



**HAL**  
open science

## LGPM - Laboratoire de génie des procédés et matériaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LGPM - Laboratoire de génie des procédés et matériaux. 2009, École centrale des arts et manufactures. hceres-02033080

**HAL Id: hceres-02033080**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033080v1>**

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 de Génie des Procédés et Matériaux  
de l'Ecole Centrale de Paris



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 de Génie des Procédés

et Matériaux

de l'Ecole Centrale de Paris



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 de Génie des Procédés et Matériaux

Label demandé : EA

N° si renouvellement : EA 4048

Nom du directeur : M. Jean-Bernard GUILLOT

## Université ou école principale :

Ecole Centrale de Paris

## Autres établissements et organismes de rattachement :

## Date de la visite :

3 décembre 2008



# Membres du comité d'évaluation

## Président :

M. Michel SOUSTELLE, Ecole des Mines de Saint-Etienne

## Experts :

M. Denis ABLITZER, INP Nancy

M. Rémy NICOLE, Ingénieur Arcelor Mittal

M. Pierre AIMAR, Université Paul Sabatier Toulouse

M. Jean-Pierre CORRIOU, ENSIC Nancy

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

M. Christophe GOURDON, CNU.

# Observateurs

## Délégué scientifique de l'AERES :

M. Jean-Léon HOUZELOT

## Représentant de l'université ou école, établissement principal :

M. Jean Hubert SCHMITT, Directeur de la Recherche Ecole Centrale

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



# Rapport d'évaluation

## 1 • Présentation succincte de l'unité

- Effectif : 7 EC + 7 EC sur contractuel Ecole Centrale + 1 sur fonds propres, chercheurs, ingénieurs 3, doctorants 18, techniciens et administratifs 13,4 ;
- Nombre de HDR 9, nombre de HDR encadrant des thèses 8 ;
- Nombre de thèses soutenues 22 et durée moyenne lors des 4 dernières années 45 mois, nombre de thèses en cours 18 ;
- Nombre de membres bénéficiant d'une PEDR 2 ;
- Nombre de publiants 7 EC + 6 EC contractuels.

## 2 • Déroulement de l'évaluation

L'évaluation s'est déroulée sur une journée qui a été organisée en quatre temps.

Le premier temps a été consacré à une présentation générale du bilan faite par le Directeur du laboratoire, suivie par une présentation des deux thématiques de recherche par leurs responsables respectifs.

Le deuxième a été réservé à une visite du laboratoire volontairement limitée à quelques objectifs précis.

La troisième partie de la journée a été consacrée au projet et conclue par les auditions des représentants des différentes catégories de personnel et de celle du Directeur de la Recherche de l'Ecole Centrale.

Enfin dans la quatrième partie, les membres du comité se sont réunis entre eux pour échanger leurs impressions et conclusions.

Les présentations orales, volontairement en nombre limité (une par thème plus un exposé général du directeur) ont bien pris en compte l'ensemble des activités scientifiques correspondant à leur thématique scientifique. Chaque orateur a eu à cœur de présenter avec la même objectivité et le même souci de rigueur les résultats et projets de ses collègues que les siens propres. Le comité a apprécié ces efforts de synthèse et tient à remercier l'ensemble des intervenants.

Enfin, le document de présentation en deux parties, exposant l'une le bilan et l'autre le projet, est très bien rédigé et agréable à lire, il a été très apprécié par l'ensemble des membres du comité. Le plan est très clair et les différents aspects abordés sans fausse modestie mais également sans nier les difficultés sont bien représentatifs des activités du laboratoire.

Le comité a apprécié la mobilisation de l'ensemble du personnel du laboratoire et la qualité des présentations qui ont été faites tout au long de la visite.

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

Le laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux (LGPM) a été créé en janvier 2004, il résulte d'une restructuration de la recherche à l'Ecole Centrale en regroupant les activités de 3 laboratoires. Ainsi sont rassemblées dans un même laboratoire des thématiques scientifiques relevant du génie des matériaux et du génie des procédés. La recherche est organisée en 3 axes (surfaces et interfaces des matériaux, transferts aux interfaces, cycle de vie des matériaux).



Le laboratoire s'inscrit donc dans le potentiel de recherche de l'établissement. Il est structuré en sept unités de recherche, actives dans les cinq domaines scientifiques : - Matériaux et procédés - Mécanique, énergétique et combustion - Physique appliquée - Mathématiques appliquées, technologies et systèmes d'information - Génie industriel, économie et gestion.

