



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Mécanique, Modélisation & Procédés
Propres (M2P2)

sous tutelle des
établissements et organismes :

CNRS

Université de Provence – Aix-Marseille 1

Université Méditerranée – Aix-Marseille 2

Université Paul Cézanne – Aix-Marseille 3

Ecole Centrale de Marseille

Janvier 2011



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Mécanique, Modélisation & Procédés
Propres (M2P2)

sous tutelle des
établissements et organismes :

CNRS

Université de Provence – Aix-Marseille 1

Université Méditerranée – Aix-Marseille 2

Université Paul Cézanne – Aix-Marseille 3

Ecole Centrale de Marseille

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Janvier 2011



Unité

Nom de l'unité : Laboratoire de Mécanique, Modélisation & Procédés Propres

Label demandé : UMR CNRS

N° si renouvellement : 6181

Nom du directeur : M. Patrick BOUTOUX

Membres du comité d'experts

Président :

M. Pierre SAGAUT, Institut d'Alembert, UPMC

Experts :

M. Hamda BEN HADID, LMFA, Université de Lyon, représentant le CNU

M. Pierre COMTE, Institut PPRIME, ENSMA

M. Nasser DARABIHA, EM2C, Ecole Centrale Paris

M. Alain GRASMICK, IEMM, Université de Montpellier

M. Michel QUINTARD, IMFT, Université de Toulouse, représentant le CoNRS

M. Michel SARDIN, LRGP, INP de Lorraine

M. Eric SONNENDRÜCKER, IRMA, Université de Strasbourg

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Pierre BRANCHER

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

M. Denis VEYNANTE (DAS CNRS)

M. Bruno HAMELIN, Vice-président du Conseil d'administration de l'Université Paul Cézanne

M. Pierre CHIAPPETTA, Vice-président du Conseil Scientifique de l'Université de la Méditerranée

M. Denis BERTIN, Vice-président du Conseil Scientifique de l'Université de Provence

M. Jacques LIANDRAT, Directeur de la Recherche, Ecole Centrale de Marseille



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée sur 2 jours, les 20 et 21 janvier 2011.

La première demi-journée a été consacrée à une réunion préliminaire du comité de visite, à l'exposé du bilan du contrat en cours par le directeur d'unité (P. BONTOUX) et à des exposés scientifiques illustrant les travaux menés au sein du département Génie des Procédés du laboratoire. La seconde demi-journée a commencé par des exposés scientifiques concernant les travaux du département Mécanique des fluides, suivis par l'exposé du projet d'unité pour le prochain contrat quinquennal par P. BONTOUX. Cette demi-journée a été clôturée par une première réunion de synthèse à huis clos. La troisième demi-journée était réservée aux rencontres du comité de visite avec les personnels du laboratoire (en trois temps : personnels ITA et IATOS, doctorants et permanents de rang B) puis avec les tutelles (CNRS et tutelles locales), et enfin à une visite des locaux situés sur le site d'Arbois où sont regroupées les activités expérimentales. La dernière demi-journée a été utilisée pour une discussion avec le porteur de projet (P. BONTOUX) et enfin une discussion de synthèse à huis clos du comité. Le comité souligne la qualité des documents fournis et la très bonne organisation de la visite par le laboratoire. Les activités des deux premières demi-journées ont eu lieu sur le site de Château Gombert, celles du second jour sur le site d'Arbois.

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

Le laboratoire est une unité récente, contractualisée sous forme d'UMR CNRS lors du présent contrat quadriennal, après un long processus de construction commencé en 2001. A cette date, a été créé le laboratoire de Modélisation et Simulation Numérique (en mécanique des fluides), à partir d'équipes provenant principalement de l'IRPHE. L'évolution majeure a été la fusion en 2004 avec une EA de l'Université Paul Cézanne et de l'Ecole Centrale de Marseille spécialisée en génie des procédés. Le dispositif a été complété en 2008 par l'adjonction d'une EA de Mécanique Théorique et Thermodynamique de l'Université Paul Cézanne. Le laboratoire est organisé en deux départements (Mécanique des Fluides, Génie des Procédés), eux-mêmes composés d'équipes thématiques.

Le département de Mécanique des Fluides, qui regroupe environ 60% des permanents du laboratoire, est localisé sur le site de Château Gombert, et développe une recherche basée sur l'analyse théorique et la simulation numérique. Le département de Génie des Procédés est localisé sur le site de l'Arbois, et développe une recherche à très forte composante expérimentale.

Les principaux thèmes de recherche en mécanique des fluides sont : instabilité et turbulence, analyse multi échelle, milieux hétérogènes et fluides réactifs, feux et incendies, et mécanique des milieux continus et thermodynamique. En Génie des Procédés, on relève : procédés basés sur les fluides supercritiques, procédés membranaires, traitement des eaux.

- Equipe de Direction :

L'équipe de direction est composée du Directeur, Patrick BONTOUX, et de deux directeurs adjoints : Pierre HALDENWANG pour le département de Mécanique des fluides et Nicolas ROCHE pour le département de Génie des Procédés. La gestion du laboratoire est assurée par la responsable Gestion, Stéphanie de LUCA, qui a été recrutée sur un poste CNRS en janvier 2009, et par Philippe MOULIN, professeur à l'Université Paul Cézanne.



