



**HAL**  
open science

## MSME - Modélisation et simulation multi échelle

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. MSME - Modélisation et simulation multi échelle. 2014, Université Paris-Est Marne-La-Vallée - UPEM, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Université Paris-Est Créteil Val de Marne - UPEC. hceres-02033087

**HAL Id: hceres-02033087**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033087>**

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 :

Laboratoire Modélisation et Simulation Multi-Echelle  
MSME

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université Paris-Est Marne la Vallée - UPEM

Université Paris-Est Créteil Val de Marne - UPEC

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS



Janvier 2014



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. Michel LÉBOUCHE, 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 :	Laboratoire Modélisation et Simulation Multi Echelle
Acronyme de l'unité :	MSME
Label demandé :	UMR - CNRS
N° actuel :	UMR 8208
Nom du directeur (2010-2014) :	M. Christian SOIZE jusqu'en février 2013 puis M. Salah NAILI
Nom du porteur de projet (2015-2019) :	M. Salah NAILI

# Membres du comité d'experts

Président :	M. Michel LÉBOUCHE, Université de Lorraine
Experts :	M. Jean-Paul CALTAGIRONE, Université de Bordeaux M. Jean-François GANGHOFFER, Université de Lorraine (représentant du CoNRS) M. Jérémy HARVEY, Bristol University, UK M. Thierry LEININGER, Université de Toulouse (représentant du CNU) M. Jean-Claude MICHEL, CNRS - Laboratoire de Mécanique et Acoustique, Marseille

## Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Hassan PEERHOSSAINI

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

M. Denis DUHAMEL (Directeur de l'École Doctorale SIE)  
M. Stéphane JAFFARD, UPEC  
M. Damien LAMBERTON, UPEM  
M<sup>me</sup> Marie-Yvonne PERRIN, INSIS-CNRS



# 1 • Introduction

## Historique et localisation géographique de l'unité

Le laboratoire MSME, Modélisation et Simulation Multi Echelle, est issu du regroupement de trois équipes d'accueil de l'Université de Paris Est Marne la Vallée, UPEM : le laboratoire de Chimie Théorique EA 2180, le laboratoire de Mécanique EA 2545 et le laboratoire d'Étude des Transferts d'Énergie et de Matière EA 2546. Il a été créé au 1<sup>er</sup> janvier 2008 et a obtenu du CNRS le statut de Formation de Recherche en Evolution, FRE 3160. Depuis 2010, une quatrième équipe s'est rattachée à cet ensemble, celle de Biomécanique, antérieurement rattachée à l'UMR 7052 de l'Université Paris 12. Le laboratoire MSME a alors obtenu le statut d'Unité Mixte de Recherche, UMR 8208, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2010. Le directeur, M. Christian SOIZE, a démissionné en février 2013 et a été remplacé par M. Salah NAILI (alors directeur adjoint), qui est le porteur du dossier de contractualisation pour ce contrat quinquennal 2015-2019. Il s'agit donc d'un jeune laboratoire, en cours de structuration. De par son histoire, il est logiquement constitué de quatre équipes : Chimie théorique (CT), Mécanique (MECA), Transferts de chaleur et de matière (TCM) et Biomécanique (BIOMECA). Pour favoriser une convergence de ces quatre équipes de cultures scientifiques très différentes, le laboratoire a institué une structuration horizontale en deux thématiques transversales sur lesquelles le comité reviendra : Transferts et couplages dans les systèmes et biomatériaux micro et nano poreux (TT1) et Couplages électromagnétiques dans les matériaux ioniques nanostructurés (TT2).

Le laboratoire comptait au 30/06/2013 39 enseignants-chercheurs (12 professeurs et 27 maîtres de conférences dont 8 HDR), 1 chargé de recherche du CNRS, 2 ingénieurs de recherche du MESR, 1 ITA CNRS et 6 BIATSS. Il accueillait en outre 41 doctorants et 5 post-doctorants (dont 5 à 8 ATER selon les périodes).

Le laboratoire exerce son activité sur deux sites, le campus de la cité Descartes à Champs sur Marne où il occupe 800 m<sup>2</sup> et abrite trois équipes (CT, MECA et TCM) et le campus de Créteil où il occupe 400 m<sup>2</sup> et abrite l'équipe BIOMECA. Une demi-heure de voiture sépare les deux sites.

## Équipe de direction

Directeur : M. Salah NAILI

Directrice adjointe : M<sup>me</sup> Gilberte CHAMBAUD

Responsables d'équipes :

CT : M<sup>me</sup> Gilberte CHAMBAUD, MECA : M. Qi-Chang HE, TCM : M. Guy LAURIAT puis M. Eric CHENIER (09/2013), BIOMECA : M. Salah NAILI puis M. Thibault LEMAIRE (09/2013)

Coordination des thématiques transversales : M. Marius LEWERENZ puis M<sup>me</sup> Céline LEONARD (09/2013).

## Nomenclature AERES

ST 5 principal (Sciences pour l'Ingénieur)

ST 4 secondaire (Chimie)



## 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	39	43
<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)	6 (4,3)	6 (4,3)
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	3
<b>N5</b> : Ingénieurs de Recherche MESR	2	2
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>49</b> <b>(47,3)</b>	<b>55</b> <b>(53,3)</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	41	
Thèses soutenues	66	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	18	
Nombre d'HDR soutenues	7	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	21	26

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le laboratoire MSME, unité mixte de recherche (UMR CNRS 8208), rassemble quatre équipes de disciplines et cultures scientifiques très différentes. C'est une difficulté, bien gérée par la mise en place d'une politique de transversalité adaptée, et un atout, pour une vision multi-échelle de la matière. Bien implanté dans son environnement scientifique rapproché (universités Paris Est), MSME a un excellent rayonnement scientifique, tant à l'échelon national qu'international. Ses relations avec le monde industriel sont bonnes, surtout par l'équipe MECA. Elles pourront être améliorées pour les trois autres équipes. C'est un laboratoire de taille moyenne, en légère croissance, où le CNRS est finalement peu présent. L'équipe MECA est numériquement dominante. Compte tenu de sa qualité, MSME est très sollicité et doit faire des choix. Son activité scientifique est presque exclusivement de modélisation et de simulation numérique ; la recherche expérimentale, indispensable pour la qualification des modèles et des codes de calcul, provient presque exclusivement de partenariats extérieurs. MSME a mis en place des thématiques de recherche transversales qui confortent la cohérence du laboratoire et lui permettent d'obtenir des



résultats remarquables et originaux. Sa production scientifique est très bonne. MSME s'investit fortement dans l'enseignement et constitue un adossement scientifique d'excellence aux Masters de ses universités de rattachement. La formation doctorale est de qualité et les docteurs se placent bien.

La visite du laboratoire MSME laisse une impression très positive, qui va maintenant être explicitée.

### Points forts et possibilités liées au contexte

- MSME est bien intégré dans son environnement scientifique. Il intervient dans les pôles de recherche prioritaires de ses universités de rattachement : - environnement, ville, ingénierie - santé, société. Il est bien considéré par les deux Instituts du CNRS auxquels il est rattaché : Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes, principal, et Chimie, secondaire.

- Son rayonnement, aux échelons national et international, est excellent.

- Il est partie prenante d'un Laboratoire d'Excellence et sa réussite dans les projets ANR est très bonne.

- Ses thématiques de recherche sont bien définies, pertinentes et souvent originales. Sa politique de transversalité constitue un véritable atout.

- Sa production scientifique est remarquable.

- L'atmosphère est excellente au sein du laboratoire, malgré la dispersion géographique.

