



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

Section des Unités de recherche

Rapport d'évaluation

Unité de recherche :

CERMICS

de l'École Nationale des Ponts et
Chaussées (ENPC)



janvier 2009



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

Section des Unités de recherche

Rapport d'évaluation

Unité de recherche

CERMICS

de l'Ecole Nationale des Ponts et
Chaussées (ENPC)



Le Président
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

janvier 2009



Rapport d'évaluation



L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : CERMICS

Label demandé : Laboratoire ENPC

N° si renouvellement :

Nom du directeur : M. Serge PIPERNO (remplacé par Jean-François DELMAS au 01/01/2009)

Université ou école principale :

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC)

Autres établissements et organismes de rattachement :

Date(s) de la visite :

19 décembre 2008



Membres du comité d'évaluation

Président :

M. Antoine HENROT, Ecole des Mines de Nancy et Institut Elie Cartan de Nancy

Experts :

M. Pierre FABRIE, Université de Bordeaux 1 et Ecole MATMECA

M. Christian LUBICH, Universität Tübingen, Allemagne

M. Denis TALAY, INRIA Sophia-Antipolis

Expert(s) représentant des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD...):

Observateurs

Délégué scientifique de l'AERES :

M. Michel PIERRE, Délégué scientifique

Représentant de l'université ou école, établissement principal :

M. Philippe COURTIER, Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC)



Rapport d'évaluation

1 • Présentation succincte de l'unité

- Effectif : 35 , dont 16 ingénieurs des Ponts et Chaussées, 17 doctorants et 2 administratifs ;
- 10 HDR, tous encadrant des thèses ;
- 32 thèses soutenues (toutes financées) et 19 thèses en cours, toutes financées (3 IPC, 5 bourses ENPC, 2 CIFRE, 1 AMN, 8 autres)
- 16 publiants sur 16 chercheurs.

2 • Déroulement de l'évaluation

Les documents préparatoires fournis au comité étaient de très bonne qualité et avaient permis à celui-ci de se forger une première opinion qui a été enrichie et éclairée par les échanges nombreux qui ont émaillé la journée. Le début de la matinée a été consacré à la présentation du bilan 2004-2007 et du projet 2010-2013 par le directeur du laboratoire. La quasi-totalité des membres du laboratoire, doctorants compris, étaient présents ainsi que le Directeur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC). Par la suite, le comité a rencontré successivement chacune des quatre futures équipes pour des discussions intéressantes et riches. Chaque rencontre était précédée d'un exposé scientifique de bonne, voire de très bonne qualité donné par un jeune chercheur recruté récemment ou encore doctorant. Ont été intercalées en milieu de journée les rencontres avec le personnel administratif et les doctorants ; elles ont montré au comité la bonne ambiance régnant au sein du laboratoire. La fin de journée a été consacrée à une discussion entre le comité et l'équipe de direction du laboratoire à laquelle s'étaient joints le responsable du Département Ingénierie Mathématique et Informatique de l'ENPC et un représentant de l'INRIA, puis à la rencontre avec le Directeur de l'ENPC accompagné de son tout nouveau Directeur de la Recherche. Le comité s'est, par ailleurs, réuni à deux reprises à huis-clos (au début et à la fin de la visite).

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

Le Cermics est un bel exemple de parfait équilibre entre, d'une part, une recherche scientifique partenariale et des publications académiques de très bon niveau, voire au meilleur niveau mondial dans certains cas, et, d'autre part, une activité contractuelle et de valorisation vers le monde socio-économique sans beaucoup d'équivalents en France dans les laboratoires de mathématiques appliquées. Tous les membres du laboratoire sont publiants, et bien publiants, comme l'attestent le nombre et la qualité des publications sur la période 2004-2007. Il est intéressant de noter qu'un nombre non négligeable d'articles signés par les chercheurs du Cermics paraissent dans des journaux hors mathématiques appliquées (physique ou chimie par exemple). D'un point de vue scientifique, un point très fort du laboratoire est la collaboration existante entre les équipes de simulation moléculaire et de probabilités appliquées. Le comité tient à souligner, qu'à sa connaissance et dans ce domaine d'activités, cette collaboration à un tel niveau est unique en Europe et peut-être dans le monde.