- Effectifs de l'unité (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	33+3*	30+3*
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	10	10
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	6	6
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	11	11
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0,25	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	31	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	21	21

* trois MCF n'appartiennent à aucun des deux départements

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

Le laboratoire M2P2 conduit des recherches de très bonne qualité sur ses deux grands axes, la mécanique des fluides numérique et le génie des procédés. Toutes les équipes ont une production scientifique pleinement satisfaisante, le taux de publication moyen étant très supérieur aux normes nationales définissant le chercheur produisant. Les activités de valorisation sont très majoritairement le fait du département de Génie des Procédés, surtout en ce qui concerne la recherche partenariale.

Le comité note les énormes efforts consentis par l'équipe de direction et l'ensemble des personnels durant la dernière décennie pour donner vie à ce laboratoire, et tient à féliciter tous les membres pour leur énergie, leur pugnacité et les très beaux résultats déjà obtenus à ce jour.

- Points forts et opportunités :

- La qualité des recherches effectuées, qui place le laboratoire parmi les leaders nationaux sur certaines thématiques.
- La jeunesse et la qualité des effectifs, toutes catégories et toutes thématiques confondues.
- La double culture équilibrée mécanique des fluides - génie des procédés, unique en France dans un laboratoire de cette taille, ainsi que la double culture simulation numérique - méthodes expérimentales.
- Le laboratoire regroupe l'intégralité des forces locales de recherche en génie des procédés, ce qui lui offre une position de force en recherche et en termes d'adossement à l'enseignement sur une thématique très porteuse.
- La très bonne activité de valorisation contractuelle du laboratoire, qui lui fournit des moyens conséquents pour assurer ses recherches. On note un pourcentage élevé de bourses CIFRE (environ un tiers des doctorants), et le développement de partenariats très fructueux avec des entreprises locales et des grands



groupes nationaux. On remarque la dominance du M2P2 au sein du Carnot STAR dans le domaine de la mécanique, ce qui montre sa vitalité et son bon positionnement. Cette valorisation est aujourd'hui une chance, puisqu'elle apparaît comme un facteur de régénération de la recherche fondamentale et ne stérilise en rien l'activité de publication. Le département de Mécanique des Fluides a certainement encore aujourd'hui une marge de progression intéressante dans le domaine de la recherche partenariale.

- Le laboratoire s'est inséré avec succès dans le dispositif national ITER, et développe des recherches originales de qualité.
- La fusion des trois universités Aix-Marseille, qui conduira à une simplification des relations avec les tutelles
- La création de la fédération de mécanique, qui regroupe les quatre laboratoires marseillais en mécanique, énergétique et génie des procédés. Cette fédération devrait permettre le développement de synergies en recherche et de mutualisation de moyens, et devrait donner aux quatre laboratoires, si la collaboration est effective, la possibilité d'avoir un poids accru auprès des tutelles.

- Points à améliorer et risques :

- La relative fragilité des interactions entre les deux départements, qui ne concrétisent pas aujourd'hui le formidable potentiel du laboratoire. Une augmentation conséquente de ces interactions est nécessaire pour éviter que les départements, chacun sollicité sur leur thématiques d'excellence « historiques », ne finissent par fonctionner comme des entités autonomes. Ce risque est accru par la triple dichotomie qui existe entre les deux départements : thématique (mécanique/génie des procédés), méthodologique (simulation numérique/méthode expérimentale) et géographique (Château Gombert/site d'Arbois).
- Le laboratoire, dans son périmètre actuel, est encore jeune, et doit maintenant entrer dans une phase de consolidation, de maturation et d'affirmation de son identité scientifique. Ceci est une condition nécessaire de son intégration réussie dans la Fédération de Mécanique.
- Le périmètre scientifique prévu de la fédération ne laisse aujourd'hui pas de place nette au département de Génie des Procédés. Cette situation, si elle devait perdurer, constituerait certainement un facteur d'affaiblissement du laboratoire.
- Le positionnement du département de Mécanique des Fluides au sein de la Fédération de Mécanique naissante est à affiner. La seule dominance en terme de potentiel de recherche est sur les méthodes numériques, sans leadership sur certaines thématiques ou domaines d'application. Elle ne suffit certainement pas à lui donner la visibilité et la légitimité requises pour lui assurer des attributions de moyens pérennes, sereines et suffisantes par les tutelles. Il faut noter ici l'existence de spécialistes de très haut niveau de la simulation numérique dans les autres laboratoires marseillais.
- Le comité note l'absence d'un dispositif incitatif interne au laboratoire ayant pour but de faciliter l'émergence d'actions sur des thématiques prioritaires.
- Le projet présenté ne faisait pas apparaître de manière suffisamment claire une liste priorisée des projets scientifiques, déclinés en actions spécifiques et en moyens fléchés (existants ou demandés aux tutelles lors du prochain contrat). Ceci constitue certainement un handicap vis-à-vis des tutelles.
- Les équipes ont des tailles très variables, et certaines d'entre elles sont certainement trop petites pour pouvoir être maintenues lors du prochain contrat. Le maintien d'équipes de taille sous-critique est de nature à entraver une réflexion de fond sur le projet du laboratoire.
- Le faible adossement du département Mécanique des fluides en enseignement au niveau master est certainement un risque d'appauvrissement scientifique à moyen terme.

- Recommandations :

- La poursuite de la réflexion par l'ensemble des personnels du laboratoire sur l'identité scientifique du M2P2, ses forces, ses faiblesses et les opportunités qui s'offrent à lui. Cette réflexion doit déboucher sur la détermination d'axes et d'actions spécifiques prioritaires pour le prochain contrat. Cette réflexion doit avoir abouti avant la fin du contrat actuel et servir de canevas pour les demandes de moyens aux tutelles, notamment les postes.