### Points faibles et risques liés au contexte

- MSME va vivre une transition importante, liée au départ de ses personnalités scientifiques les plus marquantes. Cela imposera probablement des inflexions thématiques.

- Bien que d'excellente qualité, la formation par la recherche semble montrer un léger tassement, concernant le nombre de doctorants et de thèses soutenues.

- La politique contractuelle, assez satisfaisante, présente néanmoins certaines faiblesses, sauf pour l'équipe MECA. Une progression semble nécessaire dans ce domaine.

- La gestion des moyens humains est assez déséquilibrée, en faveur de MECA. Si BIOMECA bénéficie d'une bonne dynamique, TCM et CT vont devenir sous-critique et doivent être soutenues.

- L'activité scientifique de MSME concerne presque exclusivement la modélisation et la simulation numérique. Il est indispensable de qualifier les études par des comparaisons expérimentales. MSME ne maîtrise pas ces comparaisons, qui reposent quasi exclusivement sur des partenariats ; ceci constitue un handicap.

### Recommandations

- La transition doit être gérée avec attention, en particulier pour TCM : réflexion sur d'éventuelles inflexions thématiques ; répartition équilibrée des moyens humains.

- MSME doit bien réfléchir à son positionnement dans l'environnement local et national, conforter ses partenariats essentiels (par exemple dans les réseaux et fédérations), affirmer ses originalités.

- MSME doit réfléchir au développement de quelques activités expérimentales, à côté de ses domaines d'excellence que sont la modélisation et la simulation numérique.

- MSME doit pouvoir élargir sa politique contractuelle vis-à-vis du monde industriel.



### 3 • Appréciations détaillées

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

Le laboratoire MSME œuvre dans des domaines de recherche bien identifiés, multidisciplinaires, qu'il a su valoriser par une remarquable politique de projets transversaux. Les thématiques émergentes seront examinées dans l'analyse de l'activité des quatre équipes et dans celle des projets transversaux.

Globalement, la production scientifique de MSME est excellente : 504 publications dans des revues à comité de lecture de bon niveau international, souvent à fort facteur d'impact, ce qui correspond à 4,4 publications par équivalent temps plein et par an. Il faut y ajouter une production importante dans les congrès avec actes, les ouvrages et un nombre très honorable d'invitations dans les colloques congrès et séminaires à l'international.

Un progrès pourra être fait dans le nombre de publications issues des projets transversaux. Cela ne devrait pas poser de problème.

Il faut souligner qu'en moyenne les travaux de thèse conduisent à 3 publications / doctorant.

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

Rattaché à deux universités, Paris Est Marne la Vallée (UPEM) et Paris Est Créteil Val de Marne (UPEC), associé au CNRS et rattaché à deux instituts : Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes, et Chimie, le laboratoire MSME dispose d'un environnement scientifique large, propice à un excellent rayonnement dans les domaines qui sont les siens. Des membres du laboratoire ont exercé des responsabilités importantes au sein de ces établissements : 3 vice-présidents d'université, 1 directeur d'IUFM, 1 directeur d'école doctorale, une déléguée scientifique de l'AERES, plusieurs membres des conseils d'administration et scientifiques des universités, du CNU et du CoNRS.

L'une des membres du laboratoire a été directrice scientifique de l'Institut de Chimie du CNRS.

A l'échelon national, l'équipe CT de MSME joue un rôle moteur dans le Réseau Français de Chimie Théorique, l'équipe MECA participe activement à la Fédération Francilienne de « Mécanique, Matériaux, Structures et Procédés » (FR 2609-CNRS) et l'équipe TCM à la Fédération Francilienne « Transferts de Masse et de Chaleur » (FED 29-MESR). Le laboratoire est présent dans plus de 10 GDR et participe à une dizaine de projets ANR, qui donnent lieu à des collaborations effectives avec d'autres laboratoires. Il est l'un des 4 laboratoires actifs dans le Laboratoire d'Excellence « Modélisation et Expérimentation pour la Construction Durable ».

A l'échelon international, MSME collabore avec plus de 20 pays et une part significative de ses publications est partagée avec ses laboratoires partenaires. Il accueille de nombreux professeurs et chercheurs invités, envoie de nombreux enseignants-chercheurs pour des séjours à l'étranger et plusieurs de ses membres sont régulièrement invités à prononcer des conférences dans des séminaires, congrès et colloques.

Le laboratoire, à travers ses équipes, a organisé ou participé à l'organisation d'un nombre significatif de manifestations scientifiques, nationales et internationales.

Plusieurs distinctions ont été attribuées à des membres de MSME : 1 nomination à l'IUF (l'Institut Universitaire de France), 1 Senior Research Price attribué par l'association européenne de dynamique des structures, 1 diplôme de l'auteur le plus cité dans la revue CMAME entre 2005 et 2008, 2 oraux à l'ERC, ... (liste non exhaustive).

On peut ainsi considérer que le laboratoire MSME a un rayonnement académique remarquable.

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

Le cœur de ses activités étant centré sur la modélisation et la simulation numérique de matériaux et systèmes complexes, le laboratoire développe un réseau de collaborations externes afin d'obtenir, notamment, des validations de ses travaux et des applications expérimentales. Il considère que 56 % de son activité concerne la recherche académique, fondamentale, et 9 % ses interactions avec son environnement. Ses relations avec le monde industriel sont significatives, compte tenu du caractère fondamental de son activité. Elles sont principalement portées par l'équipe MECA. La part des contrats dans le financement du laboratoire (hors salaires des permanents) est inférieure à 15 %. Le nombre de conventions CIFRE est tout à fait honorable (14 sur la durée de référence).



L'équipe BIOMECA est en lien étroit avec le monde médical et soucieuse de la valorisation de ses travaux. Elle a déposé un brevet et a en projet la création d'une « start-up ».

Tout ceci est de bon niveau mais perfectible.

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

Le laboratoire MSME est issu du rapprochement de quatre équipes indépendantes, d'horizons et de cultures scientifiques très différents. Il apparaît qu'elles conservent une réelle autonomie dans leur fonctionnement, mais un effort considérable a été fait et demeure pour les rapprocher sur des thématiques transversales, où la mise en commun de leurs compétences respectives constitue une incontestable plus-value. Les résultats de cette politique sont très positifs. Cette vie transversale du laboratoire est animée par un « responsable de la transversalité » qui coordonne les séminaires transversaux et fait partie du Comité de Direction du laboratoire.

L'organisation du laboratoire est assez classique :

- un directoire comprenant le directeur, le directeur adjoint, les 4 chefs d'équipes et le responsable de la transversalité. C'est l'organe décisionnel qui se réunit au moins une fois par mois ;
- le conseil de laboratoire, représentatif des diverses catégories de personnels, qui se réunit au moins 3 fois par an ;
- une assemblée générale est convoquée chaque année.

Des journées MSME sont organisées chaque année, pour tous les personnels du laboratoire, au cours desquelles ont lieu des exposés scientifiques et des échanges sur les orientations scientifiques.

Les séminaires sont à l'initiative de chacune des 4 équipes et le laboratoire organise chaque mois le séminaire transversal, obligatoire pour tous les doctorants.

Le laboratoire est très attentif à la mise à jour permanente de son site Web, par lequel passent de nombreuses informations, notamment sur sa production scientifique.

L'entretien avec le personnel enseignant et chercheur a montré une satisfaction générale quant à l'organisation de la vie du laboratoire, et a confirmé l'excellence de l'atmosphère qui prévaut. La bonne intégration des équipes est également favorisée par la mission partagée d'enseignement.