L'activité du LGPM se situe donc en sciences de l'ingénieur qui constitue l'un des 3 pôles de structuration de la recherche que l'Ecole Centrale envisage de mettre en place dans le cadre de son contrat quadriennal 2010-2013. Le Laboratoire est apprécié pour son potentiel en modélisation/simulation et en caractérisation expérimentale.

Durant la période du dernier quadriennal, le travail d'analyse et de prospective qui a été mené par le laboratoire se révèle tout à fait intéressant et a bien permis de mettre en évidence certaines forces et certaines faiblesses. La fougue et l'implication remarquable de jeunes enseignants-chercheurs est tout à fait louable et gage d'un avenir certain. Il faut tout mettre en œuvre pour l'utiliser à bon escient pour le laboratoire et l'Ecole.

Le laboratoire possède une base scientifique sérieuse qu'il devrait mieux révéler et une dextérité au maniement du couple modélisation - expérimentation, cœur du Génie des Procédés, qu'il devrait mieux faire connaître.

Depuis sa création, le LGPM a su nouer des collaborations inter-équipes au sein du laboratoire ainsi qu'avec d'autres laboratoires de l'ECP (SPMS par exemple). La position du LGPM dans le cadre de la politique de site (Institut Carnot avec Supélec, PRES Universud, ENS Cachan, ...) reste cependant à préciser et à affirmer.

Grâce à cet effort de restructuration, le laboratoire possède certaines armes pour se développer et conduire une direction de recherche originale. Il devra par contre résoudre deux problèmes.

Le premier concerne la question de trouver un directeur au laboratoire très rapidement, la direction de l'Ecole devrait aider à trouver une solution. La publication d'un poste PR1 en vue de remplacer l'actuel directeur qui part à la retraite est un signal clair démontrant la volonté de doter ce laboratoire d'un leader capable de poursuivre la démarche de cohésion entreprise en 2004.

Le deuxième problème est lié à la pyramide des âges du laboratoire largement bimodale. Un effort doit être fait pour mieux lier les compétences des seniors et celles des « étoiles montantes ». Le discours scientifique y gagnerait à la fois en profondeur et en globalité.

Par ailleurs les membres devront plus prendre en compte la nécessité de rendre visible le laboratoire par le développement des publications et une définition plus approfondie d'un corpus scientifique qui apparaîtrait clairement comme l'épine dorsale de l'ensemble des activités. Les thèmes de recherche pourraient alors être mieux définis à partir de ce corpus plutôt qu'à partir du passé comme cela a été le cas.

Au niveau national, le laboratoire se positionne par la participation à trois projets ANR en cours qui concernent les 2 axes du projet de recherche du Laboratoire, ce qui témoigne de l'implication du LGPM dans le tissu de la recherche à l'échelon national. La recherche partenariale est d'ailleurs une tradition bien établie à l'ECP et le laboratoire a des relations suivies avec des grands groupes (Arcelor, Alcan, Eramet, CEA, Veolia, BRGM, CNES, NASA ...), avec juste un léger fléchissement dans les activités contractuelles en 2006. Cependant, certains des thèmes mériteraient d'être mieux ancrés dans la communauté nationale, ce qui permettrait d'accroître leur visibilité et leur reconnaissance, par exemple : mécanisme de mouillage, émulsification, germination/croissance d'oxydes, flottation, procédés membranaires. Les approches multi-échelles (nano-micro-macro) ou de simulation directe sont pertinentes et doivent être l'occasion de renforcer les liens avec la communauté scientifique à l'échelon national, pourvu que l'affichage « génie de l'élaboration de matériaux » soit maintenu en privilégiant l'aller-retour entre caractérisation à l'échelle microscopique et procédé. Certains thèmes, qu'ils soient historiques ou plus récents, constituent des niches originales à préserver, car sans grande concurrence sur le plan académique national : la tribologie ou la mouillabilité de surfaces hétérogènes par métaux liquides, ou l'extraction liquide-liquide ou solide-fluide avec leurs applications en santé ou en analyse de traces (nanodétection). La thématique bio-procédés est résolument bien ancrée dans la politique de site (Pharmacie Châtenay, Supélec) et affiche un projet de développement au sein du Pôle de Compétitivité Agroressources en Champagne-Ardenne.

