : M. Philippe BOISSE, LaMCoS, INSA de Lyon

Experts :

- M. Yves BERTHIER, LaMCoS, INSA de Lyon
- M<sup>me</sup> Nadia EL KISSI, LRP Grenoble
- M. Philippe PICARD, FEMTO, Université de Franche-Comté
- M<sup>me</sup> Sandrine THUILLIER, LIMATB, Université de Bretagne-Sud

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Rachid RAHOUDJ

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

- M. Jean-François AGASSANT, MINES Paristech
- M. Damien GOETZ, Mines Paristech
- M<sup>me</sup> Hélène POLITANO (École Doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées n° 364)
- M. Yves REMOND, INSIS CNRS
- M<sup>me</sup> Séverine RIGOT (École Doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées n° 364)

## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le CEMEF est une unité de recherche de l'École des Mines de Paris créée en 1974 afin de développer la thématique de la mise en forme des matériaux. L'unité est située à Sophia Antipolis (Alpes-Maritimes) depuis 1976, et occupe une position unique en Europe, dans ce domaine.

### Équipe de direction

M<sup>me</sup> Elisabeth MASSONI est directrice du CEMEF depuis novembre 2011. M. Pierre MONTMITONNET (directeur de recherche au CNRS) est directeur de l'UMR CNRS. MM. François BAY et Patrick COELS (directeur administratif) complètent le comité de direction. Un conseil de laboratoire composé de représentants élus des enseignants-chercheurs, des ITA et des doctorants se réunit environ trois fois par an.

### 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	11	9
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	21	19
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	28	28
<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.)	12	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>73</b>	<b>57</b>



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	75	
Thèses soutenues	81	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	12	
Nombre d'HDR soutenues	6	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	25	24

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Les recherches effectuées au CEMEF concernent la mise en forme des matériaux. Tout en étant complexes sur les plans de la physique et de la mécanique des transformations, elles recouvrent un ensemble de thématiques importantes du point de vue industriel. L'unité déploie ses investigations jusqu'à la réalisation d'outils expérimentaux et numériques qui intéressent ses partenaires industriels. Elle développe en particulier des logiciels de simulation des procédés faisant partie des meilleurs de leur domaine (e. g., Forge, Thercast, Rem3D, Ximex). Les recherches s'inscrivent parfaitement dans l'objectif de renouveau industriel fortement souhaité aujourd'hui. Les collaborations industrielles du CEMEF sont importantes et très nombreuses (budget de 4M€ par an). Ces collaborations et développements de logiciels performants sont possibles car ils s'appuient sur des recherches théoriques, expérimentales et numériques du meilleur niveau. Les indicateurs en attestent (1,7 articles en moyenne par an par enseignant chercheur, 27 projets internationaux, 53 projets nationaux sur la période considérée). Les études concernent la mise en forme d'une grande variété de matériaux (métaux, polymères, biomatériaux...) au moyen de différents procédés. Elles explorent différentes échelles, et sont généralement étayées par des analyses expérimentales et des simulations.

Le CEMEF est attractif pour les doctorants, les post-doctorants et les étudiants préparant un master ou un mastère spécialisé. La visibilité du CEMEF au niveau international est excellente depuis plusieurs décennies. Les recherches théoriques et appliquées développées pendant le dernier quinquennal ont permis de conserver et d'étendre ce rayonnement.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Les points forts du CEMEF sont nombreux. On note tout d'abord une cohérence pertinente des thèmes de recherche autour des procédés de mise en forme des matériaux, caractérisés par le développement d'approches multiéchelles et multiphysiques, concernant à la fois les polymères et les alliages métalliques.

La production scientifique, analysée selon les critères académiques, est très bonne. On note une moyenne de 1,7 articles par an par enseignant chercheur, et un nombre important de prix et distinctions.

Le CEMEF construit également des logiciels destinés à la commercialisation, et dont certains sont considérés comme des références dans leur domaine. Des dispositifs expérimentaux consacrés à la mise en forme font l'objet de développements au sein de l'unité qui accorde une grande importance à ses collaborations industrielles.

Le CEMEF participe à un grand nombre de projets collaboratifs internationaux et nationaux, et sa visibilité internationale est excellente. Par ailleurs, il entretient de nombreuses collaborations de recherche, et est actif dans le réseau des GDR(s) ainsi que dans le cadre des sociétés savantes (ESAFORM, CSMA, AFM...).

On note également une forte implication dans la formation par la recherche (masters, mastères spécialisés et doctorats).

Enfin, une implication des personnels et une bonne ambiance de travail sont également à compter parmi les points forts de l'unité de recherche.

### Points faibles et risques liés au contexte

Il n'y a pas à proprement parler de points faibles dans le bilan du CEMEF. Néanmoins, deux questions peuvent se poser :

- les équipes qui travaillent dans le domaine des matériaux polymères se sont structurées dans le Pôle Polymères et Composites (PPC) qui compte désormais 13,5 personnes. Par ailleurs, l'équipe SP2 représente un effectif de 1,5 EC, l'équipe TMP compte 2 EC et l'équipe MSR 2,5 EC +3 ITA. Ces faibles effectifs peuvent présenter certains risques. Le regroupement de ces équipes, qui traitent principalement de la mise en forme des matériaux métalliques, pourrait sans doute être étudié pour aller vers une équipe de structure proche de celle de PPC ;
- certains chercheurs de renommée vont partir en retraite lors de la prochaine période quinquennale. Leur remplacement est un point important eu égard à la pérennité de l'excellence du CEMEF.



## Recommandations

Le CEMEF est encouragé à poursuivre sa politique de recherche lui permettant de maintenir ses points forts, et à veiller à ce que la mise en forme des matériaux demeure son axe thématique principal.

Le comité d'experts recommande d'envisager, en accord avec les acteurs concernés, le regroupement des équipes qui traitent des matériaux métalliques. Le départ de certains chercheurs devrait également induire des recrutements ayant lieu suffisamment tôt pour que le transfert des connaissances ait lieu.

### 3 • Appréciations détaillées

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

La production scientifique du CEMEF est bonne ; elle se caractérise par :

- 284 articles dans des revues à comité de lecture (soit 1,7 articles en moyenne par an par enseignant-chercheur ; ce chiffre est en progression par rapport à la période quinquennale précédente (1,3)). Ces publications concernent de bonnes revues internationales du domaine.

On note également :

- 49 articles dans des livres ou des encyclopédies ;
- 245 communications dans des conférences avec actes ;
- 7 HDR soutenues ;
- des participations à des comités éditoriaux de revues internationales ;
- de nombreuses distinctions et prix de thèse ;
- 5 chercheurs du CEMEF ont un facteur h supérieur à 20 (source WoS).

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

Le CEMEF est très bien identifié dans le domaine de l'analyse et de la simulation de la mise en forme des matériaux. Son positionnement sur un ensemble de disciplines scientifiques (science des matériaux, métallurgie, sciences des polymères, mécanique expérimentale, simulations numériques...) est unique en Europe. On note donc pour le CEMEF :

- la participation pendant le quinquennal à 24 projets internationaux (dont 13 projets européens FP6 et FP7) et 53 projets nationaux (33 ANR, 17 FUI). Le CEMEF est coordonnateur de 16 d'entre eux ;
- la participation à 10 GDR ;
- son implication dans plusieurs sociétés savantes. En particulier le CEMEF a lancé l'association européenne ESAFORM de mise en forme des matériaux, participe actuellement à son développement et à la revue internationale Int. J. Material Forming (Springer) qui y est associée ;
- l'organisation (et co-organisation) de 6 conférences et la co-organisation de 60 symposiums dans des conférences ;
- de nombreuses distinctions et prix de thèse ont été décernés à ses chercheurs ;
- un certain nombre de chercheurs du CEMEF sont impliqués dans les organismes de gouvernance de la recherche tels que l'ANR (responsable de programmes, membres de comités d'experts), l'AERES (délégué scientifique, membre de comités d'experts), le CNRS (membres de comités d'experts), les pôles de compétitivité.