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

Le laboratoire MSME apporte une contribution essentielle à l'offre de formation de ses deux universités de tutelle, UPEM et UPEC, dans les domaines scientifiques qui le concernent, aux niveaux L, M et D. Sans être exhaustif :

- Master « Physico-chimie pour l'ingénieur », (M1) transformé en « Sciences de la matière » ; M2 Master « Chimie théorique et applications » ; M2 « Sciences de la matière », spécialité « Physico-chimie de la matière et applications » ; Master « Physico-chimie pour l'ingénierie » co-habilité avec Paris-Nord, spécialité « Procédés pour la qualité de l'environnement » ;
- coordination des enseignements du pôle île-de-France du réseau national de chimie théorique ;
- direction du Master « Mécanique et Génie civil », co-habilité avec l'École Nationale des Ponts et Chaussées ; responsabilité du M2 « Mécanique des matériaux et structure » et du M2 « Ingénierie de projet en génie civil » ; direction de l'École UFR ESIP-MLV et direction des deux filières « Génie mécanique » et « Génie civil, conception et contrôle de la construction ». Responsabilités au sein de plusieurs filières de l'ESIP-MLV. Direction de la plate-forme technologique « Génie industriel » de l'UPEM ;
- spécialité « Dynamique des fluides, phénomènes de transfert, énergétique » du Master « Sciences de la Matière » ;
- Master « Sciences pour l'ingénieur » de l'UPEC, spécialité M2 « Conception mécanique et thermique : du matériau au système » ; responsabilité de la spécialité « Biomécanique » du même Master, jusqu'à son terme ; responsabilité de plusieurs modules du Master « Chimie et Matériaux » ; intervention à l'Institut Supérieur des Biosciences de Paris ; intervention dans plusieurs Masters et Ecoles extérieures à UPEM et UPEC.
- A noter que la totalité des enseignements de chimie (L-M-D) de l'UPEM est portée par des membres de MSME.



Au niveau Doctorat :

Le laboratoire est rattaché à l'École Doctorale Sciences, Ingénierie, Environnement (SIE, ED 531). Par ses quatre équipes, il intervient dans les cours doctoraux ; il est l'un des laboratoires d'accueil importants de l'ED ; ses séminaires sont ouverts à tous les doctorants de l'École.

Sur la période de référence, de janvier 2008 à juin 2013, 66 thèses de Doctorat ont été soutenues au laboratoire (12 par an). C'est excellent, même si un léger tassement est constaté ces dernières années. Le nombre de doctorants présents au 16 janvier 2014 est de 55. La durée moyenne de la thèse est inférieure à 3,5 ans. Tous les doctorants sont financés (pour les 66 docteurs précités, 23 allocations, 14 conventions CIFRE, 17 bourses de gouvernements étrangers complétées sur fonds propres, 12 autres sources dont les contrats). Le Labex MMCD aide au financement des doctorants.

L'entretien avec les doctorants a montré qu'ils bénéficient d'un encadrement de qualité, de très bonnes conditions de travail ; ils ont la possibilité de participer à des congrès et colloques pour y présenter leurs travaux.

Les docteurs se placent bien ; une statistique sur les 66 docteurs montre que 41 sont dans le secteur académique (y compris les post-doctorants) : 20 en France, 21 à l'étranger, 22 (soit 30%) dans l'industrie et 3 ont une situation peu claire.

7 HDR ont été soutenues, ce qui porte le nombre d'habilités à 21 ; la capacité d'encadrement doctoral est bonne.

Le laboratoire MSME est donc bien impliqué dans la mission d'enseignement et de formation par la recherche.

Le comité d'experts a rencontré le directeur de l'École Doctorale SIE : Sciences, Ingénierie, Environnement. Il s'agit d'une des 6 écoles doctorales du PRES. L'ED regroupe 20 laboratoires et MSME est le second laboratoire en taille ; il regroupe en moyenne 40 doctorants sur 300 (en fait, 55 en 2014). Il existe un concours de recrutement des doctorants, qui sont auditionnés de juin à septembre. Si le financement est acquis, le jury vérifie seulement le sérieux du projet. Si un financement est sollicité, on suit les habitudes des établissements. Allocations de recherche : UPEM en donne 4, dont 3 à MSME ; UPEC en donne 6 ou 7 ; l'ENPC en donne 2 ou 3 et l'IFSTAR en donne 6 ou 7.

L'école doctorale finance des invitations de professeurs étrangers ; MSME en profite souvent et l'école reçoit un retour par les enseignements doctoraux des invités.

Les formations de l'école doctorale comportent des interventions de professeurs invités, des cours par les enseignants-chercheurs des laboratoires d'accueil ; MSME propose : « méthodes numériques en mécanique » et « probabilités en mécanique » ; MSME ouvre son séminaire à tous les doctorants de l'école.

La durée moyenne de la thèse est de 3 ans et 3 mois à MSME, de 3 ans et 5 mois à l'école doctorale.

Insertion des docteurs : l'école demande à un organisme de faire une enquête globale ; il n'y a pas d'information détaillée sur chaque laboratoire. Il y a peu de chômeurs. Pour l'ensemble de l'école doctorale, il y a équilibre entre les recrutements du monde académique et ceux du monde industriel.

Il semble que l'école doctorale laisse une grande autonomie à ses laboratoires d'accueil pour l'encadrement et la formation doctorale.

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

Le laboratoire MSME, encore jeune, cherche à consolider sa place originale dans le paysage de la recherche, aux niveaux régional, national et international. Il est donc normal que son projet à 5 ans soit la poursuite et l'approfondissement des travaux en cours, qui sont d'excellent niveau. Reposant sur les compétences différenciées des quatre équipes, ces travaux convergeront grâce aux activités transversales (qui se poursuivront également dans un esprit de continuité, mais s'approfondissent et font émerger de véritables originalités) transdisciplinaires, reposant sur une analyse aux différentes échelles, de la description atomique au milieu continu. Les nouvelles thématiques transversales : - interfaces, surfaces et changements d'échelles dans les matériaux nano-structurés, transports et interactions multi-échelle dans les matériaux, et les 4 projets (dont un nouveau projet exploratoire) qu'elles recouvrent, sont tout à fait pertinentes et correspondent aux compétences croisées des 4 équipes. Elles peuvent être source d'une vraie dynamique.



Les projets propres des 4 équipes seront commentés dans l'analyse par équipe. Dans le cas de TCM, qui vit la transition la plus marquée, le programme prudent, qui se limite à deux axes : la convection avec changement de phase et la micro-nano-fluidique, est pertinent. MSME doit soutenir cette équipe.

L'auto-évaluation faite par le laboratoire est très réaliste (analyse SWOT). MSME est bien conscient de ses forces et de ses faiblesses, des opportunités qui se présentent à lui et des menaces qui le guettent. Il a conscience de l'importance de ses partenariats pour sa stratégie de recherche, de la nécessité de gérer avec rigueur sa transition générationnelle, de l'importance du maintien de son attractivité pour de bons doctorants.

Le laboratoire devra réfléchir à l'éventualité de développer une activité expérimentale de qualification en interne.

Il apparaît que la nouvelle génération de chercheurs est apte à assumer avec succès la transition qui s'annonce ; le projet proposé est donc réaliste.