- La mise en place d'une politique incitative volontariste par la direction du laboratoire, avec pour but de renforcer les actions transverses entre les deux départements. Les moyens classiquement utilisés pour cela sont les crédits récurrents et les prélèvements sur les ressources propres.
- Poursuivre l'effort de structuration du laboratoire. On peut notamment recommander : 1) la simplification de l'organigramme en intégrant les équipes de taille sous critique et 2) en créant des axes transversaux entre les deux départements. Une structure matricielle équipe/projet semble en effet mieux adaptée que la création d'une équipe spécifique écartelée entre les deux départements.
- Le périmètre et l'intitulé de la fédération doivent être repensés, pour permettre l'intégration respectueuse de l'activité en Génie des Procédés.
- Le comité recommande vivement une nouvelle évaluation de l'ensemble des laboratoires de la fédération à mi-parcours. En effet, la prochaine évaluation ne devrait avoir lieu que dans 6 ans (effets cumulés du passage au contrat quinquennal et du rephasage), ce qui est beaucoup trop long. Pour le M2P2, outre les questions évoquées plus haut, celle de la succession de l'équipe de direction actuelle devra être traitée, Patrick BONTOUX étant atteint par la limite d'âge avant la fin de la mandature.

- **Données de production :**

(cf. http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf)

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	47
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	1
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,96
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	5
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	38

3 • **Appréciations détaillées :**

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

Les deux départements développent des recherches de très haut niveau sur leurs thématiques respectives. Le comité note que cette qualité est présente dans toutes les équipes du M2P2.

La production scientifique de l'unité est tout à fait remarquable, tant par la quantité que la qualité des articles produits. Une analyse bibliométrique raisonnée permet de constater que le taux de publication par chercheur est très supérieur aux critères nationaux définissant le chercheur « producteur ». Le nombre de permanents non-publiants est très réduit (4, dont deux qui auront fait valoir leurs droits à la retraite au prochain contrat). La majorité des publications est publiée dans des journaux du meilleur niveau international.

Le laboratoire M2P2 développe des relations pérennes et fructueuses aussi bien avec des grandes entreprises nationales, que des PME-PMI. Il faut noter que la majorité des actions de recherche partenariales est issue des activités dans le domaine du génie des procédés.

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

Le M2P2 a su, ces dernières années, recruter des jeunes chercheurs à fort potentiel. On peut noter la jeunesse des effectifs, notamment au sein du Département Génie des procédés (âge moyen inférieur à 40 ans). Le prochain contrat devrait correspondre à l'émergence, au sein de ce vivier, de leaders au niveau national ou international. Le



flux de doctorants et post-doctorants étrangers démontre un réel rayonnement, et une bonne insertion dans des réseaux internationaux.

Les conférences invitées sont nombreuses, mais sont essentiellement dues à 2 membres du laboratoire. Le suivi de ce critère devrait permettre de mesurer une évolution du leadership du laboratoire lors du prochain contrat.

Le laboratoire possède une très forte vitalité dans le domaine de la valorisation contractuelle. Il est notamment le premier laboratoire de la fédération de Mécanique, dans le domaine de la mécanique des fluides, de l'énergétique et des procédés, en ce qui concerne les ressources contractuelles et la valorisation éligible pour le Carnot STAR. Le laboratoire M2P2 est certainement un élément très précieux du dispositif marseillais pour l'ensemble des tutelles sur le plan de la valorisation contractuelle, et le comité insiste sur le soin que doivent prendre les tutelles pour préserver ce dynamisme. Mais il faut noter ici l'existence d'un déséquilibre entre les deux départements, ce qui est compréhensible vu leurs thématiques respectives, mais aussi d'un déséquilibre entre équipes au sein du département Mécanique des fluides (rapporté au nombre de permanents et/ou de doctorants). Sur ce dernier point, une réflexion devrait être menée par le laboratoire, pour veiller à une irrigation relativement homogène et sereine des équipes. On note la participation à de nombreux programmes et appels d'offres, notamment sur ITER. Ici, il n'y a pas toujours adéquation entre la structuration actuelle du département Mécanique des fluides en équipes et les thématiques/projets qui génèrent des ressources contractuelles.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'unité:**

Le comité tient à souligner le travail remarquable de l'équipe de direction et de l'ensemble des personnels qui a permis la construction du laboratoire durant une longue décennie marquée par une croissance forte (les effectifs ont presque triplés), ponctuée par des variations parfois très brusques (fusions d'équipes de grande taille), et cela dans un cadre fluctuant (avant la création de la fédération de mécanique).

L'organisation actuelle de l'unité en deux départements est pertinente. Issue de l'historique du M2P2, elle peut servir de matrice à la nécessaire consolidation du laboratoire et de son identité scientifique, si des actions transverses importantes sont créées.

Cette phase de maturation du laboratoire doit s'appuyer par la participation active et l'appropriation du projet par l'ensemble des personnels, qui ne devra plus seulement se reposer sur une direction énergique et volontariste.

Le développement d'actions transverses entre les deux départements constitue sans doute un des objectifs prioritaires pour le laboratoire lors du prochain contrat. Il nécessite la mise en œuvre d'une politique incitative volontaire, comme par exemple des appels d'offres internes sur des projets inter-départements. Le comité souligne ici le formidable potentiel du laboratoire, à l'interface entre mécanique des fluides et génie des procédés. Ce potentiel est sans doute unique en France, et sa concrétisation serait un atout de première importance pour le laboratoire.

