



# LEMMA

## Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LEMMA. 2011, Université de La Rochelle, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02035131

**HAL Id: hceres-02035131**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02035131>**

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 de l'AERES sur  
l'unité :

Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs  
(LEMMA)

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de la Rochelle

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 d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs  
(LEMMA)

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de la Rochelle

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Janvier 2011



## Unité

Nom de l'unité : Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs

Label demandé : UMR CNRS

N° si renouvellement : EA 3167

Nom du directeur : M. Xavier FEAUGAS

## Membres du comité d'experts

Président :

M. Philippe MARCUS, ENSCP, Chimie ParisTech

Experts :

Mme Christine BLANC, ENSIACET, Toulouse

M. Jean-Yves CAVAILLE, INSA, Lyon, représentant le CNU

M. Edgar RAUCH, INPG, Grenoble

M. Krzysztof WOLSKI, ENSM.SE, Saint-Etienne

## Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Alain VAUTRIN

Représentants des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Gérard BLANCHARD, Président de l'Université de La Rochelle

M. Francis ALLARD, Vice-Président du Conseil Scientifique de l'Université de La Rochelle



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite par le comité d'évaluation du Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs (LEMMA) de l'Université de La Rochelle a eu lieu les 6 et 7 janvier 2011 et s'est déroulée suivant le programme préalablement établi. L'après-midi du 6 janvier a été consacré à une réunion du comité à huis clos puis à la présentation du bilan de l'activité du LEMMA par son directeur, suivie de quatre exposés des thématiques. Ces présentations ont été faites en présence de tous les membres du laboratoire. La première partie de la matinée du 7 janvier a permis au comité d'effectuer une visite de l'ensemble du laboratoire, visite jalonnée par la présentation d'affiches réparties en cinq postes. Cette visite a permis d'établir un contact direct avec les personnels permanents et non-permanents du laboratoire et de découvrir les équipements du LEMMA. La deuxième partie de la matinée était consacrée à la présentation du projet du LEMMA par son directeur. A cette présentation suivie de questions ont succédé des rencontres séparées avec différentes catégories de personnels : les maîtres de conférences puis les personnels IATOS et enfin les doctorants. Après le déjeuner, la visite s'est poursuivie par une rencontre à huis clos avec les tutelles du LEMMA. Cette rencontre a eu lieu en présence du directeur du laboratoire. La visite s'est terminée par une délibération du comité d'évaluation à huis clos. Les membres du comité tiennent à souligner la qualité des présentations orales et des affiches.

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

L'Université de La Rochelle a été créée en 1993 et le LEMMA a été créé dès la même année. Avec un statut de Jeune Equipe en 1996, ce laboratoire est devenu Equipe d'Accueil en 2000. Le LEMMA a participé comme membre fondateur à la création de la Fédération de Recherche « Environnement pour le Développement Durable » (EDD) en 2006.

Le champ d'activité du LEMMA est l'étude de la dégradation et de la protection des matériaux. Le laboratoire est organisé non pas en équipes mais en thématiques. Quatre thèmes de recherche sont affichés :

1. Corrosion en milieux aqueux et environnements marins (CMAEM) ;
2. Protection, revêtements polymères et métalliques, traitement de surface (PRPMTS) ;
3. Durabilité des matériaux à haute température (DMHT) ;
4. Etats métallurgiques et réactivité des surfaces (EMRS).

Pour mener sa politique scientifique, le LEMMA s'appuie sur de solides compétences dans les domaines de la métallurgie, de l'électrochimie et de la mécanique des matériaux. Il dispose également d'un ensemble important d'équipements partagés entre le laboratoire proprement dit et le centre commun d'analyses de l'université. La corrosion, et d'une façon générale la dégradation et la protection des matériaux, constituent un enjeu scientifique, technologique et économique majeur. Les préoccupations sociétales actuelles, de développement durable et de respect de l'environnement, renforcent encore l'intérêt de cette thématique.

Le LEMMA poursuit à la fois des recherches à caractère fondamental visant la compréhension des mécanismes et des recherches à caractère appliqué, menées dans le cadre d'un partenariat industriel fort.



- Equipe de Direction :

La direction du LEMMA est assurée par M. Xavier FEAUGAS (Université de La Rochelle). Le directeur-adjoint est M. Gilles BONNET, également à l'Université de La Rochelle.

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

|   | Dans le bilan | Dans le projet |
|---|---------------|----------------|
| N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (18 avec un prof en délégation depuis mars 2010).  | 17            | 17             |
| N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)   | 0             | 0              |
| 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)   | 1             | 1              |
| N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (1 ADM à temps plein attaché à la direction + 4 TECH/ING chacun à mi-temps, ce qui correspond à 3 ETP, on ne retient dans le tableau que les 4 TECH/ING, soit 2 ETP) | 2 (3)         | 2 (3)          |
| N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (attaché à la direction, n'apparaît pas dans les thématiques cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)   | 1             |                |
| N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)  | 18            |                |
| N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées  | 10            | 10             |

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

Sur le plan scientifique, l'activité du LEMMA est globalement de très bonne qualité. L'analyse détaillée par thématiques fait cependant apparaître quelques disparités, particulièrement au niveau du rayonnement et de l'impact internationaux des travaux de recherche.