Les collaborations internationales sont très inégalement réparties selon les thèmes et mériteraient d'être accrues sur les thèmes d'excellence (simulation directe, modélisation interfaciale et caractérisation



expérimentale) en mettant davantage l'accent sur les méthodologies que sur les applications. A ce jour, le laboratoire participe à quatre contrats européens sur la thématique surfaces-interfaces. Plus généralement, le LGPM gagnerait en visibilité internationale par une politique incitative de publications dans des revues de notoriété internationale et une participation active à des congrès de renommée internationale.

## 4 • Analyse équipe par équipe et par projet

### Thématique : Surfaces et interfaces des matériaux

Cette thématique rassemble des recherches originales et diverses de grande qualité sur le plan expérimental.

Les études de mouillage de surfaces hétérogènes métal/oxydes par les métaux liquides, de mouillage de matériaux par des émulsions, de formation de bulles à la surface d'électrodes sont finement caractérisées. Elles gagneraient encore à faire l'objet de modélisations fines basées en particulier sur la thermodynamique. Les collaborations industrielles, ANR et contrats européens témoignent de la qualité des recherches. Toutefois, ces dernières seraient mieux connues si elles faisaient l'objet d'articles plus nombreux dans des revues internationales.

Les études de germination, croissance de couches minces, de particules, de modélisation des réactions d'interface, sont également bien menées. La modélisation thermodynamique et cinétique est encouragée. A nouveau, on peut regretter le faible nombre d'articles.

Les études de comportement mécano-chimique des surfaces, principalement tribocorrosion, concernent une recherche pointue, menée en collaboration avec de nombreux partenaires académiques, et sont bien valorisées en termes de publications.

Les perspectives des études de mouillage et de couches minces sont pertinentes et prometteuses à condition que ces recherches continuent à être soutenues par le secteur industriel, ce qui est le cas actuellement. Les moyens expérimentaux mis en œuvre sont également de grande qualité. Toutefois, ces recherches reposent pour l'essentiel sur une seule personne au lieu d'une équipe rajeunie qui devrait être constituée à l'avenir.

Les études de tribocorrosion constituent une niche intéressante, bien assise expérimentalement et à l'international, qui pourrait encore mieux se développer en collaborant efficacement avec les électrochimistes du laboratoire, afin de réaliser une entité plus importante, à rajeunir également.

De manière générale, il est souhaitable que ces recherches expérimentales de qualité soient mieux connues par la communauté scientifique à travers des articles, et que les jeunes chercheurs soient soutenus dans leur effort de recherche. En outre, toutes les activités de l'axe gagneraient beaucoup dans un développement fort de la modélisation qui est largement absente, et donc un renfort humain dans cette direction doit aussi être recherché.

### Thématique : Transferts aux interfaces

Cette thématique rassemble des recherches développées dans 5 sous thématiques :

Les « métaux liquides » fournissent des sujets de simulation d'écoulements en milieux poreux avec capture de particules qui constituent des travaux de bonne facture et dont la portée dépasse sans doute celle de l'application originale.

L'extraction liquide-liquide est abordée depuis le niveau de la réaction (extraction réactive) jusqu'à la mise en œuvre opérationnelle sur colonnes de laboratoire. Notons que le laboratoire est l'un des derniers à s'intéresser à cette opération unitaire malgré son importance industrielle en particulier dans le domaine pharmaceutique et nucléaire.

L'extraction solide-fluide a de son côté une vocation plus analytique, avec par exemple une application dans l'analyse d'acides aminés par chromatographie chirale.



Les travaux sur les technologies basées sur des membranes portent sur plusieurs sous-thèmes : séparations de gaz, électrodialyse classique et bipolaire, filtration membranaire.

Les procédés de culture de micro algues constituent le support de recherches sur les stratégies de contrôle et commande, se basant sur des modèles de croissance *Porphyridium purpureum*.

La production scientifique qui fait ressortir une trentaine d'articles et de nombreuses collaborations industrielles est honorable mais mériterait d'être mieux connue à l'extérieur. Les perspectives qui sont proposées par cet axe demeurent assez nombreuses, si ce n'est dispersé dans les applications. On retrouve les sous-thèmes passés et notamment l'élaboration et le traitement de métaux liquides, l'utilisation des émulsions dans le domaine de la santé, l'analyse de composés traces pour des applications spatiales et enfin les procédés membranaires, avec encore deux sous thèmes : la filtration de tensio-actifs et la modélisation de l'électrodialyse bipolaire.

