



**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. 2009, Université Paris-Est Marne-La-Vallée - UPEM, Université Paris-Est Créteil Val de Marne - UPEC. hceres-02033088

**HAL Id: hceres-02033088**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033088v1>**

Submitted on 20 Feb 2019

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

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



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

Section des Unités de recherche

Rapport d'évaluation :

Unité de recherche :

Laboratoire Modélisation

et Simulation Multi-Echelle

de l'UNIVERSITE PARIS-EST MARNE-LA-VALLEE



Mars 2009



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

Section des Unités de recherche

# Rapport d'évaluation

Unité de recherche

Laboratoire Modélisation et Simulation

Multi-Echelle

de l'Université Paris-Est

Marne-La-Vallée



Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

mars 2009



# Rapport d'évaluation



## L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : LABORATOIRE MODELISATION ET SIMULATION MULTI-ECHELLE

Label demandé : UMR CNRS

N° si renouvellement : FRE 3160

Nom du directeur : M. Christian SOIZE

## Université principale :

Université Paris-Est Marne-la-Vallée

## Autres établissements et organismes de rattachement :

CNRS

Université Paris 12 Val-de-Marne

## Dates de la visite :

23 & 24 Février 2009



# Membres du comité d'évaluation

## Président :

M. André DRAGON, LMPM Futuroscope

## Experts :

M. Mejdî AZAIEZ, ENSCP Bordeaux

M. Patrick CHABRAND, Université Aix-Marseille 2

M. Benoît CHAMPAGNE, FUNDP Namur (absent excusé)

M. Géry DE SAXCE, Université Lille 1

M. Dominique JEULIN, Ecole des Mines de Paris

M. Claude LEFORESTIER, Université Montpellier 2

M. Denis MAILLET, INP Lorraine

M. Stéphane ROUX, L.M.T. Cachan

# Observateurs

## Délégué scientifique de l'AERES :

M. Alain MERLEN

## Représentants :

M. Philippe BOMPARD (CNRS)

M. Francis GODARD (UPEMLV)

M. Luc HITTINGER (U Paris 12)

M. Moussa HOUMMADY (CNRS)

M. Francis SECHERESSE (CNRS)

M. Denis VEYNANTE (CNRS)

# Rapport d'évaluation



## 1 • Présentation succincte de l'unité

L'Unité comptera dans la prochaine période 36 enseignants-chercheurs (EC), dont 14 Professeurs et 22 Maîtres de Conférences, 2 Ingénieurs de Recherche, 1 personne-responsable administrative + 0,5 à Créteil, 1 personne-support technique, equ. 0,5 à Créteil.

Nombre des thèses soutenues pendant la période de référence : 46 thèses ; durée moyenne de préparation 3,3 ans (thèses dirigées ou co-dirigées par des membres de l'Unité).

Par rapport au nombre des enseignants-chercheurs permanents comptés pour le bilan (29 EC dont 12 Pr), on compte 30 permanents publiants (les 29 EC + 1 ingénieur de Rech.).

## 2 • Déroulement de l'évaluation

La visite d'évaluation a eu lieu les 23 et 24 février 2009 dans les locaux du Laboratoire (Cité Descartes, Champs-sur-Marne) ; le programme de la visite avait été conçu pour la durée effective de une journée et demie.

L'après-midi du 23 février a été consacré à la présentation générale du Laboratoire MSME par son Directeur et à la présentation de deux équipes, celle de Chimie Théorique (CT) et celle de Transferts de Chaleur et de Matière (TCM). Les deux autres équipes, celle de Mécanique (MECA) et celle de Biomécanique (BIOMECA) - cette dernière en cours d'intégration dans l'Unité - , ont présenté leurs activités le lendemain matin.

Ces présentations orales ont été toutes structurées autour des pôles 'bilan' et 'projet'. Les exposés d'équipes ont été présentés en binômes : un exposé long (projet-bilan) par un responsable et un exposé court par un jeune chercheur présentant un thème marquant sous forme proche d'une communication scientifique à un colloque. Le Comité a bien apprécié cette formule car elle a permis d'embrasser les aspects relevant de l'organisation et la stratégie scientifiques tout en donnant accès au fond de certaines thématiques. Cette formule a aussi facilité les discussions qui ont été bien nourries et riches sur le plan scientifique.

L'ensemble des présentations évoquées représente un complément éclairant des documents écrits, eux aussi structurés en deux parties : (1) Bilan scientifique, (2) Projet. Ces documents donnent une vision homogène, à la fois globale et par équipe, de la politique scientifique, de la production quantitative, des thématiques scientifiques et de la stratégie à court et moyen terme de l'Unité créée par une fusion récente de 3 anciens laboratoires qui, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, forment les 3 équipes (CT, MECA, TCM) du Laboratoire MSME.

Il est indispensable d'évoquer d'emblée dans ce rapport cette genèse et la jeunesse de l'Unité MSME pour comprendre ce qui fait la force de consolidation du laboratoire, exposée ainsi dans le programme de la visite et dans les documents fournis, à savoir les 4 projets transversaux qui ont été mis en avant dans la deuxième partie de la matinée du 24 février. Ces projets, communs à différentes équipes, sont essentiels pour forger l'identité même du Laboratoire dans sa richesse interdisciplinaire et dans la synergie des compétences mises en œuvre. Là, encore, les présentations en binôme de chaque projet ont permis au Comité d'avoir une vision assez complète, approfondie encore par des échanges vifs, pertinents et féconds.