Un point très positif est que le LEMMA, depuis la dernière évaluation, a su recentrer ses thèmes de recherche ; ce qui lui a permis d'atteindre un bien meilleur niveau dans ses recherches fondamentales, tout en maintenant une activité contractuelle importante, intéressante sur le plan technique et nécessaire sur le plan financier.

Ce resserrement des thématiques scientifiques, qui nécessite d'être sélectif sur les offres de collaboration industrielle, s'est ainsi avéré très bénéfique pour le LEMMA en lui évitant le risque majeur de la dispersion des thématiques.

Le recentrage des thématiques, la sélectivité dans le choix des sujets, et le bon équilibre entre recherche à caractère fondamental et recherche finalisée ont permis au LEMMA d'acquiescer une position forte, au niveau régional et national, et de beaucoup progresser dans sa visibilité internationale.

- Points forts et opportunités :

Le LEMMA bénéficie de nombreux atouts. Il rassemble une équipe bien formée, jeune, dynamique, ambitieuse. Il a pu faire l'acquisition, avec l'aide du centre commun d'analyses, de nombreux équipements qui lui donnent une



grande autonomie dans la réalisation de ses recherches. Il bénéficie du soutien affirmé de l'Université de La Rochelle. Il est un acteur majeur de la Fédération de Recherche EDD (Environnement pour le Développement Durable) et d'une façon plus générale, de la politique scientifique de l'Université.

Les recherches poursuivies par le LEMMA se situent dans un domaine - la corrosion, la dégradation et la protection des matériaux - qui revêt une grande importance sur le plan scientifique, technologique et économique, et les résultats de ces recherches doivent répondre à une demande sociétale forte, le développement durable et le respect de l'environnement.

Ce champ d'activité permet sans aucun doute de mener à la fois une recherche fondamentale de haut niveau et des recherches finalisées avec un fort partenariat industriel.

- **Points à améliorer et risques :**

Si le LEMMA a su conforter sa position sur le plan national, une marge de progrès existe pour améliorer sa visibilité au niveau international et renforcer ainsi son attractivité.

Cette visibilité internationale est déjà largement acquise pour la thématique EMRS (Etats métallurgiques et réactivité des surfaces) et en bonne voie pour les thématiques CMAEM (Corrosion en milieux aqueux et environnements marins) et DMHT (Durabilité des matériaux à haute température) ; des efforts doivent être faits pour atteindre le même niveau de reconnaissance sur la thématique PRPMTS (Protection, revêtements polymères et métalliques, traitement de surface).

- **Recommandations :**

Le comité encourage le LEMMA à poursuivre les efforts déjà entrepris au cours des dernières années et qui ont largement porté leurs fruits : resserrer les thématiques, se montrer sélectif dans le choix des contrats de recherche, favoriser les contrats qui se trouvent en aval direct des recherches à caractère fondamental, renforcer la participation aux congrès internationaux, publier dans des revues à facteur d'impact élevé, de façon à améliorer la visibilité internationale. Ainsi, sur un nombre limité de sujets et en s'appuyant sur les compétences les plus fortes et les plus originales, le LEMMA pourra atteindre un niveau d'excellence reconnu sur le plan international.

- **Données de production :**

|   |      |
|---|------|
| A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet | 17   |
| A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet                | 0    |
| A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$  | 100% |
| A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)   | 3    |
| A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)  | 18   |

### 3 • **Appréciations détaillées :**

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

Les recherches menées par le LEMMA ont pour objectif une meilleure compréhension des mécanismes de dégradation et de vieillissement des matériaux, en particulier des matériaux métalliques soumis à un environnement agressif. Cette thématique est pertinente car, d'une part, elle correspond à une véritable problématique scientifique,



qui a pour caractéristique d'être pluridisciplinaire (métallurgie, électrochimie, surfaces et interfaces, mécanique) et, d'autre part, elle répond à une forte demande industrielle, se traduisant par de nombreuses opportunités de recherches partenariales avec le monde socio-économique.

Les recherches menées par le LEMMA sont originales. Ainsi, à titre d'exemple, sur la thématique CMAEM, les recherches portent sur les mécanismes de corrosion en relation avec la nature des produits de corrosion et s'appuient sur la caractérisation fine des produits de corrosion par spectroscopie RAMAN. Cette approche originale est à la source de travaux de grande qualité. Encore à titre d'exemple, les recherches menées au LEMMA sur la thématique EMRS mettent en jeu le couplage original entre essais mécaniques, mesures électrochimiques, caractérisation microstructurale et modélisation micromécanique. Ici encore, une qualité de résultats incontestable en découle.