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

Les interactions et échanges avec le milieu industriel constituent un des principaux points forts du CEMEF. La majorité des recherches, qui y sont menées, sont réalisées en collaboration avec des entreprises. Le volume financier de ces collaborations s'élève à environ 4M€ par an. Des logiciels sont conçus, réalisés et perfectionnés par le CEMEF et sont ensuite commercialisés par des entreprises (Forge, Rem3D, Ludovic, Thost, Matelec, Transweld, Thercast ...). Certains de ces logiciels sont considérés comme des références dans leur domaine. Les entreprises partenaires du CEMEF appartiennent à la fois au secteur de première transformation des métaux et des polymères et aux secteurs de l'énergie, de l'aéronautique et de l'automobile. L'unité de recherche est membre de l'institut Carnot M.I.N.E.S, et l'abondement permet de lancer des recherches sur des sujets situés plus en amont.



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

Outre le comité de direction (composé de la directrice du CEMEF, du directeur de l'UMR, du directeur administratif et du directeur-adjoint), le CEMEF dispose d'un conseil de laboratoire présidé par le directeur de l'UMR. Il est composé de 6 membres élus représentant les enseignants-chercheurs, les ITA et les doctorants et post-doctorants. Ce conseil se tient trois fois par an, ce qui répond positivement à la demande du comité d'experts formulée lors de l'évaluation de 2008.

Des assemblées de l'ensemble des enseignants-chercheurs et des responsables de l'équipe d'appui fonctionnel ont lieu tous les deux mois, pour débattre de l'ensemble des aspects de la vie du CEMEF. Une assemblée générale de l'ensemble des personnels a lieu une fois par an.

Une gestion financière solidaire permet de soutenir toutes les équipes indépendamment de leur activité contractuelle du moment.

Le CEMEF compte sept équipes de recherche. Celles-ci sont de tailles différentes. Les chercheurs qui travaillent dans le domaine des matériaux polymères se sont regroupés dans le Pôle Polymères et Composites (PPC), qui compte désormais 13,5 personnes. Ce regroupement est jugé de façon favorable par les membres du PPC. Il est souhaitable d'envisager un regroupement de même nature pour les équipes qui travaillent dans le domaine de la mise en forme des métaux.

Les enseignants-chercheurs ont trois représentants au conseil de département Mécanique et Matériaux de MINES ParisTech. Lors de la visite de l'unité, le comité d'experts a pu constater une mobilisation enthousiaste des personnels et une bonne ambiance de travail.

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

81 thèses ont été dirigées et soutenues au CEMEF pendant la période examinée. 75 sont en cours. Les doctorants du CEMEF dépendent de l'École Doctorale « Sciences Fondamentales et Appliquées » SFA 464, accréditée conjointement par l'Université de Nice-Sophia Antipolis (établissement support) et par MINES ParisTech. Un membre du CEMEF est directeur-adjoint de cette ED. Un service du doctorat de l'école assure la coordination de la formation doctorale et la relation avec les ED. Il est apparu lors de l'entretien avec les représentants de l'ED SFA 464, que le CEMEF et l'ED voient de façon positive le rattachement des doctorants du CEMEF à cette école doctorale. Les doctorants présentent un bilan de leurs travaux devant un jury en fin de première et de deuxième année. Ils travaillent généralement en liaison étroite avec l'industrie. 25% d'entre eux sont financés par des allocations CIFRE. Pendant la période quinquennale, 6 prix de thèses ont été attribués à des doctorants de l'unité. Le taux d'abandon de thèse est de 12%.

Le CEMEF pilote un mastère spécialisé « Materials, Processing and Modelling » MAPMOD, qui couvre ses thématiques scientifiques. Les cours sont donnés en anglais, et une quinzaine d'étudiants environ suit ce mastère spécialisé chaque année.

Les enseignants-chercheurs du CEMEF interviennent à la fois dans différentes formations de second cycle (formation ingénieur, Master) - en particulier dans le cadre de la formation d'Ingénieurs Civils des Mines de Paris, ainsi que dans le cadre du Master P3M de l'Université de Nice Sophia-Antipolis. Le volume total de ces enseignements est de l'ordre de 900h. Compte tenu du nombre d'enseignants-chercheurs du CEMEF, le service assuré par chacun est nettement plus faible que dans les universités. Ce statut favorise nettement les activités de recherche des membres de l'unité.

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

Le projet à cinq ans proposé s'appuie principalement sur les points suivants :

- une diversification des domaines d'application des recherches, rendue nécessaire par les difficultés de certains secteurs et en particulier les industries de première transformation ;
- la poursuite des développements numériques multi-échelles et multi-physiques. Le renforcement des plateformes expérimentales ;
- la restructuration des équipes ;
- la constitution d'un conseil scientifique.



Le comité d'experts souscrit à ces objectifs. La probable nécessité de redéfinition des équipes pour aller vers un ensemble de 4 pôles a déjà été évoquée précédemment. Le renforcement des développements des simulations numériques et des plateformes expérimentales ne peut qu'être approuvé. La diversification des domaines d'application est certainement une source d'études nouvelles où le CEMEF pourra mettre en application et valoriser ses savoir-faire. Du reste, il conviendra d'éviter la dispersion. Le succès du CEMEF peut être attribué au fait qu'il a su fédérer un ensemble de compétences différentes et complémentaires autour de la mise en forme des matériaux ; celle-ci devrait donc rester au centre de ses préoccupations.



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Pôle Polymères et Composites (PPC)

**Nom du responsable :** M. Bruno VERGNES

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	4 (3)	3 (2,5)
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	6	6
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	5 (4,5)	5 (4,5)
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>15 (13,5)</b>	<b>14 (13)</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	25	
Thèses soutenues	23	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	5	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	9

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le Pôle Polymères et Composites (PPC) s'est constitué au cours des cinq dernières années. Il regroupe depuis janvier 2012 l'ensemble des compétences « polymères » du CEMEF, qui vont de l'élaboration au comportement mécanique des polymères solides en passant par leur mise en forme dans des écoulements complexes, représentatifs de situations véritablement industrielles. Les matériaux concernés sont très variés : polymères fondus, en solution, chargés, biosourcés ou encore mélanges de polymères. L'approche combine simulations numériques et expérimentations aux échelles pertinentes. Elle vise à établir des liens entre formulation, structure et propriétés de mise en forme et d'usage.

L'équipe s'est structurée autour de 4 axes en forte interaction :

- la formulation et l'élaboration, axe porté notamment par les travaux sur la cellulose et les polymères biosourcés, et s'appuyant sur une chaire industrielle (Bioplastiques) et un réseau d'excellence (EPNOE), tous deux pilotés par des chercheurs du CEMEF ;
- la rhéologie, la transformation et la mise en forme, axe qui concerne une grande variété de procédés de mise en forme des polymères fondus. Appareils du commerce ou développés en propre (ex : micro-injection 0,5 mL), ces pilotes sont particulièrement bien instrumentés, et permettent l'utilisation de lois de comportements appropriées dans des logiciels de simulation spécifiquement développés au sein de l'équipe ;
- le développement, l'évolution et la caractérisation de la microstructure. Les avancées concernent notamment le contrôle des processus physiques et des cinétiques qui pilotent l'évolution de la microstructure dans des conditions proches de celles du procédé. Les travaux s'appuient sur le développement en interne de cellules d'écoulement uniques, permettant des analyses en conditions complexes : refroidissement rapide, pression (CRISTAPRESS)... ;
- la mécanique expérimentale et la modélisation mécanique des polymères solides. Cet axe, un peu plus en retrait que les trois autres, combine la caractérisation expérimentale et le développement de modèles couplés physique/thermomécanique. Une réalisation remarquable concerne le développement et la validation d'un modèle visco-hyperélastique. Ce modèle est en cours d'implémentation numérique.