Du côté des collaborations industrielles et du transfert technologique, le niveau contractuel est élevé, surtout avec des grands groupes. Cette forte activité et reconnaissance doit certainement beaucoup à la compétence des chercheurs du Cermics, mais il ne faut sans doute pas négliger, dans ces succès, l'effet attractif de l'ENPC, voire la solidarité du Corps des Ponts.

Deux des équipes du laboratoire sont partie prenante dans les Equipes Projets INRIA Micmac et Mathfi. Dans ce cadre, il nous a semblé qu'elles concourraient parfaitement aux missions de l'INRIA par leur excellence scientifique et la qualité de leur travail de transfert technologique. Nous renvoyons, par exemple, à l'évaluation par l'AERES du Centre INRIA de Rocquencourt pour un avis plus argumenté dans cette direction. Il a été évoqué, lors des discussions, la possibilité que les deux autres équipes du laboratoire se rapprochent également de l'INRIA ; cette piste semble avoir suscité l'intérêt des équipes en question et mérite d'être étudiée. Sur la période considérée, le laboratoire a pu recruter quatre jeunes chercheurs permanents grâce à l'appui fort de la direction de l'ENPC. C'est évidemment très positif. Il est néanmoins dommage, et peu conforme aux standards actuels des mathématiques françaises, que trois d'entre eux aient été formés au laboratoire. Si l'on comprend bien les contraintes statutaires du Cermics qui ne peut embaucher essentiellement que des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, on pourrait imaginer que les membres du Cermics qui découvrent ces jeunes talents (par exemple à l'occasion des cours donnés à l'Ecole Polytechnique) les incitent davantage à aller faire des thèses à l'extérieur, quitte à les recruter après leur thèse. Pour tempérer un peu cette consanguinité, il nous semblerait très positif que le laboratoire puisse accueillir assez rapidement un chargé de recherche INRIA pour l'un de ses projets.

Dans l'environnement immédiat, la question du rapprochement avec le LAMA (Laboratoire de Mathématiques de l'Université de Marne-la-Vallée) s'est posée et continue de se poser. Si cette idée semble intéressante pour la majorité des membres du Cermics, il est apparu que plusieurs chercheurs n'étaient pas vraiment convaincus par l'aspect positif d'un tel rapprochement et que les différences culturelles pouvaient le compromettre. Nous pensons que si le futur Institut de Mathématiques (INSMI) a vocation à accueillir tous les laboratoires de mathématiques français, le Cermics y a évidemment sa place et qu'un rapprochement avec le LAMA pourrait avoir l'avantage de lui donner une taille critique encore plus visible au niveau international. D'autant que les collaborations scientifiques existent déjà et qu'il a été évoqué des projets potentiels d'installation dans un nouveau bâtiment commun (actuellement les laboratoires sont distants d'une centaine de mètres). La reconnaissance du Cermics par le CNRS est évidemment liée à cette question. Au plan international, le rayonnement du laboratoire est d'abord celui de ses leaders scientifiques.