La production scientifique est globalement d'un bon niveau : 127 ACL / 4 ans / 17 EC ce qui donne 1,86 ACL/an/EC et une répartition homogène par thématique : 1,8 ACL/an/EC pour CMAEM, 2 pour PRPMTS, 1,5 pour DMHT et 2 pour EMRS. Avec 61 ACTI en plus la production scientifique est de 2,8 ACL+ACTI/an/EC. Toutes ces publications paraissent dans des journaux scientifiques dont le facteur d'impact est bon (sans être très élevé), et qui surtout sont bien diffusés et font autorité dans la communauté scientifique dans laquelle le LEMMA se situe, par exemple: Corrosion Science (avec 18 publications au cours de la période de contractualisation), Electrochimica Acta (avec 13 publications au cours de la même période).

Une politique active visant à encourager la participation des enseignants-chercheurs et des doctorants aux congrès nationaux et internationaux est mise en œuvre. Les soutenances de thèses et d'habilitation à diriger des recherches se font à un rythme soutenu (ainsi le nombre de thèses en cours au LEMMA est de 20, le nombre de thèses soutenues était de 3 en 2006, 4 en 2007, 3 en 2008, 5 en 2009 et 2 en 2010, soit en moyenne 3 à 4 thèses soutenues par an, avec une durée moyenne de 40 mois).

Les relations contractuelles sont nombreuses. Le LEMMA est très sollicité de ce point de vue et le problème n'est pas tant de trouver des partenaires que d'être sélectif dans ce partenariat. Avec à son actif quatre contrats européens, cinq ANR et 34 partenaires industriels, le LEMMA apparaît performant dans sa politique partenariale.

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

Si le positionnement local, régional et national du LEMMA est maintenant bien établi, son rayonnement international, fortement en progrès, doit pouvoir être encore amélioré au cours de la prochaine période de contractualisation. Le nombre d'invitations à donner des conférences invitées dans des congrès internationaux, qui est l'un des critères du rayonnement international, est en forte croissance (10 conférences invitées à l'international sur 24 au total). Cependant, la répartition thématique des conférences invitées est loin d'être uniforme. Le recrutement de doctorants par le LEMMA fonctionne bien. Un rayonnement international accru permettrait d'attirer aussi des post-doctorants de haut niveau venant de pays autres que la France.

En ce qui concerne la capacité à obtenir des financements externes, le LEMMA, comme cela a déjà été indiqué, se place extrêmement bien.

En termes de programmes internationaux, notamment de programmes européens, les résultats du LEMMA sont bons, avec 4 contrats européens. Ce bon niveau de participation à des contrats européens est aussi un critère de visibilité internationale.

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

Le comité a été favorablement impressionné par la qualité de la vie professionnelle à l'intérieur du LEMMA. Cette qualité de vie est en partie liée à la gouvernance, qui a su créer une réelle dynamique au sein du laboratoire. La structuration en thématiques, de préférence à une structure par équipes, donne de bons résultats. L'ensemble du personnel semble adhérer à la vision du directeur du laboratoire.

La rencontre avec les maîtres de conférences a donné au comité une impression très positive. Ils se sont déclarés très satisfaits de pouvoir participer aux congrès internationaux. Ils jugent positive la liberté qu'ils ont de participer au montage de projets, même si cette activité leur prend beaucoup de temps. Il n'y a pas d'instance d'élus au sein de laquelle la stratégie scientifique du laboratoire est discutée, mais ces discussions ont néanmoins lieu en interne dans les différentes thématiques. Une remarque faite au cours de cette réunion est que grades et fonctions





sont assez faiblement corrélés. Enfin, une certaine crainte que le passage aux compétences élargies nuise au fonctionnement du laboratoire est apparue au cours de cette rencontre.

De la réunion avec les personnels ingénieurs, administratifs et techniciens (IATOS), qui comprennent un ingénieur de recherche, un assistant-ingénieur, deux techniciens et une gestionnaire, il ressort que, s'ils sont satisfaits de leur activité, ils soulignent qu'il est difficile de gérer les priorités du fait d'une charge de travail très importante. Cette situation est liée au fait qu'ils participent à l'enseignement et à la recherche à raison d'environ 50% en enseignement et 50% en recherche. Seule la gestionnaire est affectée à 100% au laboratoire. Ainsi un déficit en personnel technique apparaît nettement.

Le personnel IATOS émarge aussi à plusieurs thématiques. Ces personnels sont bien intégrés aux différents projets. Ils sont d'ailleurs associés comme co-auteurs à une partie des publications, ce qui est important pour l'évolution de leur carrière. Ils exercent aussi une certaine autorité sur les doctorants.

En ce qui concerne l'hygiène et la sécurité, leurs responsables ont indiqué au comité que toutes les idées peuvent être soumises au directeur du laboratoire. Une formation est dispensée aux entrants, aux invités et aux stagiaires de courte durée sous forme d'un document écrit et d'une présentation « PowerPoint ». Un registre consigne les éventuels accidents ou incidents. Le document unique d'évaluation des risques est régulièrement mis à jour.