Cette nouvelle structuration, adossée au développement de techniques expérimentales judicieuses et de méthodes numériques adaptées, confère à l'équipe un positionnement unique et particulièrement bien exploité.

La production scientifique de l'équipe est excellente (plus de 2 ACL par an et par ETP) et de grande qualité. Les publications paraissent dans des revues à comité de lecture avec un très bon facteur d'impact pour la spécialité. 81 conférences invitées, dont 56 dans les congrès internationaux majeurs de la discipline, témoignent de la qualité et du dynamisme de l'activité scientifique de l'équipe, tant au niveau national qu'international.

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

L'équipe PPC possède une excellente visibilité à tous les niveaux. Elle a initié 5 projets internationaux sur la période et en a intégré 6. Au niveau national, elle pilote 2 ANR et est associée à 15 projets collaboratifs qui attestent notamment d'une excellente intégration dans le paysage local (FUI et ADEME notamment). Elle a su mettre en place de très nombreuses collaborations (18), en France, dans de nombreux pays européens, mais également au Canada, en Russie, en Algérie ou au Brésil. Ces collaborations se traduisent par des publications communes, des échanges de chercheurs, ainsi que par des co-directions de thèses.

L'attractivité de l'équipe se mesure également par son implication dans 3 GDR, deux réseaux d'excellence européens (dont un en pilotage : EPNOE) mais également dans les conseils d'administration des sociétés savantes phares de son domaine (ESAFORM, PPS, GFP, GFR,...). Elle a organisé 2 congrès nationaux et près de 20 symposium dans des congrès internationaux. Elle est sollicitée pour de nombreuses expertises en R&D, aux niveaux national et international.

Le rayonnement de l'équipe est par ailleurs souligné par une thèse primée, un travail sur la cellulose récompensé au niveau européen, et l'attribution du prix Maurice Couette par le Groupe Français de Rhéologie.



Finalement, le nombre de thèses soutenues et, dans une moindre mesure, de post-doctorants accueillis, d'horizons divers (national et international), montre s'il en était encore besoin, le caractère particulièrement attractif de l'équipe sur le plan académique.

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

L'équipe a su développer un réseau fructueux avec le tissu industriel régional (notamment par l'intermédiaire du Carma, centre de transfert de technologie dont MINES-Paristech a eu l'initiative), national et international, tant au niveau des PME (Getelec, HorusPharma, Expressions Aromatiques...) que des grands groupes (Michelin, PSA, L'Oréal, Saint-Gobain, Rhodia, Tarkett, Sika, Dow...) ou des centres de recherche (CEA, IFPEN...). Les membres de l'équipe interviennent en outre en tant que conseillers scientifiques pour 6 de ces sociétés.

Les nombreuses collaborations industrielles (contrats privés et thèses CIFRE) et les projets collaboratifs nationaux (8 ANR, 4 FUI, 1 ADEME...) et européens (5) sont le support de la recherche de l'équipe, attestant d'une très bonne adéquation des activités de l'équipe avec les problématiques socio-économiques actuelles, aux échelles nationale et européenne.

La valorisation de ces travaux de recherches se fait via des publications, des conférences, la publication d'ouvrages (2) ou de chapitres d'ouvrages (19), de rang international. L'équipe PPC est également à l'origine de la mise au point et du développement du logiciel de simulation de l'extrusion bi-vis « Ludovic », commercialisé par la société Sciences Computers Consultants. Plus de 50 licences ont été vendues en France (Arkema, Rhodia, Roquette, Limagrain, Hutchinson...) et dans le monde (Mitsui, Solvay, Nestlé, Firmenich, Boehringer...).

L'équipe est également active dans des manifestations telles que « la Science en fête », et publie de nombreux articles de vulgarisation, notamment dans « les Techniques de l'Ingénieur », et communique sur ses travaux, en particulier dans le domaine des bioplastiques, au moyen d'entretiens destinés au grand public (Le Monde, France 3...).

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

Tous les membres de l'équipe encadrent ou co-encadrent des thèses et un grand nombre de stages de masters. Ils sont en outre extrêmement impliqués dans les formations au niveau master : responsabilité du master spécialisé MATMEF (1987-2012), montage du mastère spécialisé Bioplastics (2008), mise en place de la filière « Polymer » du mastère spécialisé MAPMOD (2012).

Ils se mobilisent également pour prendre en charge des responsabilités d'intérêt général : co-responsabilité de l'École Doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées, responsabilité de la formation doctorale Sciences et Génie des Matériaux et du Master P3M avec l'Université de Nice-Sophia Antipolis et l'Université de Sud Toulon Var.

Ils participent également aux enseignements au niveau national (cours des mastères spécialisés MATMEF, BIOPLASTICS, COMPUMECH et MAPMOD à Sophia Antipolis et du master spécialisé Biomechanical Engineering à Paris) et international (cours ATHENS Polymer Processing, cours Polymer injection Europe en 2008). Leurs interventions sont également régulières aux séminaires du département Mécanique et Matériaux de MINES ParisTech, aux écoles d'Eté de l'European Polymer Federation (2009, 2011), d'Apollon (2010), ou encore aux stages pédagogiques du GFP (2009).

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

L'équipe PPC propose un projet de recherche cohérent, visant à consolider la dynamique mise en place depuis la création du pôle en 2012. Ce projet mettra en œuvre un véritable savoir-faire des enseignants-chercheurs et des moyens matériels et supports techniques significatifs. Ce projet s'inscrit dans le contexte socio-économique actuel avec une structuration fondée sur quatre axes : la compréhension et la modélisation des comportements rhéologique et mécanique des polymères et des composites, du domaine fluide au domaine vitreux ; la genèse et l'évolution des microstructures dans les matériaux formés de (ou contenant) des polymères en conditions de sollicitations complexes ; les matériaux biosourcés ; l'approfondissement de domaines de recherche ouverts récemment dans le pôle.

C'est une restructuration avec une réelle ligne directrice, qui s'inscrit dans la continuité des thématiques présentées dans le bilan, mais qui va au-delà de la superposition des thèmes des trois équipes, et qui clarifie encore le positionnement et donc la visibilité du pôle, en dehors de ses frontières. Il a été noté par ailleurs que le projet favorise les collaborations internes et externes au CEMEF, à moyen et à long terme.



Une recommandation que l'on peut formuler au sujet du quatrième axe, serait de veiller à garder l'approche spécifique, riche et originale qui est celle de l'équipe, afin d'élargir son application à des matériaux (bétons) ou des techniques (soudage) récemment abordés dans l'équipe. Pour ces problématiques, des compétences reconnues existent ailleurs, qu'il pourrait être audacieux de vouloir acquérir, mais avec lesquelles il serait encore plus judicieux de s'associer. Cela permettrait d'éviter la dispersion, et surtout de ne pas brouiller le message correspondant à la ligne scientifique du projet.

## Conclusion

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

L'équipe PPC connaît une dynamique très positive, qui emporte l'adhésion d'un personnel motivé et impliqué. Elle a su proposer une restructuration des activités « polymères » de l'unité, ce qui lui confère une visibilité nationale et internationale exceptionnelle. L'approche développée, combinant expérimentations de pointe et approches numériques pertinentes, place l'équipe au meilleur niveau international dans le domaine des polymères, tant pour ce qui touche à leur élaboration, leur mise en forme, les propriétés finales et d'usages que pour la prédiction des écoulements et de leurs performances.