Le laboratoire est partie prenante du projet de Fédération, et le directeur actuel est très favorable au développement de ce nouveau dispositif et à la pleine intégration du M2P2 en son sein. Cette position, très positive, permet d'envisager l'avenir avec un grand optimisme. Une attention toute particulière doit donc être portée à l'évolution de la fédération, et à l'intégration respectueuse de l'ensemble des activités du M2P2. Par ailleurs, le M2P2 est très impliqué dans des réseaux nationaux et internationaux (ex : ITER), et anime certains d'entre eux (ex : GDRE franco-allemand).

Le laboratoire est constitué majoritairement d'enseignants-chercheurs (les chercheurs CNRS sont tous dans le département Mécanique des Fluides), ce qui assure au laboratoire une très bonne intégration dans le dispositif d'enseignement. Ceci est notamment vrai en Génie des Procédés, puisque tous les EC de ce domaine à Marseille sont regroupés au M2P2. La vitalité mesurée et la croissance prévisible des flux d'étudiants sont des atouts forts pour le laboratoire. La multiplicité des tutelles et des facteurs historiques rend la situation plus complexe en Mécanique des Fluides. On note un déficit de présence en master, qui est un handicap à moyen terme. Ceci devrait évoluer favorablement dans le cadre de la Fédération, à condition que le laboratoire M2P2 se donne les moyens de prendre le leadership sur certaines thématiques ou domaines d'applications porteurs. La seule dominance sur des aspects méthodologiques (simulation numérique) ne s'avère pas suffisante pour permettre de régler ce problème.



- **Appréciation sur le projet :**

Les présentations effectuées lors de la visite ont essentiellement porté sur le bilan, et le projet n'a été évoqué que de manière brève et parcellaire, laissant une impression d'inachevé par rapport aux enjeux évoqués ci-dessus, en particulier l'approfondissement de la synergie Mécanique des Fluides/Génie des Procédés. Il apparaît donc important que le laboratoire continue ses réflexions en vue de l'élaboration d'un projet pour le prochain contrat. Outre des priorités scientifiques, les modalités de fonctionnement, incluant une politique incitative, doivent être définies. Le laboratoire possède un potentiel scientifique et humain du meilleur niveau, qui permet d'envisager de manière optimiste cette phase d'élaboration, à la condition que l'ensemble des personnels s'investisse dans cette tâche et que la question centrale de l'identité du laboratoire soit mise au centre des débats.

Enfin, la question de la succession de l'équipe de direction actuelle doit être traitée, ainsi qu'une analyse des possibles manques de futurs cadres prêts à assumer les tâches de direction dans tous les domaines (recherche, enseignement) et à tous les niveaux. Le directeur actuel sera atteint par la limite d'âge lors du prochain contrat, ce qui impose que le laboratoire et les tutelles s'emparent de cette question.

4 • Analyse par département

4 1 • Analyse du département Mécanique

Le département Mécanique comprend les 5 équipes suivantes, qui travaillent sur le site de Château Gombert :

- *Instabilités et Turbulence* (IT), responsables M. Claude REY et M. Eric SERRE
- *Dynamique Multi-échelle et Ondelettes* (DMO) responsable: M. Kai SCHNEIDER.
- *Milieux Hétérogènes et Fluides Réactifs* (MHFR), responsable M. Pierre HALDENWANG
- *Systèmes Multiphysiques Complexes* (SMC), responsables M. Paul GANG CHEN et M. Dominique MORVAN
- *Mécanique des Milieux Continus et Thermodynamique* (MMT), responsable M. Henri GOUIN

Ces équipes sont toutes rattachées à l'Ecole Doctorale n°533, Sciences pour l'Ingénieur: Mécanique, Physique, Micro- et Nano-électronique, Université Aix-Marseille. Les enseignants chercheurs relèvent des sections 60 (majoritairement), 62 (3), 61 (1), 26 (1) et 30 (1), et sont rattachés à l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille III (7), l'Ecole Centrale de Marseille (3) , l'Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, l'Université de Provence Aix-Marseille I (2) et l'Ecole de l'Air de Salon de Provence (2).

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	17	15
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	9,5	8,5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	6 (+30 visiteurs)	4 (+18 doctorants, F.2.7)
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1,25	1,25
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0,25	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	20	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	13	12



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

Le département Mécanique développe une gamme riche et variée de thèmes de recherche, autour des méthodes numériques de haute précision pour le calcul intensif en mécanique des fluides, allant de configurations académiques traditionnelles de transition et de turbulence à des configurations multi-physique développant des aspects transfert de masse, fluides complexes, milieux hétérogènes et réactifs, et plasmas de bord. L'une des caractéristiques originales est l'usage de méthode de pénalisation en complément de méthodes spectrales, quasi-spectrales et multi-résolution, permettant d'aborder des complexités de géométrie. Le département bénéficie de compétences complémentaires issues de l'accrétion de nouvelles équipes, qui développent des actions ciblées et pertinentes.