Le Comité tient à remercier les membres du Laboratoire de s'y prêter et d'avoir ainsi permis un vrai débat scientifique et une discussion sur les aspects stratégiques et le positionnement du Laboratoire dans le contexte national et international des thématiques concernées.

L'après-midi du 24 février a été consacré aux rencontres avec les différentes catégories du personnel (doctorants, responsable administrative, ingénieurs de recherche, enseignants-chercheurs), aux discussions à huis clos avec les tutelles et à la réunion de récapitulation (à huis clos) du Comité.

Le Comité a particulièrement apprécié l'effort d'organisation, d'accueil, la disponibilité et la qualité des échanges de la part de la Direction et l'ensemble des personnes de l'Unité.



### 3 • Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

Comme ceci a été mentionné plus haut, l'Unité MSME a pris naissance le 1er janvier 2008 suite à une fusion des trois laboratoires de l'Université de Marne-la-Vallée : EA 2180-Chimie Théorique, EA 2545-Mécanique et EA 2446-Transferts d'Energie et de Matière. La nouvelle unité ainsi formée porte un label du CNRS : FRE 3160. Les trois groupes deviennent équipes du MSME, désignées par les sigles introduits plus haut (point 1) : CT, MECA, TCM.

A la suite de l'éclatement du Laboratoire B2OA-Biomécanique et Biomatériaux Ostéo-Articulaires, UMR CNRS 7052 de l'Université Paris 7 (établissements associés : Paris 12 et Paris 13) - éclatement avalisé par l'évaluation AERES de février 2008 -, une partie de ce laboratoire dépendant de Paris 12 et de la 60e section CNU a entamé son intégration au Laboratoire MSME. C'est une équipe dénommée Biomécanique (BIOMECA), dont l'intégration doit formellement être accomplie au 1er janvier 2010. La création du PRES-Université Paris-Est dont les universités de Paris-Est Marne-la-Vallée et de Paris 12 sont des établissements fondateurs, facilite ce rapprochement. L'équipe BIOMECA est pour le moment physiquement localisée à Créteil. Les équipes MECA/MSME et BIOMECA travaillent déjà ensemble, depuis 2007, dans le cadre d'un projet ANR.

La présente évaluation de l'Unité MSME - créée le 1er janvier 2008 -, concerne donc pour la partie 'bilan' les activités de la période 2004-2008 (quatre ans et demi) des 3 équipes autonomes CT, MECA et TCM et leurs programmes communs (transversaux) plus récents. Pour la partie 'projet 2010-2013' cette évaluation englobe l'Unité MSME composée des 4 équipes, à savoir les 3 équipes précitées et l'équipe BIOMECA. Ceci s'exprime, entre autres, par un projet transversal nouveau (projet dit 'MARTO' sur le comportement des tissus osseux impliquant l'ensemble des 4 équipes).

Une fois ces repères posés, nous recensons ci-dessous, pour une meilleure lisibilité de la suite de ce rapport, les principales thématiques portées par les composantes du Laboratoire ainsi que les thématiques communes. Nous mentionnons aussi les effectifs des équipes (au 1er octobre 2008).

*Thématiques dites 'verticales' (propres aux équipes concernées) :*

**Chimie Théorique (7 EC dont 3 Pr, 2IR, 1Pr Em, 1 ATER ; 6 thèses en cours)**

- Détermination des structures électroniques
- Etats liés et spectroscopie
- Phénomènes dépendant du temps, dynamique moléculaire

**Mécanique (14 EC dont 5 Pr, 1 ATER ; 35 thèses en cours)**

- Modélisation et simulation multi-échelle et multi-physique en mécanique des matériaux
- Modélisation, simulation et incertitudes en dynamique et vibrations des structures et des systèmes couplés

**Transferts de Chaleur et de Matière (7 EC dont 3 Pr, 2 ATER ; 3 thèses en cours)**

- Transferts de chaleur et de matière dans les milieux poreux et dans les fluides newtoniens

**Biomécanique (pour le Projet) (7 EC dont 3 Pr ; 3 thèses en cours)**

- Mécanique de l'adaptation, du remodelage et de la croissance des tissus vivants : mécano-transduction
- Caractérisation des tissus vivants

*Thématiques transversales (réunissant plusieurs équipes) :*

- Transferts et couplages dans les systèmes (et biomatériaux pour le Projet) micro et nanoporeux
- Couplages électromécaniques dans les matériaux ioniques nanostructurés

Selon les documents fournis, le rapport quantitatif moyen entre les activités propres aux équipes et les activités transversales des permanents statutaires pour l'ensemble de l'Unité est 77,5 %/22,5 %.