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

L'équipe PPC est sollicitée par de nombreux industriels et est impliquée dans de nombreux projets collaboratifs ce qui, tout en étant un point fort, peut induire une grande diversité thématique et une charge d'encadrement importante. A ce titre, la stabilisation du poste de « tenure track » représente un potentiel pouvant renforcer a minima l'équipe.

### ▪ *Recommandations :*

Pour veiller à la pérennité de cette excellence, la pyramide des âges doit être prise en compte afin d'anticiper au plus tôt les passages de témoins vers les membres les plus jeunes de l'équipe. Déjà, la présence des plus jeunes est notée dans les conférences internationales, y compris les conférences invitées, ainsi que dans le pilotage de projets de type ANR. C'est une voie qu'il faut poursuivre, voire accélérer, notamment en structurant les actions industrielles et les collaborations avec les partenaires d'universités étrangères.

L'équipe devra veiller à suivre la ligne scientifique claire définie par son projet, notamment en abordant toutes les thématiques qui s'offrent à elle selon les méthodes et les approches spécifiques qui font sa force, couplant physico-chimie, mécanique et science des matériaux.

**Équipe 2 :** Structures et Propriétés dans les Procédés de Solidification (SP2)

**Nom du responsable :** M. Charles-André GANDIN

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1 (0,5)	1 (0,5)
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	1
<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.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>1 (1,5)</b>	<b>2 (1,5)</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	8	
Thèses soutenues	6	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	6	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	2

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe SP2 mène des recherches sur l'élaboration des matériaux par solidification et le contrôle des paramètres des procédés, notamment le soudage, en vue de maîtriser les propriétés d'usage. Les approches combinent expérimentation, modélisation physique des transformations thermomécaniques et simulation numérique. Les activités, d'abord ouvertes aux polymères et aux alliages métalliques, se sont recentrées sur ces derniers au cours de la période quinquennale ; les études portant sur la cristallisation des polymères et les équipements associés ont rejoint le pôle PPC en janvier 2012.



Aujourd'hui, les axes scientifiques sont au nombre de trois. Ils couvrent de façon pertinente les échelles micro et macro de l'élaboration du matériau par solidification. Les moyens mis en œuvre sont remarquables. Ils comprennent de nombreuses instrumentations développées en interne. Un banc de soudage multi-instrumenté, équipement unique et en développement constant, permet ainsi d'obtenir des données précieuses et utiles à la modélisation des transformations thermomécaniques de la zone affectée thermiquement. L'équipe bénéficie d'un accès privilégié aux grands instruments pour la caractérisation in situ du développement de la structure solide dans le liquide, par diffraction de neutrons ou tomographie X. Les bases de données issues de ces analyses sont valorisées en externe, par d'autres équipes universitaires.

L'équipe développe également des modèles physiques de la solidification, prenant en compte les transformations thermomécaniques aux échelles appropriées. Ces modèles sont aujourd'hui intégrés dans la librairie CIMLIB et dans des logiciels commerciaux (collaboration avec la société TRANSVALOR).

Malgré la réduction de sa taille, après la migration de l'activité « polymère », l'équipe est particulièrement dynamique tant au niveau local, que national ou même international. La production scientifique de l'équipe tient de la performance : plus de 3 ACL par an et par ETP dans de très bonnes revues et 33 conférences invitées dans des congrès internationaux majeurs.

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

L'équipe SP2 développe des collaborations de valeur et son expertise est recherchée à tous les niveaux.

Elle a coordonné, lors de la période examinée, 2 projets internationaux avec l'European Space Agency (ESA) et a été impliquée dans 4 autres (ANR, UE, ESA). Au niveau national, elle a piloté 1 ANR blanche jeune chercheur et intégré 4 ANR dont 2 blanches. Les collaborations en France ou à l'étranger (Amériques, Asie, Europe) sont au nombre de 12. Elles donnent lieu à des publications communes et à des échanges de chercheurs.

L'équipe est également présente dans de nombreux réseaux nationaux (GDR, PPF...) ou internationaux (PICS, ARCUS...). Elle apparaît de ce fait comme un acteur incontournable, eu égard au haut niveau des axes innovants en matière de coopération scientifique et de formation à et par la recherche. Elle a organisé 1 colloque international et 3 symposiums dont 2 dans des congrès internationaux. Son expertise est également sollicitée pour des jurys de thèse : 8 en France hors CEMEF et 3 à l'étranger.

L'attrait de l'équipe se mesure également par le nombre de thèses soutenues (6) et en cours (8) ainsi que par le nombre de post-doctorants accueillis (6, le plus souvent étrangers). Rapportés au potentiel d'encadrement de l'équipe, ces résultats sont exceptionnels. Néanmoins, de nombreux travaux se font en co-encadrement, notamment avec d'autres équipes du CEMEF.

Le rayonnement de l'équipe est également reconnu comme l'attestent les distinctions internationales : 2 meilleurs posters et 1 best paper award en conférences internationales, et 1 'hottest' article Elsevier (classé 7/25) notamment.

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

Hormis les financements publics qu'elle parvient à obtenir grâce aux appels d'offre, l'équipe a su établir des collaborations industrielles, assurant 50% des ressources de sa recherche (SAFRAN, ARCELOR MITTAL, Nippon Steel, Sumitomo Metals...), signe, s'il en était besoin, de son dynamisme et de la pertinence de son expertise scientifique au regard des attentes du monde socio-économique.

L'équipe participe également à la diffusion de la culture scientifique, par la publication de chapitres d'ouvrage (8) et l'organisation d'un Workshop sur la cristallisation des polymères en 2010 et en 2012. Enfin, elle collabore activement avec la société TRANSVALOR pour intégrer les modèles physiques qu'elle développe dans des codes métiers tels que REM3D (polymères), THERCAST et TRANSWELD (métaux).

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

Tous les membres de l'équipe dirigent ou codirigent des thèses, y compris avec des partenaires internationaux ou du secteur privé, et accueillent un grand nombre d'étudiants en master.



Leur implication en formation, qui recouvrait 4 mastères spécialisés, se focalise aujourd'hui sur un. On imagine difficilement une charge plus forte au regard des effectifs de l'équipe et de la pression à laquelle elle doit faire face pour honorer ses engagements contractuels, publics et privés.

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

Le positionnement thématique de l'équipe SP2 est remarquable et doit être maintenu. Le potentiel et le dynamisme du directeur de l'équipe sont de bons atouts, mais on peut s'interroger sur la pérennité d'une activité qui reposerait sur cette seule expertise.

La proposition esquissée dans le rapport évoque la stabilisation du statut d'un enseignant-chercheur travaillant à mi-temps dans l'équipe SP2 et le renforcement des collaborations avec l'équipe TMP qui est également concernée par les matériaux métalliques.

Le soutien par un recrutement définitif et affecté à l'équipe SP2 apparaît comme un minimum. La piste de la restructuration des activités autour des métaux semble raisonnable et mérite d'être menée en concertation aussi bien avec l'équipe TMP qu'avec les autres équipes du CEMEF, en veillant à ne pas diluer les compétences, les spécificités et les complémentarités de l'ensemble des protagonistes.

### Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe SP2 s'est appropriée une problématique de recherche pertinente, et dispose des moyens matériels adéquats lui permettant d'occuper une place de premier plan au niveau mondial.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Son projet, robuste scientifiquement, est fragilisé par l'effectif, limité à un directeur de recherches à temps-plein et un demi-ETP sur poste contractuel. Les atouts sont certes nombreux, mais ne pourront pas résister à cette réalité très contraignante, du moins à moyen terme.