- **L'équipe IT**, qui comprend 11 permanents dont 4 HDR, développe des études basées essentiellement sur la simulation numérique. Les thèmes abordés sont motivés par des considérations fondamentales et traitent de la turbulence et des instabilités des fluides en présence de transferts de masse et de chaleur. Les résultats des recherches ont donné lieu, sur la période de référence 2006-2010, à 40 articles dans d'excellents journaux internationaux (1 Annual review of Fluid Mechanics, 7 Physics of Fluids, 5 J. of Nuclear Materials, 4 Int. J. of Heat and Fluid flow, 3 J. Computational Physics, 3 Fluid Phase Equilibria, 2 J. of Fluid Mechanics, ...), soit 0.91 ACL/an/permanent, cinq conférences invités, plusieurs chapitres d'ouvrages et communications en congrès. Le comité a apprécié l'expertise de haut niveau de certains membres de cette équipe, en particulier dans le domaine des méthodes numériques de haute précision (méthodes spectrales) implantées dans des codes « maison » dont le développement mérite d'être poursuivi. L'équipe a étendu ces dernières années cette compétence à la simulation des écoulements turbulents par l'approche aux grandes échelles (LES). Les sujets majeurs abordés sont fort intéressants et possèdent de nombreux domaines d'application : la transition et la turbulence dans les écoulements confinés en rotation, les écoulements fortement chauffés, le transport turbulent dans les plasmas de bord d'un tokamak. Dans cet ensemble de sujets, les études visent la levée de certains verrous théoriques tels que la compréhension des scénarios de transition à la turbulence dans les couches limites et la caractérisation de structures cohérentes au sein des écoulements pleinement turbulents. De nouvelles thématiques liées au projet international ITER, commencées en fin du dernier quadriennal, commencent à porter leurs fruits. Des résultats originaux, notamment sur la modélisation et la simulation numérique des plasmas de bords, ont permis à l'équipe d'acquérir une large visibilité dans ce domaine. L'équipe a su obtenir des soutiens financiers diversifiés dont trois ANR.

- **L'équipe DMO**, qui développe également des codes "maison", à base d'ondelettes ou d'autres approches multi-résolution, est constituée de 3 permanents, dont 1 HDR. Elle a totalisé 39 ACL sur la période, soit un remarquable taux moyen annuel de 2.89, essentiellement du fait de son responsable et de ses nombreuses collaborations extérieures. Les revues sont d'excellente qualité (1 Ann. Rev. Fluid Mech, 6 J Comp. Phys., 5 Phys Fluids ...). S'y ajoutent des chapitres d'ouvrages et de nombreuses conférences invitées (23) dénotant une expertise incontournable internationalement dans son domaine spécifique. Associée à des méthodes de pénalisation, les algorithmes développés par l'équipe trouvent des applications dans des domaines de plus en plus variés, allant de la physique des plasmas au vol des insectes, avec, systématiquement, la matérialisation de ces développements dans des publications du meilleur niveau. Longtemps cantonnés à deux dimensions, ces algorithmes se sont étendus à 3D, ce qui constitue une importante avancée. Leur parallélisation nécessitera un soutien technique, qui pourra être partagé.

- **L'équipe MHFR**, constituée de 3 permanents (tous HDR), plus 1 visiteur longue-durée, recouvre des activités visant à prendre en compte les hétérogénéités du milieu (milieux poreux, brouillards) avec ou sans transport réactif (combustion), ainsi que des activités plus génériques en développement de méthodes numériques. On notera le caractère transversal de certaines recherches : d'une part, sur les milieux poreux avec la partie Génie des Procédés, d'autre part, sur les méthodes numériques, pour lesquelles l'équipe a une certaine notoriété). Compte tenu de la taille de l'équipe, il s'agit le plus souvent d'actions très ciblées mais très pertinentes et pour lesquelles des résultats très intéressants ont été obtenus et publiés : les écoulements membranaires, résolution des équations de Biot pour l'acoustique en milieux poreux (collaboration avec le LMA), combustion des brouillards, simplification des cinétiques réactives, méthodes numériques (multi-niveaux, projection par calcul exact de la jauge). L'équipe a publié 18 papiers ACL dans des revues de grande audience, sans oublier une activité de communication très honorable (7 INV, 11 ACTI). L'équipe participe à un projet ANR autour de ITER, et à plusieurs contrats (CNES, EUROCOPTER, CEMAGREF).

- **L'équipe SMC**, constituée de 7,25 permanents, dont 1,25 équivalent temps plein pour 2 ITA/IATOS travaillant également aux Services Communs, est issue du regroupement de deux anciennes équipes. L'activité du groupe s'articule autour de 4 axes : 1- Interaction forêt/atmosphère, 2- Ecosystèmes lagunaires et littoraux, 3- Contrôle hydrodynamique des systèmes et microgravité, 4- Colloïde et microsystèmes biométriques. Le point commun



entre les activités de recherche est la prise en compte multi-physiques dans les études mais la liste des membres des quatre axes de l'équipe montre qu'il n'y a pas d'interaction entre les axes. L'équipe a publié 20 papiers ACL.

L'équipe participe à un projet européen FireParadox, un projet ANR IDEA. L'équipe a un contrat CNES, un PPF et plusieurs soutiens d'agences diverses.

L'équipe MMCT, constituée de 4 permanents (dont 1 HDR) plus 1 post-doctorant, est issue de l'ancienne EA 2596 (2008), avec une diminution d'effectif concomitante. L'activité du groupe s'articule autour des problèmes interfaciaux entre fluides et solides (description à l'échelle nanoscopique au voisinage d'une paroi solide), écoulements confinés entre des parois poreuses, et le comportement mécanique des milieux poreux (effet de variations de porosité sur le comportement plastique ou viscoplastique). L'équipe a publié 17 papiers ACL, sans interaction entre les membres de l'équipe. L'équipe participe à un projet ANR CPARTOUT, et a une collaboration avec Alstom.