Dans la perspective proche de l'intégration de l'équipe BIOMECA et en dehors des recrutements prévus au 1<sup>er</sup> octobre 2009, l'Unité comptera 36 enseignants-chercheurs (EC), dont 14 Professeurs et 22 Maîtres de Conférences, 2 Ingénieurs de Recherche, 1 personne-responsable administrative + 0,5 à Créteil, 1 personne-support technique, equ. 0,5 à Créteil. La pyramide des âges est assez rassurante : un pic dans l'intervalle 30-34 ans, la moyenne de 42,5 ans. Le nombre des thèses soutenues pendant la période de référence est significatif : 46 thèses ; durée moyenne de préparation 3,3 ans (thèses dirigées ou co-dirigées par des membres de l'Unité).

Par rapport au nombre des enseignants-chercheurs permanents comptés pour le bilan (29 EC dont 12 Pr), on compte 30 permanents publiants (les 29 EC + 1 ingénieur de Rech.).

La production scientifique des trois groupes concernés par le bilan est bien satisfaisante : 2,2 articles dans des revues à comité de lecture (RCL) répertoriées dans ISI Web of Knowledge par EC, par an ; le total des publications référencées AERES (revues, actes de congrès,...) est 6,0/EC/an. On compte 293 articles RCL/ISI Web pour les 3 équipes concernées pour la période de référence. Sur le plan qualitatif, les publications citées dans le bilan sont de bon niveau ; elles sont parues dans des revues internationales de qualité et présentées à des congrès et colloques à forte renommée.

Le positionnement de l'Unité dans de différents réseaux nationaux concerne les structures suivantes :

- "Réseau National de Chimie Théorique" porté par l'équipe CT, une vingtaine de laboratoires universitaires/organismes
- FED 10 "Institut Navier" regroupant des UR de l'ENPC, du LCPC et de UPEMLV
- FR 2609 (F2M-msp) CNRS "Fédération francilienne de mécanique des matériaux, structures et procédés", 14 unités de recherche de 10 établissements et 4 organismes
- GIS MR-GenCi "Maîtrise des risques en génie civil" regroupant 4 organismes de recherche, 9 établissements d'enseignement supérieur et 10 entreprises
- "Structure Fédérative de Recherche TMC" regroupant toutes les équipes de recherche de l'est et du sud francilien dans le domaine des transferts thermiques
- "Institut Carnot VITRES"
- "Pôle de compétitivité ADVANCITY : Ville et Mobilité Durable"
- MSME fait partie via MLV du PRES "Université Paris-Est"

A cette liste s'ajoutent des collaborations universitaires hors réseaux ; le bilan évoque 40 collaborations identifiées avec des universités et/ou écoles et des organismes de recherche (CNRS, CEA,...) en France.

Le positionnement dans des réseaux internationaux est résumé ci-dessous :

- Programmes internationaux avec les MESR algérien et tunisien
- Partenariat Hubert Curien Barrande avec la république Tchèque
- Programme de coopération internationale avec l'Espagne et la Tunisie
- Programme MDU et CMEP France-Algérie "Risques sismiques et fiabilité"
- Projet Riscov France-Venezuela "Risques des Constructions et Vulnérabilité"
- Réseau Risques Naturels (Algérie) d'institutions universitaires et techniques
- Programme Capes-Cofecub avec l'Université de la PUC Rio du Brésil
- PAI Amadeus avec l'Université d'Innsbruck (Autriche)

Le bilan évoque - parmi les programmes nationaux -, 5 programmes ANR et deux programmes pluri-formations : l'un sur un programme commun du secteur SPI de l'UPEMLV et l'autre sur les instabilités des écoulements thermoconvectifs avec les universités Paris 6 et Paris 11. On dénombre 38 contrats privés sur la période de référence avec AIRBUS, CEA, EDF, Turboméca, Saint-Gobain, etc...

Ce bilan est assez imposant d'autant plus que les membres de l'Unité sont très fortement impliqués dans les formations universitaires (licences, masters, Ecole d'Ingénieurs 2000,...). Cinq formations sont actuellement portées par le Laboratoire ce qui induit des charges pédagogiques et administratives très lourdes. Plusieurs personnes s'acquittent de fonctions majeures : vice-présidence recherche de l'UPE MLV, direction d'une Ecole Doctorale, direction adjointe d'une Ecole d'Ingénieurs, direction d'une plate-forme technologique, direction de l'Institut Chimie du CNRS, etc...





La fusion qui a donné lieu à l'Unité MSME est une construction audacieuse. Elle est fondée sur de bonnes bases et sa poursuite repose sur un projet comportant des sujets de recherche innovants et interdisciplinaires ayant en vue des « modèles de prévision et d'optimisation de processus élémentaires qui influent sur le comportement et les fluctuations des processus globaux » (cit., p.4-projet).

La construction mentionnée plus haut se poursuit via les projets transversaux et l'intégration de la composante BIOMECA. En anticipant une analyse plus approfondie concernant les équipes et les projets (chapitre 3) quelques remarques s'imposent concernant la stratégie en cours et le profil thématique du Laboratoire.

#### Stratégie de construction :

Les atouts énumérés dans le projet (page 4) sont considérables. Il est en même temps manifeste que les cultures scientifiques, les pratiques quotidiennes, le nombre de thèses ou des contrats industriels des différentes équipes les distinguent assez fortement. Dans ce contexte, la stratégie mise en œuvre par une pratique volontariste de projets transversaux est une excellente manière de forger l'unité du Laboratoire. L'élaboration de ces projets, la définition de leur contour, l'implication forte (20 à 30%) des différentes équipes est exemplaire. La mise en commun d'une partie des dotations pour assister cette refondation est également un levier très bien utilisé. Il semble que cette réunion recueille l'adhésion de tous. Il convient de féliciter tout le personnel du Laboratoire et au premier chef sa direction pour cette gestion.