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Chimie Théorique (CT)

M<sup>me</sup> Gilberte CHAMBAUD

**Nom du responsable :** M. Majdi HOCHLAF (à partir du 01/09/2014)

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	8	8
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		1
<b>N5</b> : Ingénieurs de Recherche du MESR	2	2
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	11	12

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	10	
Thèses soutenues	13	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	13	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	7



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Durant la période couverte par la présente évaluation, l'équipe de chimie théorique a eu une forte activité dans son domaine central historiquement (détermination de la structure électronique et de la dynamique de petites molécules). Elle a également été très active dans l'étude de systèmes plus complexes, y compris la chimie du milieu interstellaire, l'interaction gaz-solide, les semi-conducteurs, les agrégats, certaines biomolécules. L'équipe a participé de façon marquante dans les recherches sur les 3 thèmes transversaux de l'unité, dans un réel esprit multi-échelle. La qualité et la diversité de l'ensemble de ces travaux se traduisent par 157 articles dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture et à haut facteur d'impact (JCP, JPCA, PCCP, PR, PRL, ...) ce qui constitue une moyenne importante de plus de 5 publications/ETP/an - avec participation de l'ensemble des membres de l'équipe. Il y a un grand nombre de collaborations nationales mais aussi internationales, montrant ainsi la notoriété de l'équipe dans son domaine d'expertise. Ceci est également mis en évidence par les 83 invitations dans des conférences en France ou à l'étranger et les 110 présentations de séminaires ou communications dans des manifestations scientifiques.

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

L'équipe participe à 7 projets et réseaux scientifiques nationaux dont 4 GDR, et participe également au bureau de 2 réseaux internationaux : un projet COST rassemblant les spectroscopistes théoriciens de 25 pays, et, le GDRI « Réseau Franco-Chinois de Chimie Théorique ». L'équipe a attiré durant la période 18 professeurs invités venant de 12 pays (Europe et autre) dont l'un a été honoré du Prix Gay-Lussac sur proposition de l'équipe. 6 chercheurs post-doctorants de 6 pays différents ont mené des recherches au sein de l'équipe. De même, sur les 23 doctorants présents au laboratoire durant la présente période, 14 ont été financés grâce à des contrats étrangers.

Des membres de l'équipe co-organisent des colloques internationaux et nationaux, et ont assuré la coordination de 7 volumes spéciaux de revues à haut facteur d'impact ou de « proceedings ». Certains de ses membres participent aux instances nationales universitaires (CNU 31) ou du CNRS (CoNRS 13) ou locales (direction de départements d'enseignement, conseil scientifique de l'UPEM, commission de spécialistes, comités de sélection, jury concours agrégation, polytechnique). Ils expertisent également des projets pour le compte de l'ANR ou de l'AERES ou du CONICYT (Chili). Sur un plan national, l'équipe participe à 2 contrats ANR et en pilote un troisième.

Au niveau international, on trouve un projet européen (Marie Curie) coordonné par l'équipe avec l'Espagne et le Maroc, un projet Hubert Curien avec la République Tchèque, un contrat DGRST-CNRS avec la Tunisie et un programme Chili-Espagne-France-Mexique-Tunisie sur la préparation de la mission Herschel.

Les palmes académiques (officier) ont été octroyées au responsable d'équipe actuel et le prochain responsable pressenti est lauréat du ministère tunisien de la recherche pour les élites tunisiennes à l'étranger.

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

Les membres de l'équipe s'impliquent fortement dans les actions à caractère scientifique en lien avec leurs pairs et le grand public. Le rôle de la responsable d'équipe au CNRS a déjà été mentionné - elle a également été administrateur de l'Union des Industries Chimiques (et membre de la Commission Innovation de celle-ci). Son activité à l'UIC l'a menée à promouvoir la création d'un consortium « Comité Ambition Chimie » visant à réunir les divers acteurs industriels et académiques de la chimie en France. L'équipe s'est investie dans les manifestations de l'Université à Tout Age de l'UPEM, de l'année Internationale de la Chimie et contribue régulièrement à la Fête de la Science.

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

L'équipe poursuit de nombreuses thématiques de recherche, profitant de l'expertise diverse de ses membres mais aussi des échanges scientifiques très fréquents à l'intérieur de l'équipe (réunions informelles presque quotidiennes pour discuter la gestion de l'équipe et les projets de recherche) ainsi que dans l'unité (l'équipe est très clairement bien intégrée scientifiquement et personnellement dans le laboratoire MSME, entre autres via les projets transversaux). Le changement de responsable d'équipe semble bien se passer.



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

Durant la période couverte par l'évaluation, 13 thèses ont été soutenues d'une durée moyenne de 3,2 ans et 10 thèses sont en cours. 15 stagiaires de Master ont également réalisé leur stage de recherche au sein de l'équipe. Les membres de l'équipe assurent la gestion d'un M1 (Physico-Chimie pour l'Ingénierie), de deux M2 (Chimie Théorique et Applications, et, Physico-Chimie de la Matière et Applications) ainsi que d'un Master cohabilité avec l'Université Paris Nord.

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

L'équipe a une réputation internationale dans la théorie de la spectroscopie de petits systèmes, et poursuit logiquement cette thématique avec de nouveaux développements. Par exemple, on trouve dans les projets futurs la génération de spectre d'états excités, la dynamique de gros systèmes en milieu complexe ou biologique, et l'étude (structure, spectroscopie et dynamique) de systèmes faiblement liés. Les nouveaux développements méthodologiques prévus reposent sur de solides acquis de l'équipe et de réelles possibilités de collaboration (ANR, LabEx).

Un second volet (~40 % de l'ETP) concerne les axes transverses portés par l'unité - un aspect auquel l'équipe a déjà bien contribué durant la période actuelle. La participation de l'équipe aux quatre projets (COMPACT, NANOTRIBO, MIG, ISB) montre sa volonté forte de développer le caractère multi-échelle de l'unité à l'origine de sa création. L'équipe présente un projet cohérent, basé sur l'expérience acquise, et équilibré entre études de systèmes originaux avec une forte probabilité de réussite et études multi-échelle dont le succès dépendra non seulement de la contribution de l'équipe mais aussi de la synergie entre équipes.

## Conclusion

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

L'équipe jouit d'une réelle expertise et d'une très forte notoriété dans le domaine de la spectroscopie théorique avec prise en compte des divers couplages (couplage spin-orbite, effets Jahn-Teller, Renner-Teller, ...) de systèmes de taille moyenne.

Sa forte production scientifique aborde aussi d'autres thématiques qui découlent logiquement de cette assise méthodologique.

L'équipe a su étendre son champ d'activité vers des systèmes complexes de plus grande taille, ce qui lui permet de contribuer efficacement aux activités transverses de l'unité en couvrant la partie microscopique dans l'approche multi-échelle proposée au sein de l'unité.

Le futur de l'équipe paraît bien assuré.

### ▪ *Risques liés au contexte*

L'équipe va être confrontée à une transition importante liée au départ en retraite d'une de ses personnalités marquantes.

### ▪ *Recommandations*

Pour le futur, les nouveaux projets permettront sans doute d'accroître encore la visibilité de l'équipe en accédant à des journaux plus généralistes de chimie et de physique de très haute notoriété.