Le département, dans son ensemble, développe une recherche très visible et appréciée nationalement et internationalement. La production scientifique est globalement excellente, en volume et en qualité, dans les meilleures revues des disciplines concernées. Le nombre total d'ACL est d'environ 125 soit un taux moyen de 1.14/an par chercheur ou enseignant chercheur, avec, localement, certaines disparités. Le département est bien inséré localement, à la fois sur ses thèmes naturels et sur des thèmes nouveaux, ayant notamment permis à la mécanique de se positionner au sein d'un projet international d'énergie du futur, à dominante physicienne.

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

- L'équipe IT a produit 15 thèses, environ 3,75 thèses par HDR sur la période de référence. Les financements des thèses sont variés : 2 BDI CNRS, 2 CONACYT, 4 MESR dont deux thèses internationales, une CIFRE avec EDF, une DGA et une du ministère espagnol. Quatre doctorants au moins sont étrangers et deux doctorants ont obtenu des prix de thèse. L'équipe a su nouer de nombreuses collaborations de qualité. Les membres de l'équipe sont assez présents dans les comités scientifiques de nombreuses manifestations nationales (congrès français de Mécanique) ou internationales Euromech, ERCOFTAC, AMT2010, Colloque du GDRE Franco-Allemand, ...). La nature assez fondamentale des travaux de recherche menés par l'équipe limite quelque peu l'obtention de financements industriels. L'équipe est partenaire de la Fédération de Recherche Fusion par Confinement Magnétique - ITER qui coordonne les activités nationales sur le projet ITER et bénéficie dans ce cadre d'un financement récurrent comme Laboratoire de Recherche Correspondant (LRC) du CEA. Elle a pu recruter dans ce cadre un Maître de conférences sur la thématique ITER.

- L'équipe DMO a attiré 18 visiteurs, dont 13 étrangers (Oak Ridge, San Diego, Concepcion (Chili), Eindhoven, Munich), les échanges se concrétisant systématiquement par des publications d'excellent niveau. Elle a produit 3 thèses, dont 2 de doctorants étrangers. L'équipe porte un projet ANR en relation avec un pôle de compétitivité (CapEnergies) et l'Institut Carnot STAR. La nature très fondamentale des travaux ne la prédispose pas non plus à l'obtention de financements industriels.

- L'équipe MHFR participe à plusieurs actions transversales dans le laboratoire, ainsi que des actions externes françaises ou internationales (poste prof invité de P. Haldenwang par exemple, LRC sur la turbulence dans les tokamaks). L'équipe a un petit budget mais avec des partenaires qui n'ont pas hésité à poursuivre des collaborations. Elle a produit 2 thèses et 1 HDR.

- L'équipe SMC a de nombreuses collaborations nationales et internationales avec entre autres la Russie, Univ. De Boulder, Los Alamos, (USA), Univ. Edinbourg (Ecosse), Freiburg (Allemagne), Taiwan, ULB Bruxelles. L'équipe participe à 1 projet européen et un projet ANR. L'équipe a eu 3 chercheurs contractuels et a produit 4 thèses.

- L'équipe MMCT a de nombreuses collaborations nationales et internationales avec entre autres Los Alamos, (USA), Univ. Bologne (Italie), Oran (Algérie). L'équipe participe à un projet ANR, mais ne semble pas avoir de contractualisation industrielle.

En résumé, le nombre et la qualité des collaborations internationales attestent la grande attractivité du département, confirmée par le ressenti des doctorants exprimé lors de la visite. Il a notamment pris en charge la conférence ETMM8 d'ERCOFTAC (250 participants), s'est très fortement impliqué dans l'organisation du CFM2009 (1200



participants) et a organisé 4 workshops et conférences internationales regroupant entre 20 et 60 personnes chacune. Il est bien impliqué dans les réseaux, projets européens, et ANR. Les activités contractuelles sont plus ciblées, mais bien ancrées dans le paysage local (ITER, pôle CapEnergies, Institut CARNOT STAR...). Les collaborations avec le Département Génie des Procédés sont développées dans 2 des 5 équipes.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet du Département Mécanique & Modélisation décrit clairement les perspectives d'évolution des différents thèmes développés actuellement. Il intègre les compétences des recrutements récents dans une logique donnant davantage de poids à la modélisation des phénomènes physiques, et le projet est scientifiquement et méthodologiquement pertinent sur chacune de ses actions. Tenant compte de l'effectif variable des différentes équipes et des recombinaisons récentes, il a été choisi de préserver les contours actuels des équipes, devenues axes thématiques, et de ne pas chercher dans l'immédiat à rééquilibrer la structure du département autour de thèmes prioritaires. Même si le dynamisme du département est connu et apprécié, le nombre d'actions projetées apparait un peu élevé au regard des effectifs. Le renforcement de l'aide technique sur calculateurs parallèles par un ingénieur de forte compétence dans la spécialité est la priorité affichée par le département en termes de moyens, les aspects scientifiques associés pouvant être couverts par le fléchage approprié d'un poste de MCF qui va se libérer à l'Université d'Aix Marseille 3.

- **Conclusion :**

- Avis global sur le département :

Le département est très actif, produisant une recherche d'excellente qualité, très visible et appréciée internationalement. La production scientifique est globalement excellente, en volume et en qualité, dans les meilleures revues des disciplines concernées. Le département est bien inséré localement, à la fois sur ses thèmes naturels et sur des thèmes nouveaux, ayant notamment permis à la mécanique de se positionner au sein d'un projet international à dominante physique des plasmas.