La rencontre du comité avec les doctorants a montré que ceux-ci sont vraiment satisfaits de faire partie de ce laboratoire. Ils considèrent qu'ils sont bien encadrés, qu'ils disposent des moyens nécessaires à la réalisation de leur travail de thèse. Ils apprécient d'avoir une certaine autonomie sur les moyens de caractérisation mais en revanche, ils indiquent aussi le manque de personnel technique pour développer des montages expérimentaux. Ils apprécient de pouvoir participer à des congrès nationaux et internationaux. Plusieurs d'entre eux ont pris part au congrès EUROCORR qui s'est tenu en 2010 à Moscou. Certains ont déjà prévu de participer aux prochains congrès EUROCORR à Stockholm en 2011 et à Istanbul en 2012. En termes de publications, l'objectif fixé est de publier en moyenne 2 articles par doctorant sur la durée de sa thèse. En ce qui concerne l'origine des doctorants, un tiers est recruté localement et deux tiers viennent du reste de la France ainsi que du Maroc, de l'Algérie et du Vietnam.

La création d'un conseil de laboratoire, qui avait été recommandée par le précédent comité de visite, a certainement rendu plus transparente la gouvernance du LEMMA. L'introduction de membres élus au conseil du laboratoire serait peut-être à considérer.

Sur le plan de l'animation scientifique, des séminaires externes sont organisés régulièrement, leur fréquence reste toutefois modeste.

Les membres du LEMMA sont fortement impliqués dans les activités d'enseignement, en particulier dans le cadre de la formation en « ingénierie des matériaux métalliques, composites et polymères pour environnements agressifs ». Les enseignants-chercheurs du laboratoire participent très activement à ce Master en « Sciences et Génie des Matériaux » et au projet d'école doctorale commune aux trois établissements du PRES « Limousin-Poitou-Charentes », centré sur les sciences pour l'environnement.

La rencontre avec le Président de l'Université de La Rochelle et le Vice-président du Conseil Scientifique a permis au comité de mieux connaître la stratégie recherche de l'Université de La Rochelle. Celle-ci a un positionnement fort sur la problématique de l'environnement, avec une approche pluridisciplinaire. Ainsi l'université a créé une fédération de recherche, la fédération EDD (Environnement pour le Développement Durable), à laquelle appartiennent trois laboratoires : le LEMMA, le LEPTIAB et l'UMR « Littoral, Environnement, Société » (LIENSs). Par ailleurs, l'Université de La Rochelle appartient au PRES « Limousin-Poitou-Charentes ». Le comité de visite a noté que le LEMMA était considéré comme l'un des piliers de la fédération EDD, qu'il occupe un rôle central au sein de l'Université de La Rochelle et représente « l'un des trois laboratoires phares de cette université ».

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

Le projet proposé est essentiellement le prolongement des activités actuelles, avec une structuration selon les quatre thématiques déjà mises en place précédemment, avec toutefois une évolution de la thématique CMAEM correspondant à un élargissement de son périmètre. Cette évolution justifie d'ailleurs un ajustement de l'intitulé de cette thématique qui devient « Corrosion en Milieux Naturels et Environnements Marins » .



Le fait que le projet du LEMMA s'inscrive dans la continuité est tout à fait justifié, compte tenu de l'effort important consenti par le laboratoire pour stabiliser ses quatre thématiques lors de la précédente période de contractualisation. Cette phase de consolidation de sa politique scientifique laisse naturellement assez peu de place à la prise de risques.

Le comité estime que les compétences scientifiques, les moyens en équipement, qui sont devenus importants au cours des dernières années, et les moyens financiers résultant des ANR, des contrats européens et des partenariats industriels permettront au LEMMA de réaliser son projet.

En conclusion, les thématiques développées par le LEMMA sont originales et le projet scientifique est pertinent. L'équipe est jeune, dynamique et raisonnablement ambitieuse, les atouts existent et le comité d'évaluation est très confiant dans l'avenir de ce laboratoire.

## 4 • Analyse équipe par équipe et/ou par projet

Le LEMMA n'est pas divisé en équipes et les recherches qu'il poursuit sont structurées selon des thématiques distinctes et complémentaires. L'analyse qui suit a été faite pour chaque thématique.

### 4.1- Thématique : Corrosion en milieux aqueux et environnements marins - CMAEM)

Cette thématique sera rebaptisée « Corrosion en milieux naturels et environnements marins » (CMNEM)

- Responsable : M. Philippe REFAIT
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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, en fait 5EC dont 3 attachés uniquement à cette thématique et 2 qui partagent leur temps de recherche avec d'autres thématiques) | 4*            | 4*             |
| N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)   |               |                |
| 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)  | 1             |                |
| N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)   | 0,75*         | 0,75*          |
| N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)   |               |                |
| N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)  | 3             |                |
| N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées  | 2             |                |

\*les effectifs indiqués dans ce tableau et les trois suivants prennent en compte le fait que certains membres du laboratoire appartiennent à plusieurs équipes

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :



Les activités de recherche de la thématique CMAEM sont centrées sur les alliages à base de fer. Initialement focalisée sur la corrosion marine, cette thématique s'est logiquement étendue à la corrosion dans les sols, ce qui a tout naturellement conduit les personnes impliquées dans ces travaux à demander un changement de nom de la thématique. Les recherches développées sur la corrosion des canalisations enterrées, le stockage des déchets radioactifs et la conservation des objets archéologiques attestent du bien fondé de cette demande.