- *Recommandations :*

Un renforcement du potentiel en soutien technique, relevant d'une véritable stratégie de l'unité, pour soutenir l'activité et la vitalité de cette équipe est souhaitable. Les possibilités de restructuration des activités autour des métaux, à l'exemple de ce qui a été accompli pour les polymères, constituent une opportunité en ce sens. Elles devront être menées en veillant aux équilibres des diverses thématiques, au moyen d'une mutualisation des moyens et des compétences, mais surtout par la définition d'une gouvernance scientifique extrêmement attentive à l'épanouissement de tous les talents.

**Équipe 3 :** Métallurgie, Structure, Rhéologie (MSR)

**Nom du responsable :** M. Roland LOGE

**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	2 (1,5)	1 (0,5)
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>6 (5,5)</b>	<b>5 (4,5)</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	7	
Thèses soutenues	18	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	1,5	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	2



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les recherches de l'équipe MSR ont essentiellement porté, depuis 2008, sur la caractérisation expérimentale et la modélisation de la recristallisation et de la croissance des grains, induites au cours de procédés de mise en forme à haute température et en grandes déformations. L'équipe propose une approche multi-échelle utilisant des modèles à champ moyen et à champ complet pour prédire les évolutions micro-structurales. L'approche de modélisation est associée à des essais, qui ont pour objectifs de reproduire des conditions thermomécaniques industrielles de mise en forme. Il s'agit en particulier d'essais de torsion à chaud associés à l'observation et l'analyse des mécanismes microstructuraux dans un superalliage base Nickel, à l'aide d'une platine chauffante pour essais in situ dans un microscope électronique à balayage. Ces dispositifs ont été développés au sein du CEMEF.

La production scientifique est bonne, avec environ 1,9 publications par an et par chercheur équivalent temps plein sur la période évaluée. Un grand nombre de publications (63 %) sont cosignées avec des chercheurs d'autres équipes du CEMEF, ce qui témoigne d'une forte interaction entre les équipes de l'unité et de l'ouverture de l'équipe MSR. Il s'agit d'une équipe jeune (âge moyen : 40 ans) dont le facteur h moyen est situé entre 6 et 12 (calcul WOS décembre 2013).

Les journaux dans lesquels l'équipe MSR publie sont de bon niveau international ; plus de 75 % des articles traitent de la caractérisation et de la modélisation en science des matériaux. Les facteurs d'impact de ces journaux se situent entre 0,5 et 12 (avec 7 journaux au-delà de 2,5 dont un à 12).

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

L'ouverture de l'équipe aux autres équipes de l'unité est très forte, comme en témoignent les publications communes, en particulier avec CIM, TMP et M3P. Son implication dans la communauté nationale est bonne, (projets collaboratifs, participation à 4 (en comptant le nombre de projets pondéré par le taux d'implication) projets ANR et 0,3 FUI). L'ouverture internationale est également bonne, avec un projet ANR blanc international avec Carnegie Mellon University (Pittsburg, PA, USA, 2011-2014), un projet européen (2005-2009) et un projet France-Amérique du Sud (2010-2012) et l'implication dans 2 projets européens. Ces collaborations ont donné lieu à l'accueil de 2 chercheurs étrangers.

L'équipe MSR participe au GDR ReX 3436, et assume la coordination de ce GDR pour la période 2011-2014. Deux journées scientifiques ont été organisées, l'une dans le cadre du GDR ReX et l'autre de l'association MECAMAT. Un des membres a été co-organisateur et président en 2010 de la conférence internationale "Advances in Materials and Processing Technologies", qui a une certaine notoriété dans le domaine de la mise en forme. L'équipe a également participé à deux "short courses" sur le thème "Digital microstructure" aux Etats-Unis.

On peut noter la participation à des évaluations AERES, et de façon plus limitée à des jurys de thèse et HDR (11 en 5 ans) ; ce qui peut s'expliquer par le fait que deux des HDR ont été obtenues en 2010 et 2013.

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

Les partenariats industriels sont nombreux, avec 22 contrats pour un montant supérieur à 1 million d'euros sur la période 2008-2012. Parmi les thèses en cours, il y a 4 thèses CIFRE et 1 financement CEA. Des collaborations pérennes existent avec le CEA Saclay et CEA Valduc (depuis 2008 et 2006 respectivement), avec des publications communes et des co-encadrement de thèses.

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

On peut noter que l'équipe est responsable de la gestion et du développement des moyens d'essais mécaniques, de métallographie et de microscopie électronique, avec 3 personnels techniques (1 technicien, 2 ingénieurs) directement rattachés à MSR.



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

L'équipe MSR est très impliquée dans la formation par la recherche, 18 thèses ont été soutenues depuis 2008, dont les 2/3 en co-encadrement avec les équipes TMP, M3P, SET et CIM. Les membres de l'équipe co-encadrent un grand nombre de thèses, ce qui donne lieu à des taux d'encadrement entre 150% et 300%. Sur les 7 thèses en cours, le financement est d'origine industrielle, avec 4 CIFRE, 1 CEA et 2 ARMINES. 19 étudiants en stage de masters ont été accueillis dans l'équipe MSR entre 2008 et 2013.

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

Le projet à 5 ans est centré sur la spécialité reconnue de l'équipe à l'échelle nationale et internationale. Il considère la caractérisation expérimentale et la modélisation de la recristallisation et de la croissance des grains, en conservant les superalliages base nickel et les aciers austénitiques, et en élargissant aux alliages de titane. Ce projet conserve le lien entre l'influence de la microstructure sur la rhéologie et la mise en forme, en ajoutant la participation du maillage thermique, la précipitation/dissolution des particules sur la croissance des grains et l'endommagement ductile, au moyen de collaborations avec les 3 autres équipes du CEMEF travaillant également sur les matériaux métalliques, TMP, SP2 et M3P. C'est un projet ambitieux compte tenu des ressources humaines disponibles.

## Conclusion

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

L'équipe MSR est une équipe jeune et dynamique, reconnue dans son environnement scientifique en recristallisation et croissance de grains dans les conditions thermomécaniques de mise en forme des métaux. Elle anime ce thème au moyen d'un grand nombre de collaborations industrielles et de projets collaboratifs nationaux et internationaux. Une réorientation de ses activités de recherche est observée, suite au départ d'un de ses membres pendant la période d'évaluation, comme l'attestent la production scientifique et les sujets de thèses. Ceux-ci concernent davantage les matériaux que les procédés. Cette légère réorientation est réussie et pertinente.

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

L'équipe doit maintenant faire face à un nouveau départ en 2014. Elle devra trouver un équilibre en s'appuyant sur ses points forts, et sur ses relations avec les autres équipes du CEMEF.

### ▪ *Recommandations :*

Un nouvel équilibre est à rechercher dans le cadre d'une restructuration des activités autour des métaux, sans peut-être trop attendre d'une éventuelle collaboration à l'extérieur, qui resterait à établir. Le départ prochain du responsable actuel doit conduire à un passage de témoin important pour cette équipe.

**Équipe 4 :** Thermo-Mécanique et Plasticité (TMP)

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

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2 (1,5)	2 (1,5)
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	1
<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.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>3 (2,5)</b>	<b>3 (2,5)</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	13	
Thèses soutenues	14	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les activités de l'équipe TMP reposent sur deux thèmes majeurs. Le premier regroupe des études sur la solidification et le soudage (interaction fluide-solide), les traitements thermiques, la compaction de poudres, et le second concerne la mise en forme à température ambiante et à chaud de tôles minces de différents alliages métalliques. Les résultats obtenus par cette équipe sont de qualité. On note une forte contribution expérimentale pour la partie tôles minces (développement de machines spécifiques représentatives des conditions industrielles, comme par exemple le fluotournage), et une approche de modélisation poussée, en particulier pour la partie thermomécanique, avec l'intégration des modèles dans des logiciels spécifiques qui font la renommée de l'unité.