Du point de vue de la formation d'ingénieur, la participation des membres du Cermics aux cours de l'ENPC (via le système d'appels d'offres) est bonne puisque la plupart des chercheurs assure de l'ordre d'un tiers à un demi-service d'enseignant à l'ENPC (ou à l'Ecole Polytechnique pour certains d'entre eux). En ce sens, il nous a semblé que le laboratoire concourt efficacement à la formation des ingénieurs de haut niveau. On peut néanmoins regretter que le cours de base d'optimisation, qui est fondamental et transverse dans la formation des ingénieurs, n'ait pas été confié à l'équipe « Optimisation et systèmes » du Cermics qui a pourtant montré sa capacité à résoudre des problèmes industriels et pratiques, comme le souligne son activité contractuelle. Comme la direction de l'Ecole a réaffirmé sa volonté de maintenir une équipe de recherche sur ce thème, on peut recommander un minimum de concertation pour que cette équipe du Cermics se sente davantage soutenue. Les membres du Cermics interviennent également dans plusieurs Masters de la Région Parisienne. Ceci leur permet de compenser l'actuelle pénurie de doctorants en provenance des écoles d'ingénieurs. Il a été ainsi précisé qu'au maximum un élève civil de l'ENPC commençait une thèse chaque année au Cermics (et à peine plus d'élève du Corps des Ponts). Compte tenu de la qualité de ce recrutement, il est vraiment souhaitable d'arriver à attirer plus d'élèves ingénieurs vers une thèse. Le laboratoire est bien conscient de ce défi dont l'enjeu dépasse bien évidemment le seul Cermics.



4 • Analyse équipe par équipe et par projet

Le coeur d'expertise de l'équipe « Simulations moléculaires et multi échelles » est la simulation moléculaire dans tous ses aspects, et dans ses liens avec les échelles supérieures. Cette phrase du bilan scientifique exprime d'une manière concise la thématique et les objectifs de cette équipe de tout premier rang international. L'étendue des sujets traités et le niveau de la recherche scientifique sont réellement exceptionnels, comme le montrent les publications dans les meilleures revues de mathématiques appliquées et de chimie théorique ainsi que les activités éditoriales et d'organisation de programmes internationaux. L'équipe a su se placer sur une position unique dans le monde en ce qui concerne la combinaison fructueuse, en chimie moléculaire, de la modélisation, de l'analyse mathématique des modèles et de leur traitement numérique. De plus, au sein du laboratoire CERMICS, l'équipe a su nouer une très riche collaboration avec l'équipe de probabilités appliquées. C'est un point fort du laboratoire qui a ce niveau paraît unique sur le plan international, et qui est, néanmoins, essentiel pour de nombreuses questions fondamentales de la simulation moléculaire. Autant il est admirable qu'avec peu de personnes et de moyens l'équipe ait pu établir une telle position mondialement reconnue, autant il paraît très souhaitable de renforcer cette équipe et ses liens avec les probabilités appliquées par une croissance continue modérée, assurée peut-être en même temps du côté de l'INRIA que du côté de l'ENPC. Il faut enfin souligner que la méthodologie générale de cette équipe - modélisation physique, analyse mathématique et numérique, et simulation couplées - est fondamentale dans l'enseignement à destination des ingénieurs et est ici exemplaire au tout meilleur niveau.

Les travaux du CERMICS sur le thème de la mécanique des fluides sont d'excellente qualité. Ces recherches centrées sur les méthodes de Galerkin discontinues ont donné lieu à publication de nombreux articles dans les meilleures revues de mathématiques appliquées et apportent des avancées significatives dans la modélisation des interfaces dans le cas de problèmes stationnaires. En ce qui concerne les problèmes d'évolution, il faut noter les travaux sur la simulation numérique des écoulements de type Saint-Venant avec la prise en compte des zones sèches. Dans une autre direction, les études concernant la propagation des erreurs de modélisation sont un sujet porteur qui pourrait déboucher sur une réelle évaluation qualitative des simulations numériques. L'animation du GdR MoMaS autour de problèmes posés par la gestion des déchets nucléaires est un point fort du laboratoire. Dans un autre domaine, les recherches sur le thème des Equations aux Dérivées Partielles et Matériaux sont de tout premier plan et ont donné lieu à une série de travaux tout à fait remarquables. Ceux-ci concernent principalement l'étude théorique, la modélisation et le calcul effectif des lignes de dislocation. Les résultats présentés sont profonds et conduisent à d'importantes avancées dans la conception de nouvelles méthodes pour un calcul précis de la position du front. Ils ont été publiés dans les meilleures revues de mathématiques pures et appliquées. Des études connexes sur l'homogénéisation et l'élaboration de nouveaux modèles de plaques en élasticité sont également très prometteuses ainsi que les développements futurs en élastodynamique. Ces deux thématiques regroupées au sein d'une même équipe ne semblent pas donner lieu à des collaborations internes ce qui, quoique regrettable, ne devrait pas porter préjudice aux développements des activités scientifiques des deux permanents de cette équipe. Il paraît impératif de renforcer cette équipe par un recrutement rapide.