Les efforts scientifiques portent sur l'étude des mécanismes de corrosion en relation avec la nature des produits de corrosion ; dans ce cadre-là, l'expertise du LEMMA en ce qui concerne l'application de la microspectrométrie Raman à l'identification des produits de corrosion du fer et le couplage électrochimie / microspectrométrie Raman est remarquable et positionne cette équipe à un excellent niveau international dans ce domaine. L'approche scientifique originale demeure fondamentale et se trouve renforcée par la prise en compte du développement bactérien, qui profite de l'écosystème local (couches plus ou moins poreuses d'oxydes et autres composés métalliques) et qui, par son métabolisme, influe directement sur la nature des produits de corrosion. Cette approche s'appuie sur une collaboration mise en place méthodiquement et qui apparaît un modèle du genre. En effet, deux enseignants-chercheurs d'un laboratoire de microbiologie (LIENSs) en ont fait leur thème de recherche principal. Il s'agit donc d'une recherche partenariale bien équilibrée alliant, des compétences de nature très différente, et qu'il serait illusoire de vouloir rassembler dans un même laboratoire. Cette recherche s'appuie sur de l'expérimentation en site réel (installations portuaires) et *in vitro*.

L'ensemble de l'activité scientifique est très cohérent : le transfert des connaissances portant sur les matériaux ferreux constitutifs des infrastructures portuaires à la déchloration et la préservation des objets archéologiques trouve son pendant dans l'étude de l'endommagement en corrosion des « analogues archéologiques » pour modéliser la dégradation des surconteneurs en acier envisagés pour le stockage des déchets radioactifs.

Cette thématique répond ainsi à des demandes industrielles avérées émanant de secteurs d'activité divers comme l'attestent les collaborations affichées (ANDRA, Arcelor Mittal, GDF Suez) et, au-delà de l'aspect socio-économique, se positionne comme un acteur clairement visible pour ce qui concerne les enjeux à caractère socioculturel. De manière générale, on relève que l'activité contractuelle du LEMMA augmente régulièrement. Dans le cadre de cette thématique, il semble que cela soit aussi le cas avec la mise en place d'une convention CIFRE avec Arcelor Mittal.

La production scientifique est de très bon niveau avec en moyenne sept publications ACL par an (soit 1,75/an/EC) et au moins une publication/an/EC dans des revues dont le facteur d'impact est supérieur à deux. Il faut ajouter à cela deux chapitres d'ouvrage. Le rythme des participations aux congrès internationaux mériterait en revanche d'être amélioré. Le nombre de conférences invitées n'est pas en rapport avec le niveau de l'activité. La thématique fait actuellement l'objet de quatre thèses, dont trois devraient s'achever en 2011. Ainsi, le nombre de thèses soutenues pendant la période est en adéquation avec le personnel attaché à la thématique (3 pour 4 EC). Pendant la période concernée, une HDR a été soutenue.

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

L'activité de l'équipe CMAEM est clairement visible à l'échelle nationale. La réponse aux différents appels d'offre est en hausse et les contacts industriels également. Les membres de cette équipe ont établi des relations privilégiées avec les acteurs socio-économiques régionaux et participent à des actions à l'échelle nationale à travers un programme ANR et deux projets financés par le Ministère de la Culture. Des collaborations avec des laboratoires nationaux de premier plan sont affichées. Très clairement, ce thème mériterait d'être mieux valorisé à l'international. Ce serait le meilleur moyen de le rendre plus attractif auprès de futurs doctorants. La volonté de la direction dans ce sens devrait porter ses fruits dans les prochaines années. On notera que la valorisation culturelle est assurée par l'intérêt porté par les membres de cette thématique pour les objets archéologiques.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet de la thématique CMAEM s'inscrit dans la continuité des travaux décrits présentement en proposant une ouverture appréciable et appréciée vers l'étude du comportement des matériaux ferreux dans des milieux naturels plus variés. Cette perspective justifie le changement de nom proposé pour la thématique. Les deux axes préalablement décrits - étude du comportement en corrosion des alliages à base de fer via l'analyse des espèces minérales et prise en compte de l'activité biologique - sont raisonnablement maintenus. Vu les évolutions récentes du



LEMMA, on peut comprendre qu'il entre dans une phase de consolidation des acquis et tente d'éviter toute dispersion de ses thèmes de recherche. On notera qu'une partie de l'activité va porter sur la protection des aciers par polarisation cathodique, lorsqu'ils sont soumis aux conditions naturelles des sols. Là aussi, les études de laboratoires seront accompagnées d'essais en conditions naturelles.