Le foisonnement de sous-thèmes masque partiellement l'originalité des recherches et leur pertinence. Dans ce thème, en fait, le laboratoire combine un métier très pointu de chimie analytique à travers différentes techniques (séparation liquide - liquide, chromatographie chirale, vectorisation émulsionnelle, fonctionnement des tensio-actifs, électrodialyse, ...) et une capacité nouvelle très originale de modélisation locale des processus de séparation aux interfaces ou au sein des membranes. Ce métier de base est décliné dans la simulation du procédé au stade pilote, étape indispensable au passage à l'industrialisation (colonnes de séparation liquide - liquide, électrophorèse, pilotage des bioréacteurs). Le nombre et la variété des collaborations industrielles témoignent de la pertinence des méthodologies expérimentales et de la modélisation développée.

L'impression globale, laissée par cette thématique, est celui d'une activité importante, en forte connexion avec une demande industrielle variée, qui produit des résultats de qualité. Les perspectives proposées se situent dans la continuité du bilan, ce qui en soit ne pose pas de problème. Il apparaît souhaitable de recentrer les sous-thèmes en les détachant plus des applications industrielles et en progressant en direction d'une formulation plus générique des compétences originales développées par le laboratoire.

Le rythme de publication est inégal selon les thèmes, et la visibilité. Le laboratoire doit améliorer sa communication sur les aspects originaux développés et se faire véritablement un nom sur ce thème dans la communauté scientifique. Pour cela le laboratoire créera ou renforcera des liens avec des laboratoires français et renforcera sa participation à des conférences internationales (voire à leur organisation).

#### Thématique : Cycle de vie des matériaux

Cette thématique comprenait 5 sous-thèmes de recherche, deux d'entre eux ont été abandonnés au cours de la période 2005-2008 ; en ce qui concerne les trois autres, ils ne sont pas considérés comme prioritaires dans le projet du futur laboratoire. Ceci témoigne de la capacité du laboratoire à faire des choix et à établir ses priorités. Ce thème a été productif en thèses, publications et communications.

Le sous-thème matériaux carbonés a donné lieu à deux thèses avec des partenaires industriels (ArcelorMittal, Vale) ; des méthodes originales ont été développées pour caractériser le comportement des charbons dans les fours à coke (TGA- ATD et FTIR) en liaison avec leur microstructure. Un travail de compréhension du comportement des coques lors de la réduction des minerais de manganèse est entrepris actuellement.

L'important travail réalisé par le laboratoire dans le domaine des charbons et du coke devrait conduire à capitaliser ces résultats.

Le sous-thème interaction métal - hydrogène a donné lieu, ces dernières années, en liaison avec plusieurs industriels (GdF, Vallourec, Electropoli), à des travaux nouveaux. Les méthodes utilisées et développées par le laboratoire (perméation, désorption thermique, analyse de l'hydrogène à  $10^{-1}$  ppm) visaient à relier la fragilisation par l'hydrogène aux microstructures, en particulier dans le cas des aciers à haute résistance, problème qui connaît un regain d'intérêt.

Les sous-thèmes relatifs au recyclage des effluents ou des polymères, bien qu'ayant donné lieu à des approches parfois originales (solvolyse des polymères ou des résines sur tôles d'aluminium) ont été abandonnés ; la compétence existe néanmoins et pourrait, ponctuellement, être activée. Enfin le sous-



thème bio-corrosion des aciers inoxydables dans l'eau naturelle a donné lieu à plusieurs thèses et publications mais a été finalement abandonné.

L'ensemble de ce thème n'est pas repris dans le nouveau projet du laboratoire. Ceci s'explique sans doute en partie par le fait qu'il regroupait un certain nombre de sujets souvent difficile à relier entre eux et provenant de l'histoire du laboratoire. Cependant un certain nombre de problèmes abordés garde toute leur actualité et mériterait encore qu'on s'y intéresse. C'est en particulier le cas des interactions métal - hydrogène. Le comportement de l'hydrogène en surface reste encore obscur et pourrait faire éventuellement l'objet de travaux futurs dans le cadre de l'axe surfaces et interfaces du laboratoire. L'important travail réalisé devrait conduire à capitaliser les résultats et méthodologies mises au point.