L'équipe « Optimisation et Systèmes » compte actuellement trois permanents, depuis le départ à la retraite il y a deux ans de l'un de ses cadres, et deux thésards. L'un des permanents doit d'ailleurs aussi partir à la retraite dans la prochaine période de quatre ans. Cette équipe a une très bonne activité contractuelle avec diverses entreprises privées et publiques, la première d'entre elles avec laquelle l'équipe a une relation privilégiée étant EDF. Les thématiques de l'équipe sont souvent dictées par les applications industrielles, mais elles correspondent à de vrais thèmes de recherche. La reconnaissance académique (niveau des publications et des invitations) de cette équipe est moindre que celle des autres équipes du Cermics et, finalement, la reconnaissance vient davantage du milieu industriel. Des entreprises viennent les chercher du fait de leur compétence indéniable sur leur thématique. De plus, il n'ont pas énormément de concurrence en France sur les domaines de l'optimisation avec contraintes en probabilité ou de la commande optimale stochastique. Parmi les applications envisagées par l'équipe, le comité souhaite encourager l'orientation vers les mathématiques pour la décision en environnement qui pourrait être un thème porteur de grand intérêt.



A noter également que l'expertise du laboratoire dans le domaine du logiciel (développement de NSP, participation au développement de PREMIA) se trouve essentiellement au sein de cette équipe. La direction de l'ENPC ayant réaffirmé l'importance stratégique du thème de l'optimisation, il paraît raisonnable d'envisager un renforcement de cette équipe, soit à l'aide d'un recrutement classique, soit pourquoi pas par la création d'une chaire « Optimisation » en liaison avec EDF.