En termes d'application, la protection des falaises à l'aide de renforts métalliques (aciers) protégés pour en limiter la corrosion déjà évaluée, fera l'objet d'études plus amont. La démarche scientifique demeure résolument fondamentale, ce qui laisse entrevoir un maintien des activités focalisées sur l'identification des produits de corrosion des aciers à leur niveau d'excellence mais fait craindre que les aspects durabilités et cinétique d'endommagement ne puissent trouver de réponses autrement que par le biais de collaborations judicieusement établies.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

La thématique CMAEM excelle sur bien des aspects pour ce qui concerne l'étude des mécanismes de corrosion des matériaux ferreux. Elle propose, sur cette problématique, une approche très fondamentale et de très bon niveau scientifique, en couplant caractérisation détaillée des produits de corrosion et description du comportement électrochimique du matériau, quelle que soit l'application (infrastructures portuaires, stockage des déchets radioactifs, objets archéologiques). Cette équipe jeune et dynamique, qui a su se doter d'outils expérimentaux lui permettant de couvrir différentes échelles tant en matière d'analyses de surface que d'essais électrochimiques, doit être capable d'étendre son rayonnement du niveau national au niveau international.

- Points forts et opportunités :

Outre des moyens expérimentaux intéressants, la thématique CMAEM bénéficie en son sein d'une association de compétences dans des disciplines diverses très favorable pour aborder les axes de recherche affichés dans son projet. En ce sens, les efforts engagés en matière de caractérisation fine des phases produites par la corrosion et basés sur le développement de la spectroscopie vibrationnelle sont tout à fait louables. Les deux axes de recherche proposés - influence des espèces minérales et mécanismes induits par les micro-organismes - se complètent parfaitement et, dans ce cadre-là, on ne peut qu'apprécier le rapprochement du LEMMA avec le LIENSs et ses microbiologistes, qui permet au premier de proposer une activité scientifique originale, tout en restant concentré sur son domaine de compétences. De la même façon, pour ce qui concerne les « analogues » archéologiques, la collaboration avec le CEA et l'équipe de Ph. Dillmann constitue un atout, ce qu'illustrent parfaitement les différents Proposals retenus pour le Synchrotron Soleil.

- Points à améliorer et risques :

De petite taille (avec l'équivalent de 2 TPE chercheurs), l'activité pourrait être facilement déstabilisée. De plus, la thématique CMAEM bénéficie d'une situation géographique quasiment idéale pour développer son activité, en bénéficiant du soutien des collectivités territoriales ainsi que des acteurs industriels régionaux. Mais cet atout ne doit pas représenter un frein à son ouverture à l'échelle internationale, qu'elle est en mesure de revendiquer de par la qualité des recherches qu'elle mène. Il est indispensable que la participation aux colloques internationaux soit plus forte. L'invitation de post-doctorants étrangers doit être aussi plus dynamique. Par ailleurs, le transfert de compétences en matière de déposition calco-magnésienne au renforcement des structures côtières semble couler de source tant l'impact environnemental est important. Toutefois, le risque est que cette étude contraigne les acteurs impliqués dans la thématique CMAEM à travailler dans un même contexte collaboratif régional et ces derniers doivent donc veiller à aborder ce sujet en étant résolument tournés vers d'autres collaborations.

- Recommandations :

De manière générale, il semble pertinent que la thématique CMAEM, renommée CMNEM, poursuive ses efforts selon les deux axes affichés dans son projet et qui concernent l'influence des espèces minérales et la prise en compte de l'activité biologique sur le comportement en corrosion des matériaux ferreux. Cette approche, qui lui est plutôt spécifique, lui permet de générer des apports scientifiques très originaux. Les actions menées pour les infrastructures portuaires, le stockage des déchets radioactifs et les objets archéologiques sont tout à fait complémentaires et doivent permettre à cette équipe dynamique d'étendre ses collaborations et sa visibilité tant sur le plan national



qu'international. Cette équipe pourrait tenter d'élargir sa démarche expérimentale en travaillant davantage sur l'axe durabilité et sur l'évaluation des cinétiques de corrosion ou du moins en développant des collaborations qui lui permettraient d'afficher plus clairement cet objectif.

#### 4.2- Thématique : Protection, revêtements polymères et métalliques, traitement de surface – PRPMTS

- Responsable : M. Sébastien TOUZAIN
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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)  | 5             | 5              |
| N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)  |               |                |
| 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) |               |                |
| N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)                            | 0,25          | 0,25           |
| N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)                        |               |                |
| N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)   | 7             |                |
| N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées   | 3,5           |                |

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La thématique est centrée sur la mise en œuvre et la caractérisation de tous types de traitements de surface, qu'ils soient métalliques, céramiques ou polymères. Les traitements multicouches sont aussi traités et l'étude du rôle de leur architecture sur leurs propriétés mécaniques et physicochimiques est alors incontournable.

Pour ce qui concerne les revêtements métalliques, on peut citer l'électrodéposition de nickel nanocristallin (et l'étude de la microstructure du film), des revêtements multicouches base Al qui pourraient remplacer les revêtements base Zn, Ni ou encore Cr, ou encore des revêtements nanocristallins à base Ce.