## 5 • Analyse de la vie de l'unité

### — En termes de management :

Le laboratoire souffre à l'évidence d'un manque de visibilité externe, de reconnaissance et de notoriété. Il existe cependant une potentialité de publications non exploitée notamment en cours ou à l'issue des thèses. Ce manque de visibilité est également dû à un déficit de personnel habilité à diriger des recherches. Il faut veiller à ce que les jeunes seniors prennent le temps de s'investir dans la préparation de ce diplôme. Charge à la direction de tout faire pour qu'ils en aient les moyens en temps.

Le laboratoire apporte des idées novatrices certaines même s'il a des difficultés à les lier entre elles. Des avancées tant techniques qu'en matière de modèle sont aisément relevées. Cependant le laboratoire souffre de l'absence d'une épine dorsale scientifique cohérente, structurée qui lui soit propre et commune à tous ses membres.

Bien qu'étant un laboratoire de génie des procédés et matériaux, le laboratoire n'a pas encore su raccorder ces deux disciplines et le comité déplore encore une césure qui devrait pouvoir se combler à travers une motivation et une utilisation plus rationnelle des enseignants -chercheurs les plus avancés dans la carrière.

Le projet présenté constitue indéniablement une bonne base pour construire un projet en profondeur qui n'apparaît pas encore aujourd'hui. Une identification des objectifs devrait être mieux affichée en les articulant autour d'outils expérimentaux spécifiques au laboratoire qui existent ou sont en germe et d'un corpus scientifique en matière de modélisation qui constituerait l'épine dorsale dont l'absence a été regrettée au paragraphe précédent.

### — En termes de ressources humaines :

Bien que d'énormes progrès aient été accomplis au cours de la dernière période, du chemin reste encore à faire et en particulier il faut résoudre à très court terme le problème de trouver un nouveau directeur. La publication d'un poste PR1 en vue de remplacer l'actuel directeur qui part à la retraite est un signal clair démontrant la volonté de doter ce laboratoire d'un leader capable de poursuivre la démarche de cohésion entreprise en 2004.

Une politique timide d'incitation auprès de chercheurs juniors à présenter des habilitations à diriger des recherches constitue de plus un obstacle à la recherche d'une solution in situ pour la direction future du laboratoire.

Cela est possible avec une volonté marquée de la direction actuelle et de certains jeunes acteurs.

Durant les entretiens avec les chercheurs, doctorants, et techniciens, il ressort que l'on ne distingue pas nettement l'adéquation entre le projet du laboratoire et celui de l'Ecole mis en place par la direction.



- En termes de communication :

Le laboratoire jouit d'une excellente réputation dans le milieu industriel de la recherche comme en témoignent les nombreux travaux menés en collaboration et à la demande du milieu économique et les start-up issues du laboratoire. Les publications techniques, en particulier dans les « techniques de l'Ingénieur » sont un atout considérable et confortent cette reconnaissance industrielle. Hélas le comité déplore une performance moindre en matière de reconnaissance scientifique, visiblement les efforts ne sont pas optimisés en la matière.

## 6 • Conclusions

- Points forts :
  - Dynamisme et enthousiasme des équipes et des jeunes seniors
  - Bon soutien et excellentes relations avec le milieu économique
  - Forte compétence technique par le personnel et le matériel
  - Bonne complémentarité expérience - modélisation
  - Forte implication en enseignement
- Points à améliorer :
  - Incertitude sur la direction
  - Visibilité scientifique insuffisante
  - Dichotomie persistance génie des procédés et matériaux
- Recommandations :
  - Mettre en place une stratégie permettant le développement des carrières avec en particulier un fort soutien aux passages des habilitations à diriger les recherches.
  - Accroître le nombre de publications scientifiques notamment pendant et à l'issue des thèses et surtout sur les aspects originaux des travaux du laboratoire.
  - Création ou renforcement de liens avec des laboratoires français ou européens ayant des compétences complémentaires (Toulouse, Nancy, Bordeaux, ENS, Kayserlautern, ...)
  - renforcer les compétences de cœur de métier par un soutien particulier de la direction de la recherche de l'Ecole au niveau des personnels et du développement des méthodologies expérimentales.
  - Structurer un corpus scientifique définissant le laboratoire autour de la discipline Génie des Procédés et Matériaux.
  - Une jeune équipe, capable de prendre toute sa part aux responsabilités, a émergé au cours de ce premier effort de restructuration, il faut maintenant lui apporter tout le soutien afin qu'elle définisse les compétences à développer et la manière de le faire dans les toutes prochaines années.
  - Inciter à la présentation d'habilitations à diriger les recherches.

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	B	A	B