#### Profil de l'Unité et confrontation expérimentale :

Le point commun des différentes équipes est la modélisation, approche pratiquée avec talent dans les différentes thématiques représentées. Le danger qui guette toutes les équipes de modélisation numérique, est la distance vis-à-vis de la réalité expérimentale. Les différents acteurs sont conscients à des degrés divers de cet écueil potentiel, mais le Comité d'évaluation pense qu'il est possible de progresser encore dans cette direction. La validation expérimentale, l'évaluation de la plus-value de la modélisation qui se mesure par son aptitude à prédire et à se confronter aux mesures des systèmes réels, peut être renforcée, et affichée avec force. Cette confrontation n'est pas une simple mesure de la qualité de la modélisation, c'est surtout l'occasion d'enrichir cette modélisation. Certains thèmes sont plus exposés que d'autres à ce défi. La composante probabiliste par exemple est par nature très exigeante en données expérimentales. Les nouvelles orientations, en particulier des sujets transversaux dans leurs dimensions nano ou bio, réclament des mesures expérimentales difficiles à acquérir. Cette difficulté ne doit pas excuser son économie. Le positionnement du Laboratoire dans divers réseaux, des collaborations à nouer et celles en cours devraient pouvoir remédier à ce problème.

## 4 • Analyse équipe par équipe et par projet

### *i. Equipe E1 - Chimie Théorique (CT)*

Cette équipe a réalisé une opération de jouvence au cours de la période 2004-2008 avec l'émergence de 2 nouveaux PR (une promotion interne et un recrutement externe) très dynamiques, et le recrutement de 2 MCF et 2 IR, ce qui prouve le soutien très fort de l'université. Ces renouvellements ont largement compensé le départ à la retraite (éméritat) et la mutation de deux de ses professeurs durant la même période. De plus, l'équipe compte actuellement 3 stagiaires post-doctoraux et 6 thésards, montant ainsi son dynamisme.

Composée uniquement d'enseignants-chercheurs (+ 2IR) elle a une très forte implication dans les responsabilités d'enseignement et d'administration au sein de l'université.

L'équipe a conforté son niveau d'excellence dans les domaines de la chimie quantique et de la spectroscopie des petites molécules d'intérêts atmosphérique et interstellaire qui ont fait sa renommée internationale. D'autre part, elle a initié des études portant sur des agrégats, tant au point de vue des calculs *ab initio* (agrégats métalliques) que de la dynamique quantique (agrégats de gaz rares). 9 thèses ont été soutenues durant la période concernée. Il est à noter que la prise de responsabilité externe à un très haut niveau de son actuelle animatrice ne semble en aucune manière avoir ralenti la production scientifique de cette dernière ou diminué son implication dans la vie scientifique de l'équipe. On note également de nombreuses collaborations internationales et visites de chercheurs étrangers. L'équipe a initié en février 2008 un projet ANR qui a été



accepté et qui a commencé en janvier 2009. Enfin, il faut remarquer que deux enseignants-chercheurs présentent une production scientifique relativement réduite.

L'équipe CT remplit un rôle stratégique au sein du Laboratoire MSME en raison de ses compétences concernant la structure de la matière à l'échelle très fine. Dans le cadre de la création du Laboratoire MSME, des programmes transversaux unificateurs appliquent tous l'approche « dynamique moléculaire » à l'échelle nano, afin de déterminer certaines propriétés utilisées par les autres équipes. L'équipe CT y joue un rôle crucial par la prise en charge de l'organisation de ces activités transversales, par son expertise dans ce domaine et enfin car elle est seule capable de fournir les potentiels d'interaction nécessaires à ces études dynamiques. Elle participe d'ailleurs aux quatre projets transversaux définis actuellement. L'actuel responsable de la « transversalité » au Laboratoire vient de cette équipe. Avec l'équipe E2 - Mécanique, l'équipe CT forme le duo moteur dans la consolidation du Laboratoire.

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A	A+

#### ii. Equipe E2 - Mécanique (MECA)

Il s'agit de l'équipe de plus fort effectif du Laboratoire. De plus cet effectif a une forte dynamique et deux postes sont à pourvoir prochainement. De très nombreux doctorants sont aujourd'hui présents dans l'équipe, traduisant la très grande vitalité du groupe. Les capacités d'encadrement sont saturées, ce qui est suffisamment exceptionnel pour être souligné. Malgré cela, les enseignants-chercheurs de l'équipe assument un nombre considérable de responsabilités auprès de l'Université.

En dépit de ces charges, la production scientifique est fournie (sensiblement supérieure à la moyenne dans la discipline même si la modélisation numérique se prête plus facilement à cette forte productivité). Les chercheurs seniors de l'équipe ont une bonne reconnaissance internationale et sont porteurs d'une identité clairement identifiée. Les plus jeunes bénéficient de cette dynamique, mais on ne saurait trop les encourager à passer dès que faire se peut leur HDR.