Un autre axe concerne les revêtements polymères. L'objectif est ici ambitieux, puisqu'il s'agit de réaliser, caractériser et surtout suivre la dégradation des films polymères... L'utilisation de la fluorescence de marqueurs spécifiques dispersés dans le polymère permet de suivre son évolution, mais est aussi sensible (changement de la longueur d'onde réémise) au champ de contrainte local.

D'autres tentatives sont menées pour relier sollicitations et comportement de divers polymères, tels que le suivi de la constante diélectrique en fonction de la température ou de l'application d'une contrainte. Les applications visées sont le suivi de la dégradation sous l'effet de l'eau de mer, par exemple, et les effets couplés déformation et environnement ou encore l'évolution des "pansements" (patches) composites utilisés pour renforcer les structures (souvent en alliages d'aluminium, pour l'aviation) localement endommagées.

Par ailleurs, toujours en termes de recherche plus finalisée, la thématique comporte aussi l'étude des conditions de vieillissement des réseaux de distribution d'eau sanitaire (et notamment l'effet des désinfectants utilisés



pour leur entretien) et la recherche de méthodes alternatives pour l'anticorrosion (avec des matériaux moins polluants notamment).

Les études portant sur les revêtements métalliques sont de bon niveau, et la culture des membres du LEMMA crée notamment les conditions pour une bonne compréhension des relations entre microstructure et comportement macroscopique.

Pour ce qui concerne les études concernant les polymères, la situation est moins favorable. Le LEMMA est de ce point de vue plutôt isolé, et n'a pas encore trouvé un équilibre tel que celui qui lui permettrait de travailler en symbiose avec les microbiologistes (dans le cadre de la thématique CMAEM). Les études apparaissent comme plus phénoménologiques, considérant par exemple que les polymères semi-cristallins peuvent être traités comme des systèmes homogènes (on est loin de la qualité des observations et analyses portant sur les dépôts nanocristallins métalliques). En ce qui concerne la production scientifique, celle-ci est d'un bon niveau (avec en moyenne 2 RCL / an / EC).

Concernant les relations contractuelles industrielles, elles relèvent pour une part de prestations de service et d'autre part correspondent à des collaborations de plus longue haleine (thèse CIFRE, etc.) et d'un bon niveau. Plusieurs contrats ANR confirment la qualité des recherches menées ici.

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

Le nombre important de contrats ANR est un indicateur de l'attractivité de l'équipe en charge de la thématique PRPMTS. On peut citer les projets Nanomecor (2006-2010), Nanoprotec (2007-2010) et Chameleon (2010-2014). D'autre part, le rapport fait mention d'un grand nombre de collaborations universitaires, nationales ou internationales (avec par exemple, l'Institut Pprime, l'INSA de Toulouse, l'UTC, INSA de Lyon..., mais aussi des équipes algérienne (Profas Algérie 2004-2007) et espagnole. Enfin, les financements de thèses CIFRE sont la preuve d'un dynamisme partenarial avec les industriels (Arcelor Mittal, Bodycote) ou les centres techniques qui les représentent (CSTB, CRITT). On peut noter aussi la volonté forte de la direction du LEMMA d'ouverture à l'international du laboratoire en général.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet se situe dans la continuité de deux axes, l'un portant sur les revêtements métalliques, le deuxième sur les revêtements de type organique. Par ailleurs, l'ouverture notamment à l'international devrait se poursuivre. On comprend très bien que le projet ne soit pas plus ambitieux en termes de domaines couverts, car ils sont déjà nombreux (pour moins de 3 ETP chercheur). Par ailleurs, la question du développement de collaborations avec des physico-chimistes des polymères devra être très sérieusement abordée de manière à amener la qualité des recherches s'y rapportant au même niveau que les autres.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

L'équipe qui porte cette thématique est jeune et dynamique. Elle développe des approches génériques et amont en s'appuyant sur des cas concrets, tels que ceux que rencontrent les industriels et les utilisateurs de matériaux.

- **Points forts et opportunités :**

Ses points forts résident dans sa bonne culture de la physicochimie des matériaux métalliques et la reconnaissance notamment nationale de ses travaux.



– Points à améliorer et risques :

Ses points faibles sont sa « jeunesse dans le domaine des polymères ». Par ailleurs les efforts pour se faire connaître à l'international sont encore insuffisants, ou du moins, les résultats pas encore au rendez-vous (mais on sait bien qu'il faut du temps pour y parvenir). On peut ajouter que le nombre de sujets traités est certainement trop élevé pour en assurer un approfondissement suffisant (d'un point de vue académique) et mettre en place une stratégie scientifique de moyen terme. S'il n'était pas vrai que les polymères sont des matériaux clés dans le domaine de la protection contre la corrosion, il faudrait vraiment se poser la question de conserver cet axe...

– Recommandations :

Les recommandations sont, pour ce qui concerne les polymères, d'essayer de développer un (des) partenariat(s) avec une ou des équipes extérieures au LEMMA, dans le même esprit que celles développées au sein de la thématique CMAEM avec le LIENSs.