**Équipe 2 :** Mécanique (MECA)

**Nom du responsable :** M. Qi-Chang HE

M. Julien YVONNET (à partir du 01/09/2014)

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	19	21
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
<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>21</b>	<b>23</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	22	
Thèses soutenues	41	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
Nombre d'HDR soutenues	3	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	10



## • Appréciations détaillées

L'équipe de Mécanique est la plus importante en effectifs, avec 20 permanents (14 MCF, 5 PR, 1 émérite) et 22 doctorants. Elle a bénéficié du recrutement de 6 MCF sur la période de référence (janvier 2008 - juin 2013), et a vu deux changements en son sein (une promotion MCF-PR2 et un professeur émérite depuis octobre 2012). L'équipe a des activités de recherche réparties sur deux axes principaux : la modélisation multi-échelles et multiphysique en mécanique des matériaux, et la quantification des incertitudes en dynamique et en vibration, avec un effectif plus important pour le premier axe. Les recherches sont essentiellement dévolues à la modélisation et la simulation numérique, l'équipe s'appuyant surtout sur des collaborations externes pour la validation expérimentale.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité scientifique est très importante, et s'appuie en particulier sur le dynamisme des jeunes membres de l'équipe, un nombre important de doctorants, une alimentation des thématiques de recherche amont par des préoccupations plus finalisées en relation avec l'industrie, et une flexibilité importante dans le fonctionnement de l'équipe. La production scientifique est abondante et de très bon niveau, et reflète l'excellence de l'équipe. Les articles sont publiés majoritairement dans de bonnes et très bonnes revues de mécanique du solide et de méthodes numériques, et de façon plus minoritaire dans des revues d'application (dont matériaux, génie civil, physique). Le premier axe qui concerne la modélisation multi-échelle et multi-physique comporte un nombre important de sous-thèmes, dont la modélisation des interfaces et de leurs effets apparait comme le trait de caractère original. Le deuxième axe est historiquement plus original et porte sur l'introduction d'un formalisme probabiliste dans la modélisation de systèmes mécaniques sièges d'une variabilité importante.

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

L'équipe a intégré 6 nouveaux enseignants-chercheurs, qui renforcent les compétences déjà existantes sur les thèmes de l'équipe.

On note une forte présence de doctorants avec 41 thèses soutenues sur la période, et 22 thèses en cours, ce pour un nombre d'HDR assez modeste (8 au total) en regard des données précédentes.

L'équipe est impliquée dans de nombreux réseaux nationaux et internationaux, le LABEX MMCD ; elle participe à deux GDR (couplages multi-physiques en mécanique et gestion des déchets nucléaires). Un de ses membres a présidé l'European Association for Structural Dynamics (2008-2011).

L'équipe a organisé ou co-organisé un nombre significatif de colloques internationaux, mini-symposium et journées thématiques. Ses membres ont reçu une dizaine d'invitations à des conférences plénières.

Plusieurs membres de l'équipe ont reçu des distinctions, dont un Senior Research Price (attribué par une société savante internationale), la reconnaissance de l'auteur le plus cité dans la revue CMAME (2005-2008), une nomination membre junior de l'IUF en 2013, et deux prix de thèse.

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

L'équipe développe une activité contractuelle soutenue, qui se traduit par 9 contrats ANR dont 2 portés par des jeunes enseignants-chercheurs de l'équipe, et par un nombre important de contrats industriels avec des grands groupes (AREVA, CSTB, CEA, EDF, Faurecia, INERIS, PSA, SNCF,...). Ces contrats sont la source de financements de thèses CIFRE.

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

L'équipe fonctionne avec une flexibilité qui mobilise ses membres en fonction de leurs compétences, sans les figer sur un thème précis.

L'équipe devra gérer au mieux la transition en cours liée au départ à la retraite de deux de ses piliers, afin de maintenir la qualité scientifique des travaux menés.

Les activités expérimentales indispensables pour enrichir et valider les modélisations et simulations développées sont le fait de partenariats académiques et industriels, ce qui fait que l'équipe ne ressent pas le besoin



d'initier une activité propre dans ce registre. Les activités contractuelles sont assez fortes, mais ne se font pas au détriment de la recherche fondamentale qui garde une bonne autonomie.

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

Les membres de l'équipe sont fortement impliqués dans les responsabilités collectives au niveau de la recherche et des formations, avec notamment la vice-présidence recherche de l'Université Paris Est (2008-2012), la direction de l'École Doctorale MODES (2008-2010), des directions de Master, des responsabilités de filière.

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

Le projet se situe dans la continuité des thématiques actuelles, et ne fait pas apparaître de thème ni de projet en rupture avec le passé.

L'équipe doit faire attention à bien se positionner aux niveaux francilien, national et international pour mieux affirmer une identité originale sur des thèmes où la concurrence est forte. L'équipe devra veiller à garder et développer le volet modélisation stochastique en mécanique qui est très original et possède une très bonne visibilité internationale.

L'équipe devra également s'affirmer à cette fin sur la composante transversale pour laquelle des interactions prometteuses se développent avec les chimistes et les biomécaniciens du laboratoire ; une fraction appréciable des membres de l'équipe est engagée dans des activités transverses, mobilisant des échanges de compétences et de langage autour notamment des thèmes calcul ab initio et modélisation multi-échelle en mécanique.

L'équipe devrait, sous la houlette de son futur responsable, réfléchir à définir une identité scientifique forte et originale sur le volet des méthodes multi-échelle (qui sont sa marque de fabrique), la distinguant de ses partenaires et concurrents, et lui permettant de devenir une entité de premier rang aux niveaux national et international. Le développement des activités transverses est une opportunité de jouvence et d'ouverture des thèmes scientifiques de par la transversalité et la richesse des applications potentielles.

### Conclusion

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

L'activité de l'équipe est reconnue aux niveaux national et international, notamment sur les aspects stochastiques, son principal point fort. L'existence d'une activité contractuelle soutenue assure des ressources financières et humaines (doctorants) importantes. L'équipe dispose de membres actifs et en nombre important lui permettant de maintenir une activité scientifique importante se traduisant par de nombreuses publications dans des revues de bon standing. Le développement des activités transverses, déjà bien engagées sur la base d'un volontariat de ses membres, est porteur de travaux originaux.

#### ▪ *Points à améliorer et risques liés au contexte :*

L'équipe devra mieux se positionner à l'échelle nationale et internationale sur les aspects méthodes multi-échelle. Elle devra veiller à maintenir des collaborations en nombre suffisant afin d'enrichir les modélisations et de les valider.

#### ▪ *Recommandations :*

Il faut renforcer l'axe de recherche portant sur les méthodes stochastiques qui fait la force de l'équipe, veiller à bien définir l'originalité des recherches liées aux méthodes multi-échelle pour en affirmer le positionnement à l'échelle nationale et internationale.



**Équipe 3 :** Transfert de Chaleur et de Matière (TCM)

**Nom du responsable :** M. Eric CHENIER

**Effectifs**

<b>Effectifs de l'équipe</b>	<b>Nombre au 30/06/2013</b>	<b>Nombre au 01/01/2015</b>
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	6	6
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		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>7</b>	<b>8</b>

<b>Effectifs de l'équipe</b>	<b>Nombre au 30/06/2013</b>	<b>Nombre au 01/01/2015</b>
Doctorants	4	
Thèses soutenues	9	
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	4



## • Appréciations détaillées

La période 2008-2013 sur laquelle porte l'évaluation de l'activité du MSME a été marquée au sein de l'équipe TCM par plusieurs départs de chercheurs d'excellent niveau qui n'ont été que partiellement compensés par l'arrivée d'un jeune maître de conférences. L'effectif total de l'équipe, en intégrant les doctorants, a à peine été maintenu. La stagnation des effectifs est, en partie, due à une répartition déséquilibrée des moyens humains disponibles entre les équipes.