Les deux thèmes ont une existence réelle sur l'exercice considéré, attestée par des publications et des projets collaboratifs. Le taux de production de l'équipe est de 1,9 articles par chercheur et par an. Les facteurs d'impact des journaux concernés varient de 0,5 à 2,5. Un grand nombre de publications (67%) sont cosignées avec des chercheurs d'autres équipes du CEMEF, ce qui témoigne de la forte interaction des équipes au sein de l'unité.

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

Durant la période examinée, les membres de l'équipe ont été impliqués dans 3 projets européens, 3,5 projets ANR (le nombre de projets est pondéré par le taux d'implication dans le projet), 3 projets FUI et un projet FRAE. Ces résultats témoignent d'un très grand dynamisme de l'équipe et d'une très belle reconnaissance nationale et européenne. L'équipe entretient un grand nombre de collaborations nationales, qui se traduisent par des co-directions de thèses et des publications communes. Quant à la mobilité internationale, seuls deux séjours de doctorants étrangers au sein de l'équipe sont mentionnés.

L'équipe est membre de deux GDR, Solidification des Alliages Métalliques (SAM-3328) et Spark Plasma Sintering (SPS-3165) et les membres de TMP sont toujours impliqués fortement dans différentes instances (CA de pôles de compétitivité, comités ANR, sociétés savantes). De plus, l'équipe est présente dans 4 comités éditoriaux de revues internationales.

Les membres de l'équipe participent à l'évaluation de projets en qualité d'experts, ainsi qu'à de nombreux comités scientifiques de congrès internationaux. Le nombre de participations à des jurys de thèse et d'habilitation à diriger des recherches est bon (23 sur la période d'évaluation), compte-tenu du faible nombre d'HDR de l'équipe.

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

Parmi les 13 thèses en cours, 60% sont financées par des contrats industriels (CIFRE, ARMINES, CEA...), ce qui témoigne d'une très bonne activité liée à la recherche appliquée. Les partenariats industriels sont nombreux ; ils représentent 31 contrats, pour un montant d'un million d'euros, sur la période d'évaluation. Un doctorant de l'équipe (soutenance en 2011) a créé en novembre 2011 une entreprise (Mat Xper) qui utilise les moyens expérimentaux du CEMEF pour la caractérisation du comportement mécanique à haute température.

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

L'équipe TMP est très impliquée dans la formation par la recherche. Le taux d'encadrement de deux chercheurs de l'équipe est très élevé, entre 350 et 450%. Sur les 13 thèses en cours, 2 ont débuté en 2008 et 11 sont co-encadrées avec d'autres équipes de l'unité (SP2, M3P, CIM, MSR et SET). 14 étudiants en stage de master ont été accueillis dans l'équipe TMP de 2008 à 2013.

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

Le projet de recherche de l'équipe s'appuie sur ses compétences reconnues dans le domaine de la modélisation des procédés de mise en forme. Il s'articule autour de 3 axes : les interactions liquide-solide avec des applications en solidification et soudage, l'interaction des changements de phase à l'état solide et du comportement mécanique avec des applications en soudage, les traitements thermiques et les changements d'échelles trouvant applications en compaction de poudres. Les axes de recherche sur la mise en forme des tôles minces et les traitements thermiques, portés par la directrice de l'unité, n'apparaissent pas dans le projet.

### Conclusion

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

L'équipe TMP est dynamique, elle fait preuve d'un bon rayonnement scientifique, d'une très forte implication dans des projets de recherche collaboratifs nationaux et internationaux, ainsi que dans les projets de recherche industriels. Ses compétences sont clairement reconnues dans le domaine de la caractérisation expérimentale, de la modélisation et simulation numérique du comportement thermomécanique des métaux pour ce qui touche aux procédés de mise en forme des tôles minces, en solidification, en compactage et en soudage.



- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les études portant sur les tôles minces métalliques et les traitements thermiques paraissent fragiles au sein de cette équipe, et le spectre d'activités paraît un peu large compte tenu de son potentiel humain.

- *Recommandations :*

Le projet de réorganisation de l'unité autour d'un pôle des matériaux métalliques représenterait une opportunité intéressante pour l'équipe.



**Équipe : 5** Surface et Tribologie (SET)

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Evelyne DARQUE-CERETTI

### 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	5	4
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	11	
Thèses soutenues	11	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	4



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe SET a été constituée en 1985, par l'association de fortes personnalités gravitant autour des caractérisations mécaniques et physico-chimiques des surfaces qui représentent l'une des conditions aux limites des procédés étudiés par les autres équipes. Ceci justifie la présence de l'équipe SET dans l'unité. En revanche, compte tenu de ce positionnement et de par sa petite taille, l'équipe ne peut véritablement conduire de recherches en science des surfaces fondamentale. Elle limite donc volontairement son champ d'action à l'étude des impacts des procédés sur les surfaces. Dans cette logique, l'équipe montre une forte capacité intellectuelle d'adaptation aux problèmes et d'adaptation des problèmes aux moyens dont elle dispose. C'est ce qui explique qu'elle ait toujours réussi, malgré sa petite taille, à maintenir un noyau de base de compétences tribologiques lui permettant de conjuguer bon niveau en mécanique, en physico-chimie associé aux expériences et à la modélisation. Cette conjugaison implique des collaborations et le maintien d'un minimum d'autonomie en moyens de caractérisation des surfaces. Enfin, pour se ressourcer, l'équipe répond régulièrement à des sollicitations externes choisies. La production scientifique est de 1,3 ACL par an et par ETP.

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

L'équipe SET est largement connue par ses publications dans des revues à comité de lecture, mais aussi reconnue et respectée pour ses ouvrages et ses articles de référence dans les Techniques de l'Ingénieur. Ses membres ont reçu plusieurs prix à titre personnel, dont la médaille Portevin de la SF2M.

L'équipe est aussi reconnue et appréciée au niveau national, pour ses nombreuses participations à des GDR, des projets ANR, et pour l'organisation de colloques. Elle apparaît physiquement au niveau international principalement grâce à certains de ses membres qui sont sollicités pour l'évaluation de thèses et de projets de recherche.

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

Cette interaction s'effectue à la fois par l'intermédiaire d'articles de vulgarisation et de contrats industriels. Pour ce qui est des contrats industriels, l'équipe peut se permettre de sélectionner ceux qui produisent simultanément des résultats industrialisables et des connaissances scientifiques. Ces contrats s'inscrivent pour la plupart dans des partenariats de longue durée qui sont un gage de compétences.

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

Tous les membres de l'équipe dirigent ou co-dirigent des doctorants, des stagiaires de masters, de masters spécialisés, ou d'écoles. Les conditions d'encadrement sont considérées comme très bonnes par les doctorants et les post-doctorants.

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

Les perspectives présentées par l'équipe suscitent quelques interrogations quant aux départs en retraite et aux possibilités de remplacements, pouvant entraîner une réduction du potentiel de recherche de l'équipe d'ici 2016. Cette situation, n'est que le reflet de la position actuelle de la tribologie dans la communauté nationale. Pragmatique, l'équipe envisage un resserrement de ses activités autour des couches minces ; thème porté par un professeur recruté en 2013. Réaliste, l'équipe est néanmoins en quête d'opportunités d'évolutions qui pourraient provenir de ses relations industrielles, ce qui lui a déjà réussi par le passé.



## Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

La reconnaissance de l'équipe est bonne au niveau national, voire au niveau international. Les contrats industriels s'inscrivent pour la plupart dans des partenariats de longue durée qui sont un gage de compétences de l'équipe.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

La réduction du potentiel de recherche de l'équipe d'ici 2016 est un risque majeur.