Il s'agit de l'équipe la plus fortement impliquée dans une forte activité contractuelle (60% du budget non consolidé est d'origine contractuelle). Il est à souligner que cette coloration spécifique ne se fait pas aux dépens de la qualité de la recherche fondamentale, mais au contraire elle alimente des démarches novatrices et originales.

En ce qui concerne la recherche, deux axes sont aujourd'hui structurants : d'une part la modélisation multi-échelle et multi-physique, et d'autre part la quantification des incertitudes en dynamique.

Le premier axe englobe un nombre considérable de sujets assez divers. La maîtrise de l'homogénéisation, et le choix pertinent de créneaux originaux (e.g. effets d'interface) leur permettent de contribuer au progrès des connaissances dans le champ en question. Le problème du contact, activité traditionnelle de l'équipe, s'ouvre régulièrement sur des avancées originales. Enfin la maîtrise de différentes stratégies numériques élaborées (XFEM, meshless, ...) permet l'abord d'une grande variété d'applications avec les outils les plus appropriés.

Le second axe est moins « classique ». Il s'agit pour l'essentiel d'introduire un formalisme probabiliste original dans la modélisation, soit pour l'identification (et la quantification de la fiabilité), soit pour la conception robuste. L'utilisation judicieuse de résultats issus de la théorie des matrices aléatoires est un point fort des développements récents. L'orientation amorcée vers l'identification de propriétés non linéaires dans ce contexte incertain est clairement appelée à connaître des développements importants.

Parmi les problèmes traités au sein de ces deux axes, certains s'appuient sur des données très riches (e.g. étirage de PET, propagation d'ondes acoustiques dans les os longs) qu'il s'agit d'exploiter. D'autres sont plus des développements théoriques ou numériques où la dimension applicative est naturellement moins marquée.



Pour cette deuxième catégorie, il paraît important au Comité de faire l'effort de rechercher un contact expérimental qui pourrait illustrer ou conforter les résultats obtenus, permettrait de les valider ou pourrait ouvrir la modélisation sur une dimension nouvelle physiquement pertinente.

Ainsi le rayonnement de cette équipe (et du Laboratoire) au niveau national et international, clairement affiché comme objectif par sa direction, sera d'autant plus important que l'équipe renforcera ses collaborations et ses échanges avec d'autres laboratoires de recherche (du monde académique et de l'industrie) ayant des thématiques voisines et un support expérimental solide.

Une incitation à ce type d'échange peut être trouvée par le biais d'une participation accrue aux activités de certaines sociétés savantes dans le domaine des matériaux, et par le montage de nouveaux projets collaboratifs de type ANR ou au niveau européen. Nous recommandons également qu'un effort soit réalisé pour valoriser les logiciels développés au cours des projets. Les logiciels commercialisés ou mis à la disposition d'autres chercheurs sont un très bon vecteur complémentaire des publications, pour faire connaître les compétences de l'équipe et créer de nouvelles collaborations. C'est un bon moyen pour capitaliser le savoir-faire du laboratoire. Des formations continues, de type Ecole d'Eté, germes de nouvelles collaborations, pourraient également être proposées.

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A+	A

### *iii. Equipe E3 - Transferts de Chaleur et de Matière (TCM)*

Cette équipe a développé des compétences reconnues en modélisation et simulation numériques des transferts par convection naturelle thermique et/ou massique avec ou sans changement de phase incluant les analyses de stabilité associées. Sa production scientifique est bonne et ses travaux sont bien cités. Son activité contractuelle est significative. Son implication dans la communauté des thermiciens et dans la vie de l'université est manifeste. L'originalité de cette équipe est son choix d'aborder les activités transverses à l'unité par le biais de la simulation numérique. Sur ce thème l'équipe est très active sur le plan national et joue un rôle important dans l'animation des campagnes d'intercomparaison pour la validation des modèles numériques.

Parmi les points forts de l'équipe il convient d'évoquer :

- Expertise reconnue dans l'étude des mécanismes de transfert de chaleur ou de masse en milieu fluide ou poreux ;
- Bonne maîtrise de simulateurs numériques conjuguée à une qualité appréciable de publication et de communication des résultats dans le domaine de la simulation numérique ;
- Bonne implication dans la communauté des thermiciens et dans la vie de l'Université.

L'équipe réussit à mener des projets de simulation numérique dans le milieu académique au niveau national (elle est active dans les benchmarks) et des projets industriels. Par contre le Comité remarque le manque de collaborations internationales.

Bien qu'existante, l'émergence de nouvelles thématiques n'est pas suffisamment mise en avant. Tout en inscrivant la majorité des projets présentés pour 2010-2013 dans la continuité des travaux effectués ces dernières années, l'équipe pourrait mettre l'accent par exemple sur le projet ANR Alveoplas (2009-2013) qui consiste à étudier et à modéliser les mécanismes de décharge (plasmas froids) en milieu poreux. La diminution récente de la taille de l'équipe représente une difficulté. Etant donné la volonté simultanée d'implication dans les projets transversaux du Laboratoire, de la continuation de ses collaborations actives au sein de la Fédération des Transferts de Masse et de Chaleur, l'équipe devrait mieux préciser ses thématiques prioritaires afin d'éviter tout risque d'une dispersion.