L'équipe TCM s'intéresse aux transferts thermiques dans les fluides, en régimes de convection naturelle, mixte ou forcée, associés à des échanges par rayonnement ou à des transferts de matière, à d'éventuels changements de phase. Elle porte une attention particulière aux instabilités thermoconvectives et thermosolutales. Plus récemment, elle s'est intéressée à la convection forcée des gaz dans les microconduites, à l'interaction gaz-paroi en dynamique moléculaire (micro voire nano fluide), en collaboration avec l'équipe de chimie théorique, dans le cadre d'un projet transversal. Ses travaux sont essentiellement théoriques, de modélisation et simulation numérique ; elle a obtenu des résultats significatifs sur la mise au point de méthodes numériques performantes.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique est bonne et les revues à comité de lecture où paraissent les articles sont de très bon niveau international. Même si le rapport entre le nombre de publications et celui des chercheurs, en équivalents temps plein, est un peu moins important que celui des autres équipes du MSME, il reste très favorable en comparaison avec les autres équipes nationales de thermique. Les activités de développement de méthodologies numériques originales ont permis la publication de plusieurs articles dans des revues internationales sur des schémas numériques, quelquefois avec des partenaires comme EDF R&D. Ces activités autour de simulations en maillages non structurés sont bien sûr à pérenniser en collaboration, mais aussi à développer en interne. Le domaine des méthodologies numériques innovantes est en mutation avec l'apparition de nouvelles méthodes (mimetic, DEC, ...). Les compétences actuelles sur cette thématique pourraient permettre une transition facile.

La modélisation multi-échelle du couplage fluide-structure en milieux micro-poreux initiée dans l'équipe fait partie des thèmes transversaux développés par le laboratoire MSME. Les actions menées ont d'ores et déjà porté leurs fruits avec des publications communes. Il convient d'examiner maintenant quel serait le leadership de TCM par rapport aux nombreux laboratoires nationaux œuvrant dans le domaine de la microfluidique, et qui disposent de moyens importants et d'expériences déjà montées. La collaboration avec les autres équipes de MSME pourrait permettre une réelle émergence par rapport à ces autres laboratoires, en associant milieu continu et dynamique moléculaire mais aussi en intégrant bien d'autres aspects des écoulements en micro-canaux : phénomènes de compression, de dissipation, de tension de surface pour des écoulements diphasiques avec changement de phase et réactions chimiques, etc. L'équipe TCM, en association avec d'autres équipes de MSME, pourrait appréhender l'ensemble des phénomènes présents en microfluidique. La restriction à seulement certains de ces aspects serait insuffisante pour garantir une véritable émergence de ce thème, y compris à l'échelle nationale.

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

L'équipe TCM est membre de la « Fédération francilienne de transfert de masse et de chaleur » et a participé à un important projet du Programme Interdisciplinaire Energie du CNRS ; l'équipe est membre du GDR-Réseau AMETH ; 54 % de ses publications sont en concertation nationale et 16 % en concertation internationale.

Néanmoins, l'attractivité et le rayonnement de l'équipe TCM sont probablement ses points faibles. L'équipe doit maintenir une place naturelle au sein de la communauté francilienne de thermique et dynamiser ses thèmes de recherche pour favoriser l'attrait de chercheurs, doctorants et étudiants. Les causes du manque d'attractivité du laboratoire MSME sur les thèmes de recherche de TCM sont multiples et seraient à analyser en interne de manière à retrouver une dynamique favorable. Le départ en 2014 du fondateur du laboratoire MSNPT à Marne-la-Vallée, rebaptisé LETEM en 2000, responsable de l'équipe TCM jusqu'en 2013, va précipiter les choix et les stratégies scientifiques à adopter pour ce prochain contrat quinquennal. Cet enseignant-chercheur occupe une place importante au sein de la communauté scientifique nationale et internationale ; son remplacement au sein du laboratoire devra être assuré avec beaucoup d'attention.

Les commentaires et recommandations contenus dans le rapport de l'AERES de 2008 dans le domaine du rayonnement scientifique ont malgré tout été pris en compte. Notamment, le manque de collaborations internationales noté par le précédent comité d'évaluation a été comblé par de nombreuses collaborations et déplacements en Chine, au Vietnam, en Italie, ... principalement par l'ancien responsable de l'équipe.



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

Dans un domaine scientifique où les relations avec le monde industriel sont importantes, l'activité contractuelle de TCM est modérée : une convention CIFRE avec EDF, un contrat avec EADS-Airbus et un avec le Centre Technique des Matériaux Naturels et de la Construction ; cela représente un bon tiers de son financement. L'équipe est susceptible d'améliorer cette performance.

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

Avec 9 thèses soutenues lors du contrat précédent, 3 thèses en cours pour 2 HDR, l'activité de formation par la recherche est modeste, mais de qualité. Les docteurs se placent correctement : plus de la moitié dans l'industrie et les autres dans l'enseignement supérieur. L'équipe a, en outre, en responsabilité la spécialité « Dynamique des fluides, phénomènes de transfert, énergétique » du Master « Sciences de la Matière » de l'UPEM et participe régulièrement à l'École thématique du CNRS « Mécanique des Fluides numérique ».

L'effort sur la formalisation de l'encadrement par la soutenance d'HDR a été entendu par l'actuel responsable d'équipe de TCM. Cet effort est encore à poursuivre.

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

Les stratégies scientifiques adoptées pour ces prochaines années seront au cœur de la redynamisation de l'équipe TCM. Les transferts convectifs avec et sans rayonnement et turbulence représentent une activité historique de l'équipe comme c'est d'ailleurs le cas pour beaucoup d'autres en France. Deux éléments justifient de mener, par exemple, des études de convection naturelle : le partenariat avec un industriel vraiment engagé sur un problème d'intérêt majeur pour l'entreprise ou bien un défi scientifique important que seule l'équipe est en mesure de relever. La multiplicité des équipes qui mènent des simulations, avec des moyens importants et tous types d'outils numériques, justifierait de compléter ces simulations par des expériences en interne, afin de se démarquer de ces équipes, de ne plus dépendre exclusivement d'équipes extérieures pour la validation et favoriser ainsi la publication dans d'excellents journaux. La volonté de s'intéresser aux changements de phase est à soutenir. L'étude des écoulements et transferts de chaleur dans les micro et nano systèmes est une opportunité d'avenir pour l'équipe. Mais sur tous ces thèmes, celle-ci doit se positionner par rapport aux autres laboratoires franciliens et nationaux.

## Conclusion

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

La production scientifique est bonne et les revues à comité de lecture où paraissent les articles sont de très bon niveau international.

L'équipe a de bonnes compétences sur des méthodologies numériques innovantes.

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

L'équipe TCM, de petite taille, connaît une transition forte et délicate, qui lui impose des choix scientifiques marquant une évolution de son activité. Elle devra être renforcée.

### ▪ *Recommandations*

L'équipe TCM doit préciser ses alliances et mieux afficher ses originalités.

Envisager des études expérimentales pour qualifier ses modèles et ses codes serait judicieux.

La thermique est un domaine où les verrous scientifiques et technologiques sont nombreux et où les relations industrielles sont essentielles. TCM doit développer ces relations industrielles.