- *Recommandations :*

L'équipe SET est à un nouveau tournant de son histoire, qui dépend de la stratégie de remplacement des départs en retraite. Un ultime pis-aller serait que l'équipe SET utilise des moyens expérimentaux et numériques d'autres équipes pour conserver l'expertise tribologique au CEMEF. Cette expertise permettrait au moins d'assurer l'interface tribologique du CEMEF et d'autres équipes (externes) de tribologie de taille plus importantes. L'objectif au niveau du CEMEF est d'utiliser le frottement, qui intervient pratiquement dans tous les procédés de mise en forme, comme un thème à part entière et non comme un paramètre de calage utile aux modélisations.

**Équipe : 6**

Modélisation Mécanique et Multiphysique (M3P)

Nom du responsable : M. François BAY / M. Pierre-Olivier BOUCHARD

## 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	3 (2,5)	3 (2,5)
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<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.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>5 (4,5)</b>	<b>5 (4,5)</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	14	
Thèses soutenues	14	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	3,5	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Si les modélisations mécanique et multi-physique se retrouvent dans de nombreux laboratoires français et étrangers, l'originalité de l'équipe M3P se situe au niveau de l'étendue de son spectre thématique, qui vise à aborder la modélisation de la chaîne de procédés conduisant à la pièce finie, y compris dans le cas des matériaux du et pour le vivant. Cette particularité interpelle quant à la capacité des cinq permanents à être présents sur la totalité du spectre. Ce doute est cependant levé par le nombre de publications qui s'accroît significativement, pour bientôt atteindre un ratio équivalent à celui des autres équipes. Il semble que l'équipe fasse front grâce à la maîtrise d'un opportunisme scientifique positif et grâce à ses capacités d'imagination et de création d'outils numériques originaux. Ceci lui permet, par exemple, de mettre au point des assemblages judicieux d'outils numériques développés par ailleurs. La production scientifique est de 1,2 ACL par an et par ETP.

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

Bien qu'étant en plein essor, l'équipe M3P est déjà impliquée dans des projets nationaux et européens avec des responsabilités de coordination, dans la création d'une Chaire Industrielle et la participation à 18 conférences invitées. L'un de ses membres a séjourné un an au MIT comme chercheur invité, un autre a reçu le prix spécial ESAFORM.

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

Cette interaction s'effectue principalement avec l'environnement économique au moyen de multiples contrats de recherche.

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

Tous les chercheurs permanents de l'équipe M3P sont habilités à diriger des recherches, et interviennent dans l'encadrement de thèses et de stages de masters spécialisés.

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

La stratégie et le projet de l'équipe sont cohérents et ambitieux, et ont été très favorablement appréciés par le comité d'experts. Il s'agit de la simulation intégrée des matériaux au travers de la modélisation des matériaux à l'état solide, sous sollicitations mécaniques ou multi-physiques. Cette simulation présente différents thèmes scientifiques bien ciblés tenant compte de l'acquisition de moyens expérimentaux idoines, mais on peut se demander si l'équipe aura bien les moyens humains de ses ambitions.

## Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe est dynamique et jouit d'une bonne reconnaissance nationale et internationale.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Il existe un risque d'inadéquation entre ambitions et moyens.

- *Recommandations :*

Cette équipe ne peut qu'être encouragée à appliquer sa stratégie, en lui souhaitant que la poursuite de l'accroissement de son nombre de publications lui donne un niveau de reconnaissance lui permettant de piloter des collaborations tout en lui procurant les moyens de sa stratégie.

**Équipe 7 :** Calcul Intensif en Mécanique (CIM)

**Nom du responsable :** M. Thierry COUPEZ

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2 (1,5)	2 (1,5)
<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)	1 (0,5)	1 (0,5)
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7 (6)</b>	<b>7 (6)</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	10	
Thèses soutenues	22	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les activités de recherche de l'équipe CIM concernent la modélisation mécanique au moyen du calcul scientifique intensif. Il s'agit en particulier de méthodes où interviennent des questions d'adaptation de maillage anisotrope, d'éléments finis stabilisés et adaptés aux écoulements multiphasiques avec interfaces implicites dynamiques, et aboutissant à la simulation numérique. Les champs de la modélisation abordent aussi bien la mise en forme de matériaux que d'autres champs, abordés au cours des dernières années, comme l'aérothermie, l'aérodynamique, la turbulence, la microfluidique, etc.



La production scientifique de l'équipe CIM est bonne. On note 1,6 ACL par an par ETP. De plus, 32 des 60 publications répertoriées ont été cosignées avec d'autres équipes du CEMEF, ce qui témoigne d'une très forte interaction avec les équipes de l'unité, et d'une certaine ouverture de l'équipe. C'est une équipe assez jeune puisque la moyenne d'âge est de l'ordre de 42 ans.

Les revues concernées par les publications relèvent bien du domaine. Il s'agit notamment de Computational Mechanics, de European Journal of Computational Mechanics (6), de Int. Jnl. of Material Forming (4), de Int. Jnl. for Numerical Methods in Fluids (4), de Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering (4), de Journal of Computational Physics (3), et de Computational Materials Science (3). Le reste est réparti dans différents journaux en fonction des domaines d'application concernés par les outils numériques développés. Les facteurs d'impact sont compris entre 0,15 et 2,8 (avec 10 journaux au-delà de 2) et une valeur moyenne pondérée par le nombre de publications par revue de 1,6. A ces publications il faut ajouter 106 communications dans des conférences avec actes, et 7 chapitres de livres. A l'image de l'ensemble du laboratoire, on note une augmentation importante des publications en 2013, 14 sur 6 mois, pour une moyenne annuelle d'environ 10 entre 2008 et 2012.

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

L'ouverture de l'équipe à l'échelle de l'unité est très importante, comme en témoignent les publications et les thèses communes avec l'ensemble des équipes. L'ouverture nationale est bonne également ; elle est alimentée par les projets collaboratifs, la participation à 7 projets ANR (Mat&Pro, MN, Technologies Logiciels) dont un projet ANR Blanc international en tant que coordinateur. L'ouverture internationale se caractérise notamment par un nombre important de conférences invitées, 35 sur la période d'évaluation et de nombreux séjours de plus ou moins longue durée des membres de l'équipe dans des universités étrangères (USA, Italie, Inde, Canada, Norvège etc). L'un des membres de l'équipe assure la présidence du conseil scientifique de l'association ESAFORM rassemblant la communauté scientifique européenne spécialisée en mise en forme des matériaux.

L'équipe CIM participe à deux GDR : le GDR « Interaction Fluide-Structure » dont elle a assuré le montage et assure la coordination pour l'extension au niveau international à partir de 2013, et le GDR « Mise en forme des Composites ». Elle a organisé un workshop international (2009), un colloque national (2011) et une école thématique CNRS (2008).

On peut noter la participation de plusieurs membres de l'équipe à l'évaluation de projets ANR en qualité d'experts, et une participation à des jurys de thèse et d'HDR (30 en 5 ans) dont 4 à l'étranger.

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

Les partenariats industriels sont nombreux. On note une trentaine de contrats dont 5 projets FUI, pour un montant total de 1,4 M€ concernant la période 2008-2012.

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

L'équipe CIM est très impliquée dans la formation par la recherche, 22 thèses ont été soutenues depuis 2008, dont 60% en co-encadrement avec les équipes TMP, MSR, SP2, SET et PPC du CEMEF. On peut d'ailleurs noter une augmentation importante entre la période 2010-2012, 18 soutenues, contre 4 pour la période 2008-2009. Sur les 10 thèses en cours, 2 sont codirigées avec les équipes SP2 et TMP, elles sont financées pour une part au moyen de contrats doctoraux de MINES ParisTech et par ARMINES. Les membres HDR (2) de l'équipe codirigent plusieurs de ces thèses, ce qui donne lieu à des taux d'encadrement de 250% et 300%. 26 étudiants ont été accueillis entre 2008 et 2013, dont 7 en stage de mastères spécialisés. L'augmentation du nombre d'HDR de l'équipe serait souhaitable à court terme.