- Points forts et opportunités :

Le dynamisme du département et son rayonnement international sont parmi ses points forts les plus manifestes. Sa capacité à adapter son savoir-faire numérique à des problèmes théoriques et physiques des plus variés est un atout maître. Les recrutements récents d'excellents jeunes chercheurs augmentent encore les capacités d'identification des problèmes physiques sur lesquels focaliser la puissance numérique. La présence, dans le Laboratoire, d'installations expérimentales où se développe une fascinante physique complexe pourrait constituer une opportunité. Le besoin de consolider l'identité du Laboratoire devrait logiquement aider à dynamiser une démarche de confrontation calcul/expérience. La Fédération Mécanique semble également être une opportunité pour renforcer les partenariats, localement ou à plus grande échelle, notamment sur les thèmes transverses comme la turbulence, les feux de forêt ou le biomimétisme. Au niveau enseignement, le regroupement des établissements universitaires pourrait aider à l'unification de l'équipe enseignante et à la pérennisation de formations plus fortement adossées au Département.

- Points à améliorer et risques :

- Le dynamisme et la multiplicité des thèmes développés est impressionnante, mais complique la définition d'un projet commun et de la politique de demande et de fléchage des moyens qui s'ensuit.
- La taille et l'âge moyen des équipes sont variables, avec un risque de sous-criticité à terme pour certaines.
- Un déficit en soutien technique au niveau informatique.

- Recommandations :

- Renforcer le département sur le plan technique pour aider à la parallélisation des codes de calcul.
- Poursuivre la réflexion sur l'harmonisation des effectifs des axes et les regroupements thématiques.



4.2 • Analyse du département Génie des Procédés

Le département « Procédés » est composé pour l'essentiel d'enseignants chercheurs appartenant à la section 62 du CNU. Les activités de recherche se déroulent sur le site de l'Arbois. Deux chercheurs CNRS de la section 10 contribuent à ses travaux, dont l'un a été récemment rattaché et l'autre tout en étant rattaché à la mécanique, contribue à des travaux communs au sein de l'équipe modélisation.

Il est à noter que beaucoup de permanents très actifs au sein de l'unité sont également fortement impliqués dans les missions d'encadrement pédagogique (directeur de département d'IUT, direction des études, responsable de masters, licences et d'UE...) et dans des missions collectives nationales (membres du CNU, membres de comités d'évaluation AERES, ANR..., pôle « EAU » à vocation mondiale) ou régionales (Fédération ECOREV, pôle Carnot STAR, pôle TRIMATEC). Ils jouent au sein de laboratoire des rôles fonctionnels au service de l'unité.

Sur le plan de la recherche, ce département présente quatre équipes de recherche (procédés membranaires, fluides supercritiques, traitement des eaux et des déchets, modélisation).

Le département est attractif. Il accueille de manière très significative des docs et post docs avec leur financement, en provenance de la France entière. Il participe à des actions européennes et sa position nationale est bien marquée, notamment dans le domaine des procédés membranaires et des fluides supercritiques.

La vie du département apparaît très bonne sur le site de l'Arbois, tant dans l'animation et la (séminaires, ambiance...) qu'en ce qui concerne l'émergence de jeunes équipes ou la prise maitrisée de risques (fluides supercritiques par exemple). Tous les aspects de la vie de l'unité (séminaires, stratégie d'affectation des moyens humains, techniques et financiers...) sont bien pris en compte.

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	16	15
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0,5	0,5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	2 par an	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	13	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	

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

- Originalité des recherches:

Le département « Procédés » est composé de jeunes éléments (moyenne d'âge inférieure à 40 ans, avec un senior de 50 ans) qui affiche des problématiques originales avec une position nationale, voire internationale, reconnue, notamment au travers des recherches conduites sur les membranes et procédés membranaires appliqués au traitement des eaux (caractérisation en ligne de l'intégrité de membranes poreuses, étude multi-échelle de bioréacteur à membranes, systèmes hybrides) et les fluides supercritiques (hydrodynamique et équilibre entre phases, granulation de poudre, hydrolyse de déchets organiques).

L'impact des résultats et l'intérêt des recherches peuvent se mesurer au travers des nombreuses recherches conduites en partenariat (plutôt régional pour les BRM et national au niveau des fluides supercritiques).



Son positionnement à proximité d'un laboratoire de géoscience sur le site de l'Arbois (CEREGE) dans le cadre de la fédération ECOREV lui permet d'accéder à une instrumentation de haute performance et de profiter d'une dynamique autour des problématiques environnementales et territoriales.

– Production des recherches:

La production globale du département GP est bonne (88 ACL, 9 conférences sur invitation, 44 communications avec actes dans des rencontres scientifiques internationales, 6 participations à des ouvrages scientifiques, 2 brevets et 20 thèses soutenues), soit environ 1,3 ACL/EC/an, ce qui se situe dans la moyenne nationale des bons laboratoires de Génie des Procédés. Il apparaît néanmoins un écart de production entre les équipes et il faut souligner l'excellent niveau de productivité de l'équipe historique du laboratoire (procédés membranaires) avec une production de 50 ACL (soit 2,5 ACL/EC/an).

Les revues dans lesquelles sont publiés les articles sont de bon à très bon niveau pour la discipline Génie des Procédés, en particulier le Journal of Membrane Sciences.