**Équipe 4 :** Biomécanique (BIOMECA)

**Nom du responsable :** M. Thibault LEMAIRE

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	6	8
<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)	3 (1,3)	3 (1,3)
<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>10</b>	<b>12</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	5	
Thèses soutenues	3	
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	5	5



## • Appréciations détaillées

L'équipe BIOMECA a été rattachée en 2010 à l'unité ; elle s'inscrit dans une dynamique très forte depuis son intégration, avec une croissance en effectif prévue en 2014, et un effectif assez jeune. Cette équipe qui a récemment changé de responsable aborde la mécanique du vivant dans un contexte intrinsèquement pluridisciplinaire, et développe des approches de modélisation multi-échelles selon deux axes principaux : la caractérisation des tissus vivants et la mécanique de la croissance, du remodelage et de la réparation des tissus vivants. L'équipe va chercher les compétences nécessaires qui ne sont pas les siennes par des collaborations locales, nationales et internationales ; cela vaut surtout pour les aspects biologiques et cliniques, pour lesquels elle dispose des compétences nécessaires à Créteil. Un des points forts est lié à la transversalité des activités, qui lui permet de bénéficier des compétences des chimistes du Laboratoire pour les aspects moléculaires, de biologistes pour les aspects cellulaires, et des mécaniciens pour les aspects stochastiques et multi-échelles.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité scientifique est importante, les publications étant partagées de façon sensiblement égale entre des revues de mécanique et des revues spécialisées. La participation d'un quart d'auteurs étrangers dans les travaux reflète l'aspect collaboratif de l'équipe et la participation à des réseaux, qui caractérise bien sa stratégie.

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

L'équipe participe à plusieurs réseaux nationaux et internationaux et au LABEX MMC ; elle participe à quatre GDR (Biomécanique des fluides et des transferts, Mécanotransduction, STIC-Santé, Mécabio).

L'équipe a participé à un nombre important de congrès internationaux sur la période, et ses membres ont reçu de nombreuses invitations à des conférences nationales et internationales.

Plusieurs membres de l'équipe ont reçu des distinctions, dont un oral de l'ERC Starting Grants (2010 et 2012) et un prix du concours National de Création d'entreprise de technologies innovantes.

On note un nombre de thèses soutenues (3) et de thèses en cours (5) assez modeste, lié à la difficulté de trouver des supports, notamment de type industriel. Ces chiffres sont à mettre en regard du nombre sensiblement équivalent d'HDR soutenues sur la période (3).

Les membres de l'équipe sont très présents dans les comités d'édition de revues spécialisées en Biomécanique.

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

L'équipe développe une activité contractuelle soutenue, avec 3 contrats ANR, une bourse DGA, 5 financements privés, 2 programmes internationaux, et 30 supports locaux obtenus sur appels d'offre. Elle bénéficie des soutiens du LABEX, ce qui lui permet jusqu'à présent de ne pas avoir de besoins importants en soutiens sur contrats privés pour assurer son fonctionnement.

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

L'équipe située sur le site de Créteil fonctionne de façon très transversale, avec l'implication de quatre de ses membres dans des activités transverses, la moitié des publications étant réalisées en collaboration avec au moins une autre équipe. Le projet transverse MARTO mobilise les quatre équipes du Laboratoire sur les aspects de remodelage osseux. Près de la moitié des publications sont cosignées par des partenaires d'autres Laboratoires en France.

L'équipe est bien entourée dans son environnement local pour les activités cliniques et biologiques, qui sont réalisées par les partenaires cliniques et biologistes situés à Créteil.

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

Les membres de l'équipe sont fortement impliqués dans les enseignements aux niveaux licence (Sciences de l'Ingénieur, UPEC), master (dont Sciences pour l'ingénieur, UPEC) et doctorat. Ils ont des responsabilités dans le pilotage des formations (notamment la mise en place de l'École Supérieure d'Ingénieurs de Paris Est Créteil, la présidence de la commission des statuts de l'UPEC, la direction de l'IUFM de Créteil).



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

Le projet est dans la poursuite des activités engagées, et se veut en phase avec les préoccupations de la communauté internationale en Biomécanique ; il porte d'une part sur la description et la compréhension du caractère multi-physique du vivant, et d'autre part sur la description des processus de comportement aux différents niveaux structurels. L'analyse des phénomènes responsables de l'adaptation osseuse constitue à l'évidence le point fort de l'équipe, pour lequel les avancées réalisées sont déjà significatives, et les potentialités de développement importantes. L'équipe bénéficiera du recrutement de deux nouveaux membres, ce qui devrait accroître sa présence sur les scènes nationale et internationale.

L'équipe prévoit d'intégrer davantage les aspects stochastiques dans les modélisations, et bénéficiera, par là même, des compétences fortes de l'équipe mécanique de l'unité. Elle renforcera ce faisant son originalité et sa transversalité, cette dernière étant déjà bien marquée. La variabilité statistique des propriétés mécaniques devra être mise en regard des mécanismes physiologiques et biologiques sous-jacents.

Les visées thérapeutiques envisagées sont louables, le développement d'un outil d'évaluation de l'ostéo-intégration en collaboration avec des chirurgiens-dentistes constituant un débouché naturel des travaux développés en mécano-biologie osseuse.

## Conclusion

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

L'équipe a su monter en puissance dans son domaine grâce, notamment, à l'arrivée de nouveaux membres, et a bien réussi son intégration au Laboratoire. Elle bénéficie d'un contexte collaboratif favorable, qui assure notamment le support clinique, biologique et médical nécessaire sur le même site, et par la participation à des réseaux aux échelles nationale et internationale. L'essentiel des activités est naturellement mené de façon transverse au sein du Laboratoire. Le thème principal de l'équipe, qui porte sur le remodelage et la croissance des tissus osseux (projet MARTO), est très ambitieux et associe les quatre équipes du MSME. L'apport de compétences en chimie, en mécanique stochastique et multi-échelle sont deux points forts que l'équipe doit cultiver dans l'avenir.

### ▪ *Points à améliorer et risques liés au contexte :*

L'équipe reste sous-critique en termes de nombre de doctorants, et il est donc important de garder un centrage de ses activités sur ses points forts où la complexité est déjà suffisamment grande. L'intention d'aborder la mécano-biologie des tissus osseux dans une approche multi-échelle et multi-physique est ambitieuse, mais demande une validation des différentes étapes. L'équipe devra veiller à renforcer l'aspect contractuel, afin notamment de pouvoir assurer les moyens humains nécessaires à son fonctionnement dans un contexte où l'expérimentation et les tâches de simulation numériques jouent un rôle important.

### ▪ *Recommandations :*

L'équipe BIOMECA doit poursuivre l'intégration des compétences transverses issues notamment de l'équipe MECA pour ce qui est des techniques multi-échelles et des aspects stochastiques, qui sont deux éléments importants en mécanique du vivant. Elle doit veiller à maintenir des finances suffisantes pour augmenter le nombre de doctorants nécessaires à l'extension prévue des activités.



## 4-bis • Les thèmes transversaux

Pour favoriser les synergies entre les équipes, le laboratoire MSME a développé une politique de transversalité assez remarquable. Deux thématiques transversales ont été mises en place dès le début du précédent contrat avec un réel succès. La première thématique, TT1 : « Transferts et couplages dans les systèmes et biomatériaux micro et nano poreux » comprend deux projets : « Modélisation multi-échelle du couplage fluide-structure en milieux micro poreux » et « Mécanotransduction de l'adaptation et du remodelage des tissus osseux (MARTO) ». La seconde, TT2 : « Couplages électromagnétiques dans les matériaux ioniques nanostructurés » a développé le projet « Modélisation numérique multi-échelles des nanofils piezoélectriques ».

### • Appréciations détaillées

Les projets transversaux ont pour objectif de fédérer les activités du laboratoire autour de méthodologies et de méthodes de calcul communes aux équipes ; ils sont animés par un responsable de la transversalité qui chapeaute les responsables de projet. Les deux thématiques transversales (couplages électromécaniques dans les matériaux ioniques nano structurés et transfert et couplage dans les systèmes et biomatériaux micro et nano poreux) sont portées par un nombre significatif de permanents du laboratoire, représentant des taux compris entre 30 et 50% selon les équipes.