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

La stratégie et le projet de l'équipe sont cohérents. Ils s'articulent autour des points forts de l'équipe, à savoir les méthodes numériques (génération et adaptation dynamique de maillage anisotrope, éléments finis stables et stabilisés en mécanique des fluides et solides) associées à la modélisation par EDP des phénomènes physiques. Sont abordés en particulier les procédés de mise en forme, les écoulements multiphasiques, les interactions fluide-structure et leur exploitation sur des plateformes de calcul intensif massivement parallèle. Tous ces développements sont intégrés à une bibliothèque générique, Cimlib (C++), accessible aux différentes équipes du CEMEF, et contribuent directement au développement de plusieurs logiciels industriels : Forge, Rem3D (injection des polymères), XimeX (extrusion et mélange de polymère), Thost (aérothermie de fours industriels et de trempe), Thercast. L'équipe souhaite poursuivre et renforcer ses activités dans ces domaines de développement du calcul intensif et des méthodes numériques, afin de répondre aux besoins de différents champs de la modélisation en mécanique des phases d'élaboration, pour aller jusqu'à la transformation de la matière qu'elle soit sous forme solide ou fluide. Ce projet se traduit notamment par le développement d'une plateforme de calcul intensif délocalisée, dénommée CimNext, qui permet de construire des « applicatifs » variés, accessibles à des partenaires industriels et académiques. L'équipe s'interroge sur les moyens mis à sa disposition, notamment en ce qui concerne la puissance de calcul disponible au sein du CEMEF, ce qui lui permettrait de continuer ses travaux sur le calcul massivement parallèle. Elle évoque également un projet de méso-centre commun à MINES ParisTech. Il serait souhaitable que ce point soit éclairci.

## Conclusion

L'équipe CIM est assez jeune et dynamique. Ses activités scientifiques la situent à cheval entre deux communautés : l'analyse numérique et la modélisation mécanique (Computational Mechanics). La diversité des champs d'application de la modélisation fait apparaître des besoins en outils numériques qui alimentent la réflexion et les développements d'outils numériques (Bibliothèque Cimlib, plate-forme CimNext). Ces outils sont adaptés aux spécificités des calculateurs à très grand nombre de processeurs. Les besoins sont également liés aux autres équipes du CEMEF.

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe CIM est très bien reconnue dans son environnement scientifique, d'une part pour ce qui a trait aux méthodes numériques, (p. ex. génération et adaptation dynamique de maillage anisotrope, appliquées à la modélisation et à la simulation des procédés de mise en forme, CFD) et d'autre part pour le calcul intensif massivement parallèle. Il s'agit d'une équipe dont les travaux sont exploités par l'ensemble du CEMEF, ce qui lui confère un rôle central. Si elle souhaite s'ouvrir à des partenaires extérieurs, elle doit le faire en gardant un bon équilibre de ses activités collaboratives avec les autres équipes du CEMEF. L'équipe anime ce thème au moyen d'un grand nombre de collaborations industrielles et de projets collaboratifs nationaux et internationaux.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le positionnement de l'équipe CIM, transversal aux autres équipes du centre, est une spécificité qui peut à terme poser des problèmes quant à sa visibilité.

- *Recommandations :*

Un renforcement de ses capacités d'encadrement de la recherche est à consolider au cours du prochain contrat. Il s'agit néanmoins de veiller à ne pas favoriser la dispersion, compte tenu des ressources humaines disponibles au sein de l'équipe. Si le positionnement de l'équipe au sein de la communauté scientifique est très bon, sa situation au sein du CEMEF est quelque peu spécifique, compte tenu de ses compétences en outils numériques. Cette position transversale pourrait s'étendre à l'ensemble des centres de recherche de l'École des Mines. A un degré moindre, la pertinence des activités de l'équipe dans le champ du calcul intensif passe par l'accès à des ressources informatiques du meilleur niveau lui permettant de tester les outils développés.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : Mardi 17 décembre 2013 à 11h

Fin : Mercredi 18 décembre 2013 à 15h45

Lieu de la visite 06904, Sophia-Antipolis

Institution : CEMEF, MINES ParisTech

Adresse : Rue Claude Daunesse, 06904 Sophia Antipolis, cedex

### Locaux spécifiques visités :

Visite du laboratoire et Ateliers :

1. Caractérisation de surfaces, procédés et surfaces
2. Caractérisation et transformation des polymères
3. Essais mécaniques et tribologie
4. Procédés de mise en forme des métaux
5. Modélisation et méthodes numériques

### Déroulement ou programme de visite

#### Mardi 17 décembre

11h00-11h30	Réunion du comité d'experts (huis clos)
11h30-11h45	Présentation de la politique de la recherche à MINES ParisTech (M. Damien GOETZ)
11h45-12h30	Présentation générale du CEMEF - amphithéâtre Mozart (M <sup>me</sup> Elisabeth MASSONI)
13h30-15h45	Présentation des équipes <ul style="list-style-type: none"><li>• PPC-Pôle Polymères et Composites (M. Bruno VERGNES)</li><li>• SP2-Structures et Propriétés dans les Procédés de Solidification (M. Charles-André GANDIN)</li><li>• MSR-Métallurgie, Structures et Rhéologie (M. Roland LOGE, M<sup>me</sup> Nathalie BOZZOLO)</li><li>• TMP-Thermomécanique et Plasticité (M. Michel BELLET)</li><li>• SET-Surfaces et Tribologie (M. Pierre MONTMITONNET, M<sup>me</sup> Evelyne DARQUE-CERETTI)</li><li>• M3P-Modélisation Mécanique et Multiphysique (M. François BAY, M. Pierre-Olivier BOUCHARD)</li><li>• CIM-Calcul Intensif en Mécanique (M. Thierry COUPEZ)</li></ul>
17h30-19h00	Réunion du comité d'experts (huis clos)



**Mercredi 18 décembre**

08h45-11h00	Visite du laboratoire et Ateliers thématiques
11h15-12h15	Réunion avec les membres du personnel
11h15-11h30	Enseignants-chercheurs
11h30-11h45	ITA
11h45-12h00	Doctorants et Post-doctorants
12h00-12h15	Assistants de prévention, CHSCT
13h30-14h00	Réunion avec les tutelles
13h30-13h45	MINES ParisTech représentée par M. Damien GOETZ
13h45-14h00	École doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées (SFA) Université de Nice Sophia Antipolis, représentée par M <sup>me</sup> Séverine RIGOT et M <sup>me</sup> Hélène POLITANO
14h00-15h15	Conclusions de la journée (comité d'experts et direction du CEMEF, huis clos)
15h15-15h45	Réunion du comité d'experts (huis clos)



## 6 • Observations générales des tutelles



LE DIRECTEUR

Paris, le 25 mars 2014

## Evaluation de l'unité de recherche : Centre de Mise en Forme des Matériaux

Nous remercions le comité de visite pour la qualité et le sérieux de son évaluation, qui reconnaît l'investissement et les résultats du Cemef sur l'ensemble des aspects de l'évaluation. Nous prenons note de la recommandation d'évolution de l'organisation interne de l'unité pour les activités relatives aux matériaux métalliques et travaillons à sa mise en œuvre.

Nous tenons à remercier également l'ensemble des personnels du Cemef, et en particulier les équipes techniques et administratives, dont l'investissement est essentiel dans le succès du Cemef.

Romain SOUBEYRAN

Directeur