L'équipe de probabilités appliquées concentre ses activités dans quatre directions : l'analyse probabiliste d'équations aux dérivées partielles non linéaires, les mathématiques financières, les modèles probabilistes en sciences du vivant, les approches probabilistes en chimie moléculaire. Ces thèmes ne sont pas exclusifs : l'équipe réalise aussi des travaux de premier plan en analyse stochastique (étude des formes de Dirichlet, par exemple). Les résultats obtenus sont impressionnants en qualité et en pertinence. Dans tous les cas les chercheurs de cette équipe ont su choisir des problèmes à la fois difficiles mathématiquement et importants du point de vue applicatif. Voici quelques exemples parmi d'autres : les idées originales et efficaces en réduction de variance pour les méthodes de Monte Carlo, qui seront utiles bien au-delà du cadre initial des mathématiques financières ; l'étude de modèles de vieillissement des cellules, en partenariat avec l'INSERM Necker ; l'étude qualitative et la simulation de systèmes stochastiques en chimie moléculaire. La qualité de ces recherches s'explique en partie par les collaborations fructueuses, en interne et en externe, que les probabilistes du CERMICS ont nouées depuis longtemps : en externe, plusieurs membres de l'équipe sont aussi membres de l'équipe-projet INRIA Mathfi et, à ce titre, collaborent activement avec d'excellents probabilistes de l'université Paris-Est Marne la Vallée ; ils participent aussi aux activités d'une chaire Ecole Polytechnique - Société Générale et d'une ANR, portée par le Cermics, sur le développement de grilles de calcul en mathématiques financières ; d'autres membres de l'équipe sont impliqués dans une ANR en sciences du vivant, une ANR sur les arbres aléatoires et leurs applications variées, et un programme de l'hôpital Necker ; en interne, plusieurs membres ont une collaboration fructueuse et originale avec l'équipe de simulation moléculaire du Cermics ; il s'agit d'une réussite exemplaire de fort impact dans le domaine. Ces collaborations remarquables, complétées par des contacts internationaux bien choisis, doivent être poursuivies et fortement soutenues par l'ENPC et les organismes partenaires, notamment l'INRIA. L'équipe a également une forte activité d'enseignement à l'École des Ponts et à l'École Polytechnique, et dans un master commun entre l'ENPC et l'université Paris-Est Marne La Vallée. Le taux d'encadrement de doctorants est très bon, et les thèses soutenues sont le plus souvent d'excellente facture. En résumé, cette équipe, de taille assez réduite, réussit à harmonieusement utiliser son fort bagage théorique pour traiter de sujets motivés par de vraies applications d'actualité scientifique ou industrielle forte, grâce à ses collaborations variées avec les probabilistes géographiquement voisins et avec les « analystes déterministes » du Cermics. Elle réussit à maîtriser parfaitement la chaîne complète modélisation - analyse du modèle - simulations numériques - analyse numérique - validation avec les praticiens. Tous pays confondus, il existe peu d'équipes engagées dans cette orientation exigeante à un tel niveau de réussite scientifique. La seule critique portera donc sur le programme de travail écrit qui manque de vision à long terme : l'équipe indique qu'elle poursuivra ses travaux en cours, ce qui est souhaitable ; nous aurions apprécié qu'elle précise aussi quelques objectifs structurants qui permettent de jurer de son avenir et de ses ambitions à horizon cinq ou six ans.

5 • Analyse de la vie de l'unité

– En termes de management :

Le Cermics étant un laboratoire de petite taille et assez homogène, l'ambiance y est bonne et le management assez souple. L'équipe de direction élargie comprend le directeur, le directeur-adjoint et les responsables d'équipe soit, six personnes. L'assemblée générale du laboratoire regroupe tous les membres et tient lieu de conseil de laboratoire. La politique scientifique de l'unité semble avant tout refléter les choix individuels des chercheurs. Il nous a été difficile d'évaluer en quoi elle pouvait ressortir d'une réflexion collective. L'annonce récente de la nomination de l'actuel directeur du Cermics comme responsable de la Recherche de l'ENPC conduit à se poser la question de la réorganisation de l'équipe « Simulation des fluides et solides ».



Cela nous paraît une bonne occasion pour que la communauté des chercheurs dans son ensemble participe à cette réflexion et soit force de proposition. L'encadrement de la quinzaine de thésards paraît très solide et régulier. Le fait que nombre d'entre eux bénéficient d'un double encadrement (souvent un senior assisté par un chercheur plus jeune) est particulièrement heureux et semble n'avoir que des avantages. Comme il est indiqué dans le document présentant le projet, il pourrait être bénéfique que plus de co-encadrements se fassent avec des laboratoires voisins.

— **En termes de ressources humaines :**

L'importance des ressources contractuelles, privées et publiques, fait que le laboratoire vit très bien (matériel informatique performant et récent, nombreuses missions y compris pour les doctorants). Bien sûr, le revers de la médaille en est une charge de travail assez lourde et en nette augmentation pour les deux personnels administratifs car, outre la gestion au quotidien (le nombre de missions a nettement augmenté ces dernières années), il faut y ajouter la gestion de la documentation ainsi que le secrétariat du GDR MOMAS. Malgré cela, les deux secrétaires nous ont confié se sentir bien dans cette structure. Elles déplorent juste un système de primes (au niveau de l'Ecole) peu discriminant.