Le projet transverse « modélisation numérique multi-échelle des nano-fils piézoélectriques » met en œuvre une synergie intéressante entre les compétences de l'équipe Chimie Théorique pour identifier des paramètres de surface des nanofils dans un modèle continu prenant en compte les effets de surface. Le projet « Mécano-transduction de l'adaptation et du remodelage des tissus osseux » associe les 4 équipes du laboratoire et le projet « modélisation multi-échelle du couplage fluide-structure en milieux microporeux » associe les équipes TCM, CT et MECA ; il est empreint d'un véritable caractère multi-échelle, avec des calculs *ab initio* à l'échelle atomique, qui conduisent in fine à l'écriture d'un modèle de Darcy de l'écoulement du milieu poreux par homogénéisation.

Les projets transverses sont supportés par un budget issu de sources diverses (quart du récurrent, projet ANR, réseau franco-canadien, PPS, BQR), et ils s'accompagnent d'une structuration et d'un environnement spécifique qui est globalement bien adapté (missions spécifiques, séminaires propres, animation, équipements informatiques) ; ils ont donné lieu à des publications communes aux équipes, en nombre encore insuffisant (17 sur la période) en regard des forces humaines qu'ils mobilisent.

Globalement, les projets transverses constituent une richesse et une force pour le Laboratoire, car ils mobilisent des compétences transdisciplinaires des équipes et sont la source de travaux originaux.

Pour la période contractuelle à venir, les thématiques et projets sont en continuité avec les précédents et c'est bien ainsi.

TT1 prend le nom « Interfaces, surfaces et changements d'échelles dans les matériaux nano structurés ». Le projet 1 : « Couplages multi-physiques et changements d'échelles dans les nano structures et matériaux nano structurés pour les systèmes de capteurs et de récupération d'énergie (COMPACT) » est la suite du projet NANOFILS et se préoccupe plus des applications potentielles. Enfin, le projet 2 est nouveau et exploratoire : « Modélisation et simulation multi-échelle de phénomènes nano tribologiques ». Il correspond bien aux compétences des équipes CT et MECA.

TT2 prend le nom « Transports et interactions multi-échelle dans les matériaux ». Le projet 1 : « Modélisations atomistiques et moléculaires des collisions gaz-parois et simulations numériques d'écoulements dans les micro conduites (MIG) » est un approfondissement du précédent projet. Le projet 2 : « Interactions dans les systèmes biologiques (ISB) » est la deuxième phase du projet Marto.



## Conclusion

Les projets transversaux constituent une véritable plus-value pour le laboratoire. Ils permettent naturellement un rapprochement des équipes dont les cultures scientifiques sont différentes et consolident ainsi le laboratoire. Mais en plus, la mise en commun de compétences très différentes mais complémentaires permet une observation et une modélisation de la matière à différentes échelles, source de résultats tout à fait originaux.

Les différentes équipes doivent poursuivre l'approfondissement de leurs travaux et compétences propres et les projets transversaux, indispensables, ne doivent pas prendre trop de place. L'équilibre actuel semble bon.

Il conviendra que les modélisations et simulations numériques soient confortées, validées, par des expériences, soit en interne (c'est souhaitable chaque fois que possible), soit par des collaborations judicieusement choisies.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : jeudi 16 janvier 2014 à 8h45  
Fin : vendredi 17 janvier 2014 à 16h30

Lieux de la visite : Salle n° 20 bis au 3<sup>ème</sup> étage du bâtiment Lavoisier

Institution : Université Paris Est Marne la Vallée

Adresse : Cité Descartes, rue Galilée Champs sur Marne

### Locaux spécifiques visités

Bibliothèque (plateaux K et L) pour l'exposition d'affiches.

### Déroulement ou programme de visite

La première demi-journée a été consacrée à un exposé très complet sur le bilan et le projet de MSME par son directeur, suivi d'une discussion puis des exposés scientifiques (bilan et perspectives) des équipes Chimie Théorique et Transfert de Chaleur et de Masse, accompagnées de discussions. Chaque exposé comportait une présentation sur un sujet de recherche particulier.

La seconde demi-journée a débuté par une présentation d'affiches sur les thèmes de recherche principaux du laboratoire. Ensuite, ce sont les équipes Mécanique et Biomécanique qui ont fait leur présentation.

Le comité d'experts a rencontré le directeur de l'École Doctorale SIE : Sciences, Ingénierie, Environnement et la journée s'est terminée par une rencontre avec les doctorants, puis par une réunion à huis clos du comité d'experts.

La troisième demi-journée a débuté par une réunion à huis clos, suivie d'exposés sur la politique de recherches transversales du laboratoire et sur trois projets transversaux précis (bilans et perspectives). Elle a ensuite été consacrée à des rencontres, avec les personnels administratifs et techniques, puis avec les enseignants-chercheurs et chercheurs.

La quatrième et dernière demi-journée, plus courte, a permis un échange approfondi avec le directeur et la directrice adjointe de MSME puis avec les tutelles. Elle s'est terminée par une réunion à huis clos du comité d'experts.

Le comité d'experts a été remarquablement reçu ; il a disposé d'un rapport écrit bien documenté, de documents de présentation clairs et utiles et de réponses adaptées à ses diverses demandes d'informations complémentaires. La rigueur de l'organisation et la qualité des échanges sont à souligner.



## 6 • Observations générales des tutelles



**Rapport d'évaluation AERES**  
**S2PUR150008272 - Modélisation et Simulation Multi Echelle - 0772502B**

**Observations de portée générale**

Le Laboratoire MSME et ses tutelles tiennent à remercier le Comité d'experts pour la qualité et la pertinence de son rapport dont les avis et recommandations seront très utiles pour nos futures activités.

Certains points généraux du rapport nous conduisent à apporter les quelques compléments suivants :

Le Comité recommande de réfléchir au développement de quelques activités expérimentales. Sciemment MSME a fait le choix depuis sa création et dans son projet pour le prochain contrat de ne pas développer une activité expérimentale qui demanderait des moyens humains accrus en BIATSS, des surfaces supplémentaires et des crédits bien plus importants que ce que nos tutelles et nos partenaires ne pourraient nous apporter. Néanmoins, cette activité expérimentale n'est pas négligée. Comme le souligne le rapport, elle provient de partenariats extérieurs mais pas exclusivement. En propre, pour la qualification de certains résultats, CT utilise un grand instrument (SOLEIL), les équipes MECA et BIOMECA développent des expérimentations légères.

Dans la section 3 (Appréciations détaillées, page 7), de l'appréciation générale du laboratoire, nous tenons à souligner l'investissement important des membres de MSME dans les Sociétés Savantes, telles que la Société Chimique de France, l'Association Française de Mécanique, la Société Française de Thermique et la Société Française d'Acoustique.

Concernant les appréciations détaillées sur l'activité de l'équipe BIOMECA, si le comité a bien su apprécier la capacité de l'équipe à projeter la portée de ses travaux via une démarche volontairement transversale et collaborative, à hauteur de la moitié de son activité en termes de production d'articles comme indiqué dans le rapport, il nous apparaît toutefois important de ne pas occulter les activités propres à l'équipe, notamment en termes de caractérisation multi-échelle du tissu osseux et de modélisation multiphysique de la mécanotransduction osseuse, activités portées uniquement par des membres de l'équipe et qui fondent une grande part de son identité et de ses renommées nationale et internationale.

Le directeur du laboratoire MSME

S. Naiti

Luc Hittinger  
Président de l'UPEC

Gilles Roussel  
Président de l'UPEM