Les modélisations développées pourraient être mieux valorisées par une plus forte mise en avant de validations expérimentales. Celles-ci pourraient être réalisées par le choix de partenaires aux compétences expérimentales affirmées en vue d'une meilleure confrontation des modèles et simulations aux phénomènes observés.

Le Comité encourage enfin les chercheurs matures de cette équipe à mettre en avant leur projet d'habilitation à diriger des recherches afin de mieux finaliser leurs activités antérieures.

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
B	A	B	B	B

#### *iv. Equipe E4 - Biomécanique (BIOMECA)*

Si au 1 octobre 2008, l'équipe était composée de 9 personnes (4 PR dont 1 PREM, 4 MCF et 2 IATOS) pour le futur, elle sera constituée de 8 personnes (3PR dont 1PREM, 4 MCF et 2 IATOS). L'équipe s'est récemment renouvelée et on peut noter que trois des maîtres de conférences ont été recrutés depuis 2006. Cette recomposition est la conséquence de départs, mutations, recrutements et de la volonté de ne plus intégrer d'enseignants-chercheurs non publiants. Le bilan de la production scientifique sur la période examinée est bon. Cinq thèses ont été soutenues et trois sont en cours.

Les travaux développés dans l'équipe concernent les phénomènes d'adaptation, remodelage et croissance du tissu osseux d'une part et la caractérisation des propriétés mécaniques de ce tissu d'autre part. Il est à noter que les travaux de caractérisation du tissu osseux par des techniques ultrasonores s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration avec le Laboratoire d'Imagerie Paramétrique qui, pour la poursuite de cette activité, doit être maintenue voire renforcée. L'apport de l'équipe de mécanique du Laboratoire MSME à ce sujet est également important puisqu'il permet d'aller vers une modélisation probabiliste de la caractérisation ultrasonore. Il s'agit d'une approche originale permettant de prendre en compte les incertitudes liées à la nature biologique des tissus.

L'équipe se propose de développer des approches multi-échelle prenant en compte des interactions fluide/structure et des effets chimio-électriques en bonne cohérence avec l'environnement du Laboratoire MSME. Une approche unifiée des phénomènes de croissance et de remodelage est également développée. Pour l'ensemble de ces approches il est important que l'équipe veille à bien dégager les points forts et originaux de son projet scientifique et à bien afficher son positionnement scientifique en se situant en particulier par rapport à la communauté scientifique nationale ou internationale. Si les approches développées sont essentiellement théoriques et numériques, il est indispensable que l'équipe s'appuie au plus tôt sur des collaborations avec des cliniciens et des biologistes qui pourront contribuer aux validations expérimentales des modèles développés.

Le projet d'intégration dans le Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi-Echelle est intéressant. L'équipe de biomécanique trouvera dans ce rapprochement un ensemble de compétences complémentaires qui devraient lui permettre d'aller vers les objectifs scientifiques qu'elle s'est fixée. Les autres équipes du laboratoire y verront quant à elles des ouvertures importantes sur des problématiques en biomécanique du tissu osseux. L'équipe participe déjà à la vie du Laboratoire et on peut noter que des projets en cours ont donné lieu à des publications communes. L'intégration permettra également à l'équipe de retrouver une structure de laboratoire tout à fait nécessaire à son développement.

Différents aspects du projet scientifique de l'équipe ainsi que la thématique transversale concernant les transferts et couplages dans les systèmes micro et nanoporeux constituent des points d'ancrage forts qu'il conviendra de privilégier en veillant qu'ils associent bien l'ensemble des membres de l'équipe.

En conclusion, l'intégration de l'équipe de biomécanique dans le Laboratoire MSME est un projet pertinent et cohérent qui doit absolument être soutenu.



Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
B	B	B	B	B

#### v. Projets transversaux

Plusieurs projets ont été imaginés pour fédérer les différentes équipes, unir leurs compétences dans des réalisations communes. Nous avons souligné la pertinence de cette démarche volontariste pour souder la nouvelle unité. Nous commentons ici quelques aspects des différents sujets identifiés qui en dépit de leur jeune âge ont déjà donné lieu à des publications ou des projets de publication en commun, signe ostensible de la richesse de cette démarche.

#### Commentaires généraux :

- Les équipes de Chimie théorique et de Mécanique sont impliqués dans tous les sujets, la première s'appuyant sur leur maîtrise de la détermination des interactions et de la dynamique moléculaire, et la seconde en particulier sur les changements d'échelle. Cette forte implication est très appréciable et très appréciée.
- Beaucoup de ces projets sont des assemblages de plusieurs tâches étudiées le plus souvent avec des approches différentes compte-tenu de la description adaptée à la physique de l'échelle considérée dans ce « sous-projet ». Partant d'une échelle le plus souvent atomistique, les observables les plus évidentes sont le plus souvent disponibles à l'échelle la plus macroscopique. Même si la construction dans son ensemble donne l'ambition pleine et entière du sujet, il est sain de valider le plus possible vis à vis de la réalité expérimentale chacun des « étages » de la constitution du projet. Compte tenu de l'échelle ou de la variabilité intrinsèque des systèmes considérés, il est souvent difficile d'isoler un seul étage pour le valider. Cependant, quitte à s'éloigner temporairement de l'objectif spécifique du projet, nous pensons qu'il est possible de s'engager dans cette direction et que cette confrontation peut présenter de multiples vertus. Il n'est pas rare en effet, qu'à des échelles intermédiaires entre le micro et le macro, interviennent de nouveaux phénomènes (e.g. instabilité mécanique) ou objets (e.g. défauts, rugosité, ...), qui conditionnent la réponse macroscopique. La validation de chaque
- étape de la modélisation permet de plus facilement cerner celle qui mérite une attention particulière pour faire progresser la modélisation globale.