– Qualité des relations contractuelles:

Le partenariat industriel est très important, en termes de suivi et de montants financiers sur les thématiques fortes du laboratoire (procédés membranaires et fluides supercritiques). Le montant global des contrats pendant la période évaluée dépasse les 2,3 ME, soit plus de 30 kE/EC/an (mais là encore, il apparaît une différence nette entre les équipes, plus de 60% de ces crédits sont obtenus par l'équipe « procédés membranaires »).

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

Le département a su attirer d'excellents jeunes chercheurs et des doctorants de qualité qui lui ont permis de répondre aux orientations conseillées par la précédente évaluation. Il possède aujourd'hui une excellente réputation auprès des industriels avec lesquels il collabore. Il a bénéficié de plusieurs prix nationaux et d'un prix international (Student award of the European Membrane Society).

L'équipe « procédés membranaires » apparaît très active, on peut toutefois regretter que son dynamisme reste cantonné localement et ne transparaissent pas au travers de projets nationaux (ANR) ou européen.

A l'inverse, l'équipe « supercritique » laisse apparaître des actions de niveau national et international.

Notons que le département Génie des Procédés a pris en charge l'organisation du Congrès national 2009 de la Société Française de Génie des Procédés et a été chargé également du colloque MEMPRO IV en octobre 2010 confirmant ainsi sa reconnaissance nationale au sein de la discipline.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet scientifique du département est clairement décrit. Il est pour le moyen terme très bien construit et vient consolider les axes définis précédemment. Il n'est pas prévu de création de thématique nouvelle, mais de conforter de solides acquis.

La priorité affichée au niveau des moyens est l'obtention d'un emploi de soutien technique pour le département sur le site de l'Arbois et l'obtention d'une promotion pour un MCF.

Le département affiche aussi sa volonté d'associer les MCF aux actions de recherche pour favoriser l'obtention rapide de leur HDR.

La thématique « Modélisation » semble un peu marginale au regard des trois autres thématiques du département. C'est pourtant une démarche tout à fait originale qui avait été initiée il y a quelques années et qui était un argument fort pour la création du laboratoire. Définir des outils numériques pour affiner la modélisation des mécanismes de transport, transferts et réactions dans les systèmes étudiés (notamment sur les aspects hydrodynamique et dispersion autour d'un jet dans les milieux supercritiques, rhéologie des suspensions biologiques



complexes, contraintes pariétales en filtration membranaire) serait un atout majeur du département GP et du laboratoire.

- Conclusions :

- Avis global sur le département :

Le département, bien que constitué de jeunes éléments, a su construire une recherche reconnue et de qualité. Ses membres présentent une production scientifique importante et il a une politique de partenariat évidente et maîtrisée. Les enseignants-chercheurs de ce département ont aussi su occuper une place reconnue et incontournable sur le plan des missions de formations au sein des différentes institutions de rattachement. En conclusion, ce département est de qualité et affiche une activité et une production scientifiques notables. Il constitue un élément reconnu du paysage français de la recherche.

- Points forts et opportunités :

L'originalité des travaux et la pertinence des résultats, notamment sur les thématiques liées aux procédés membranaires et aux fluides supercritiques sont les points forts du département. Il a une vraie visibilité nationale. La proximité de numériciens de mécanique des fluides est une opportunité pour la modélisation des procédés complexes qu'il faut saisir. Le domaine de la rhéologie des boues qui s'appuie sur une expérimentation originale est un axe innovant qu'une approche numérique pourrait étayer théoriquement.

- Points à améliorer et risques :

Il paraît important d'assurer à ce département un appui technique conforme à son dynamisme - Globalement, il est nécessaire de conforter un partenariat national et européen et d'intensifier la présence des équipes sur le plan international. Au regard du nombre de permanents, tous EC dans les thématiques phares, il est déterminant de maintenir une ossature forte autour d'une ou deux thématiques scientifiques et de prendre garde de ne pas se disperser sur des objets d'études trop diversifiés.

Enfin, il serait dommageable que la thématique transversale « modélisation » au cœur de la problématique du laboratoire vienne à disparaître, faute de moyens et/ou de reconnaissance au sein de l'unité.

- Recommandations :

Renforcer le département sur le plan technique pour suivre le développement technologique inhérent à la discipline du GP. Soutenir la thématique « Modélisation » par une politique volontaire au niveau de l'unité.



Notation

Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
M2P2- Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres	A+	A+	A	A+	A+
<i>Mécanique</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A+</i>
<i>Procédés</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
Total	24	32	25	37	40	39	197
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%						

Intitulés des domaines scientifiques

Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

ST6 - Sciences et technologies de l'information et de la communication



APPENDICE

S2UR120001671 - M2P2
Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres - 0132364Z

Réponse du directeur d'unité : Patrick BONTOUX

L'équipe de Direction continuera de veiller à ce que l'identité du laboratoire soit maintenue et renforcée dans la Fédération de Recherche de Mécanique (au sens large - c'est-à-dire, Mécanique, Acoustique, Thermique, Energie et Procédés) qui constitue, à coup sûr, une réelle opportunité de développement des travaux de recherche.

Pour preuve, dans le projet de LABEX MEC et dans l'Institut Carnot STAR, le laboratoire M2P2 est bien présent tout autant pour ses apports mécaniques et numériques que pour ceux de procédés.

Le Département Génie des Procédés veillera à poursuivre et à consolider son développement notamment pour ce qui concerne la transversalité avec le Département Mécanique et en confirmant sa place dans le périmètre de la future Fédération de Recherche.



■ L'Université est une chance.

Saisissez-la.