— **En termes de communication :**

Il ne semble pas y avoir de politique de communication (ou vulgarisation) organisée au sein du laboratoire. Néanmoins, les chercheurs du Cermics participent à la promotion de la recherche en général et des mathématiques appliquées en particulier, d'une part au sein de l'ENPC (séminaire du département IMI par exemple), et d'autre part dans les sociétés savantes nationales (gros investissement au sein de la SMAI par exemple).

6 • Conclusions

— **Points forts :**

- La qualité scientifique globale est remarquable.
- Les interactions sont fortes et riches entre l'équipe de simulation moléculaire et l'équipe de probabilités appliquées.
- La notoriété internationale des leaders scientifiques est certaine.
- Les activités de transfert vers l'industrie, ainsi que les activités contractuelles, par exemple avec l'ANR, sont à un très bon niveau.

— **Points à améliorer :**

- Le recrutement, d'excellente qualité, est néanmoins un peu trop endogène.
- La structuration en petites équipes paraît parfois un peu artificielle et tout départ d'un permanent peut entraîner immédiatement le passage en effectif sous-critique et l'abandon d'une thématique.

— **Recommandations :**

- Il serait très positif pour le laboratoire et la diversité des recrutements qu'il y ait, dans un avenir proche, un recrutement de CR INRIA en particulier dans le projet Micmac.



- Les possibilités de rapprochement avec le LAMA (Laboratoire de Mathématiques de l'Université de Marne-la-Vallée), d'abord sous la forme d'une Fédération de recherche, avant d'envisager d'aller plus loin, doivent être explorées avec davantage de volonté de part et d'autre.
- La création d'un véritable séminaire régulier du Cermics est souhaitable.
- Dans la configuration actuelle, les équipes « Optimisation et systèmes » et « Simulation des fluides et solides » devraient être renforcées par des recrutements de qualité.

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 26 mars 2009

**Evaluation AERES CERMICS
(Centre d'Enseignement et de Recherche en Mathématiques et Calcul
Scientifique, tutelle : Ecole des ponts ParisTech)**

**Observations formulées par le Directeur de l'Unité de Recherche et par la
Tutelle au rapport du Comité d'Evaluation AERES**

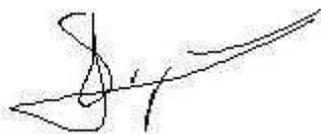
Monsieur le Directeur de la section des Unités de Recherche,

nous souhaitons remercier le comité d'experts pour l'intérêt porté au Cermics et pour son travail d'évaluation. L'évaluation positive sur la « qualité scientifique globale remarquable », la « notoriété internationale des leaders scientifiques certaine » et le « très bon niveau » des activités de transfert et des activités contractuelles, nous encourage fortement à poursuivre au meilleur niveau nos activités de mathématiques théoriques et appliquées au sein de l'Ecole des Ponts.

Nous joignons quelques éléments de réponse concernant les points à améliorer et les recommandations du rapport d'évaluation. Il nous semble que l'exploration des « possibilités de rapprochement avec le LAMA (laboratoire de mathématiques de l'Université de Marne La Vallée) » recommandée par le comité d'experts sera plus appropriée quand la période transitoire de mise en place du PRES de l'Université Paris-Est, et en particulier de ses départements scientifiques, sera achevée.

Par ailleurs, le Cermics est sensible à la remarque sur la taille critique de ses équipes. Plusieurs réponses peuvent être apportées suivant les thématiques comme le rapprochement avec le LAMA et/ou avec l'INRIA. Enfin, comme le recommande le comité d'experts, il est souhaitable de pouvoir maintenir des recrutements d'excellente qualité, qui assurent la pérennité et le développement des thèmes qu'il porte.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de nos salutations les meilleures.



Serge Piperno
Directeur de la Recherche
Ecole des Ponts ParisTech

SIGNE

Jean-François Delmas
Directeur du CERMICS