#### Projets spécifiques :

- **Nanofils piezo** : Le projet est très intéressant et bien dessiné. Il associe en local des appuis très complémentaires. La formulation du matériau d'intérêt (ZnO, dopé HgS ou HgO) a déjà été appréhendée par Dynamique moléculaire. Pour particulariser le dernier commentaire, il semble envisageable (bien que délicat) de mesurer les propriétés élastiques de nanofil individuel (e.g. accrochage d'un nanofil sur la pointe d'AFM) avant de s'intéresser au composite lui-même. La sensibilité aux défauts est dans ce cas très forte et donc il convient d'avoir des idées fiables sur ces « défauts ».
- **Couplage fluide-structure en milieux micro-poreux** : La prise en compte de conditions de glissement partiel aux parois dans l'évaluation du coefficient de transport, (e.g. perméabilité) est une dimension intéressante. Cependant pour progresser vers le quantitatif, il est impossible de faire l'économie d'une idée précise de la géométrie du poreux, ce qui nécessite dès aujourd'hui d'identifier un système expérimental de référence. De même la prise en compte de l'adsorption peut vite s'avérer indispensable pour prétendre à la reproduction de la réalité.
- **CSH (Silicates de Calcium Hydratés ; modélisation multi-échelle)** : Le projet est d'une ambition presque démesurée au vu de la complexité des différentes espèces et réactions présentes. Il est donc ici particulièrement important de valider chaque étape du travail.
- **Remodelage et croissance des tissus osseux** : ici encore le projet est très ambitieux et, point fort, il associe les quatre équipes du MSME. Les premiers travaux sur les écoulements électro-osmotiques ou



L'électrofiltration sont intéressants et semblent assez directement applicables à d'autres systèmes plus simples (non-évolutifs). Inversement leur applicabilité à un système biologique avec des fluides de composition complexe (différents ions, tensio-actifs, adsorption compétitive non nécessairement à l'équilibre, ...), est certainement moins évidente. Dans son ensemble, le projet est susceptible de donner un contenu solide à des réflexions théoriques aujourd'hui séduisantes mais spéculatives sur le remodelage et la croissance. Enfin l'application à des systèmes végétaux peut rendre beaucoup plus facile l'accès à des données, ou des expériences nouvelles, originales et qui conceptuellement peuvent rentrer dans un cadre commun.

## 5 • Analyse de la vie de l'unité

Compte tenu de la spécificité de l'Unité, notamment de sa formation récente suite à une fusion des trois équipes fondatrices et de l'intégration en cours de l'équipe E4-Biomécanique, nous avons posé au chapitre 2-Analyse globale d'une manière relativement exhaustive, les repères qui nous semblaient les plus importants pour la lisibilité de ce rapport. Le facteur prédominant de cette évaluation est le fait de saisir une entité jeune (collectivité ayant pour mission l'enseignement universitaire et la recherche) en mouvement. Ce mouvement de structuration s'effectue à partir des groupes plus anciens, mais déjà apparaît une valeur ajoutée venant de leur réunion, en particulier via la pertinence des projets transversaux. Ceci est en grande partie dû aux qualités du management (soulignées à la fin du chapitre 2) et à l'appropriation collective forte de la stratégie, fait perceptible pendant les rencontres avec le personnel permanent et les doctorants.

Le rôle du Directoire (Directeur et son adjoint, responsables des équipes, responsable de la transversalité) paraît prépondérant : 10 réunions depuis janvier 2008. Le Conseil de laboratoire a été réuni 4 fois pendant la même période. Les comptes-rendus des réunions de ces deux instances ont été diffusés à tous les membres du Laboratoire. Le Comité a perçu pendant la visite l'esprit de forte mobilisation de la collectivité autour du projet de l'Unité. Cette mobilisation paraît proportionnelle à l'appui ferme de l'Université UPEMLV exprimé par son Président. Comme ceci a été souligné plus haut, des charges pédagogiques et administratives lourdes et des responsabilités importantes au niveau des filières universitaires sont assurées par des membres de l'Unité. Pour cette raison, la réalisation du projet scientifique ambitieux, incluant les recommandations posées par ce rapport, justifie la poursuite des recrutements d'enseignants-chercheurs sans oublier le support administratif et technique. Ainsi la titularisation du seul personnel administratif de l'Unité relève d'une urgence.

La mise en place d'un budget mutualisé depuis la constitution de l'Unité est un fait significatif déjà mentionné plus haut. Ce budget comporte une partie des crédits scientifiques du CNRS et du MESR et une fraction des ressources contractuelles hors salaires.

L'intégration des doctorants (en cours pour l'Equipe BIOMECA) et notamment leur prise de conscience d'appartenir à la même Unité au-delà de l'identification avec une équipe, se déroulent d'une manière positive d'après les échanges que le Comité a pu avoir avec les intéressés.

L'accueil récent de jeunes enseignants-chercheurs, ainsi que le flux important de doctorants (notamment dans l'équipe Mécanique) sont un gage du développement du Laboratoire dans les prochaines années.

## 6 • Conclusions

L'unité présente pour la partie 'bilan' des trois équipes fondatrices un tableau très satisfaisant. Son programme à court et moyen termes, dans la configuration comportant quatre équipes, est fondé sur de nombreux atouts dont le couplage interdisciplinaire chimie théorique/mécanique/thermique/ biomécanique constitue une base originale bien que complexe. Il s'agit d'un pari ambitieux et exaltant. Le Comité exprime par la présente son avis très favorable à la réunion des quatre équipes reposant sur leur complémentarité, sur des créneaux scientifiques porteurs et sur l'action volontariste en œuvre au niveau de l'animation scientifique et technique.

Parmi les points scientifiques forts qui étayent cette appréciation on peut citer les suivants :



- Expertise dans l'approche "Dynamique moléculaire" incluant la construction des potentiels d'interaction indispensables pour sa mise en œuvre et pour une modélisation efficace à l'échelle nano ; le travail de mise en commun dans ce domaine est très apprécié ;
- Résultats marquants dans les champs tels que le contact unilatéral conforme, la discrétisation de l'espace des chargements en mécanique non-linéaire de milieux hétérogènes et l'utilisation judicieuse des matrices aléatoires ; intégration des techniques pertinentes (MAN, 'level-set') ;
- Expertise reconnue dans les études des mécanismes de transferts de chaleur ou de masse en milieu fluide ou poreux ;
- Forte potentialité dans les développements de caractérisation du tissu osseux par des techniques ultrasonores via une modélisation probabiliste de la caractérisation ultrasonore ;
- Un nombre élevé de publications dans les meilleures revues, notamment en mécanique et physico-chimie théorique et appliquée ;
- Démarche volontariste concernant des projets transversaux fédératifs dont l'un, concernant des tissus osseux, associe les quatre équipes du Laboratoire ; pertinence appréciable du projet concernant des nanofils piézoélectriques ;

Les principaux points à améliorer sont comme suit :

- Déficit de validation et de confrontation expérimentales des approches multi-échelle mises en œuvre et/ou programmées.
- Déficit de valorisation (logiciels, diffusion des connaissances).
- Besoin d'une meilleure définition de thématiques prioritaires/objectifs scientifiques en thermique et en biomécanique

Les recommandations - clefs qui en découlent sont proposées ci-dessous :

- Renforcer les collaborations et les échanges avec des laboratoires de recherche (universitaires, industriels) qui travaillent dans les domaines proches et qui disposent d'un support expérimental solide afin de mettre en place l'aller/retour systématique entre modélisation théorique et expérience et faire progresser la connaissance des matériaux hétérogènes étudiés. Pour la biomécanique il s'agit, dans un même ordre d'idées, de s'appuyer sur des collaborations avec des cliniciens et des biologistes qui pourront contribuer aux validations expérimentales des modèles développés.
- Associer un nombre important d'enseignants-chercheurs à des thématiques transversales ; pour l'équipe BIOMECA en intégration il est souhaitable d'y associer l'ensemble des membres du groupe.
- Mieux valoriser les logiciels développés et les connaissances acquises ;
- Mettre au point, d'une manière plus intelligible, les thématiques prioritaires en thermique et en biomécanique en s'appuyant sur des programmes (ANR, projets transversaux) ; s'ouvrir à des collaborations internationales dans ces domaines en fonction d'opportunités. Regrouper dès que possible l'équipe BIOMECA à Marne-la-Vallée.
- Partager (à l'attention de ceux qui y excellent) au sein de l'Unité les « bonnes pratiques » en matière de contrats industriels, d'animation de réseau national, etc.
- Afficher un projet Master ou au moins une spécialité « Modélisation et Simulation Multi-Echelle » à l'Université en accord avec les ambitions revendiquées par le Laboratoire.
- Titulariser une seule (!) responsable administrative de l'Unité.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A+	A

Marne-la-Vallée, le 28 mars 2009

**Observations formulées par le Directeur de l'Unité de Recherche et par les Tutelles  
au rapport du Comité d'Evaluation AERES de l'Unité de Recherche MSME (FRE 3160)**

Monsieur le Directeur de la Section des Unités de Recherche,

Nous vous prions de bien vouloir trouver ci-dessous les éléments de réponse relatifs au rapport d'évaluation concernant l'unité de recherche MSME (FRE 3160).

Le laboratoire et les tutelles ont pris connaissance du rapport très positif établi par le comité d'experts de l'AERES et le remercie pour son travail d'évaluation. Le laboratoire sera attentif à donner suite aux recommandations qui viennent en conclusion.

Nous vous prions de croire, Monsieur le Directeur, à l'expression de nos sentiments les meilleurs.



Christian SOIZE  
Directeur de l'unité de Recherche



Francis GODARD  
Président de l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée



Simone BONNAFOUS  
Présidente de l'Université Paris 12 Val-de-Marne