Quoiqu'il en soit, il faudrait certainement diminuer le nombre de sujets abordés, ce qui les rendrait plus lisibles et conduirait donc à une reconnaissance internationale plus rapide.

4.3- **Thématique** : Durabilité des Matériaux à Haute Température – DMHT

- Responsable : M. Gilles BONNET
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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)  | 5*            | 4              |
| N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)  | 0             | 0              |
| 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) |               |                |
| N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)                            | 0.25          | 0.25           |
| N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)                        |               |                |
| N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)   | 2             |                |
| N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées   | 3,5*          | 2,5            |

\*avec un professeur, en délégation depuis mars 2010.

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

L'activité du groupe DMHT porte sur deux axes avec, d'une part, la mise en œuvre de traitements de surface par chimie douce et, d'autre part, l'étude des contraintes dans des films d'oxydes thermiques. Ces axes relèvent principalement de la chimie pour l'un et de la mécanique pour l'autre avec un degré de recouvrement des études actuellement relativement limité au vu du rapport. L'ensemble des travaux correspond à une volonté de répondre à la demande croissante de matériaux conservant leur intégrité lors d'utilisations à très hautes températures. Les impacts sociétaux de ces études ainsi que leur intérêt industriel sont indéniables. On pourra citer à ce dernier titre la



valorisation à travers deux demandes de brevet, en association avec la société SNECMA, d'une méthode de fabrication d'une couche de revêtement céramique par électrodéposition d'un film à base d'éléments réactifs.

La production scientifique résultant de ces activités est de bon niveau avec une moyenne de 7.5 ACL par an (soit 1,75/an/EC, pas de non publiant) similaire à celle de l'ensemble du laboratoire. On notera en outre trois conférences invitées dans des manifestations internationales sur la période 2006-2010 ainsi qu'un chapitre d'ouvrage. Trois thèses et une HDR ont été soutenues sur cette même période. L'équipe compte actuellement deux doctorants. L'ensemble est donc de bonne facture.

L'équipe participe de manière substantielle aux ressources financières du laboratoire au travers essentiellement des deux contrats européens (PARTICOAT et SURFACE) obtenus conjointement avec l'équipe PRPMTS et concernant l'axe élaboration par chimie douce.

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

Si l'attractivité de l'équipe vis-à-vis des doctorants ne semble pas être son point fort (deux non permanents), elle jouit d'un rayonnement à l'échelle internationale remarquable, comme en atteste son implication dans des projets européens. Il convient de noter que cette dynamique est fortement liée à l'un des membres de l'équipe.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé s'inscrit dans la continuité des études menées jusqu'alors, avec la persistance de deux axes à caractères principalement et respectivement chimique et mécanique.

Le premier axe s'appuie sur le savoir faire acquis préalablement quant à l'élaboration et la synthèse de couches fonctionnelles, notamment par chimie douce. Il vise à explorer plus avant le transfert des méthodes électrochimiques pour développer des revêtements, offrant à la fois une barrière thermique et de bonnes résistances à la corrosion et à l'oxydation. Ce prolongement apparaît naturel et souhaitable du fait de la dynamique engagée et de la reconnaissance internationale obtenue sur ce créneau (projets européens).

Le deuxième axe concerne l'adhérence et la dégradation des oxydes thermiques, avec comme point d'accroche la mesure des contraintes/déformations dans les films d'oxydes par différentes techniques (spectroscopie  $\mu$ -Raman, micro-diffraction sous rayonnement synchrotron). Il s'agit d'un domaine relativement concurrentiel pour lequel l'équipe fait état de solides compétences expérimentales. Il convient de remarquer que l'équipe a su convaincre de l'importance et de la validité de cette démarche en obtenant du temps de faisceaux à l'ESRF de Grenoble tout comme à l'ASL de Berkeley.

Le projet fait état d'une convergence entre ces deux axes mais donne peu d'éléments permettant de juger de la réalité et de la faisabilité de ce rapprochement (matériaux, revêtements et intervenants différents). C'est essentiellement la cohérence du projet d'équipe qui se trouverait affaiblie par une absence de convergence. Les deux approches peuvent quant à elles continuer à 'vivre leur vie' de manière relativement autonome et profitable d'un point de vue technologique pour l'axe chimie douce et scientifique pour ce qui est de l'évaluation des contraintes.

- **Conclusion :**

- **Avis global sur l'équipe :**

Equipe jeune et dynamique, dont la compétence est reconnue à la fois sur le plan académique (publications et conférences invitées) et par son partenaire industriel principal (SNECMA). La structuration des activités en deux axes est claire : l'un à dominante technologique et l'autre plus axé sur la recherche fondamentale.

- **Points forts et opportunités :**

Les compétences et le parc expérimental dont bénéficie l'équipe lui permettent de maintenir son implication dans les projets européens et d'obtenir l'aval des comités de sélection de projets sur grands instruments.





La démarche expérimentale et scientifique mise en avant dans l'axe "mesures de contrainte" donne à cette équipe une réelle opportunité de reconnaissance dans le domaine de la corrosion à haute température à l'échelle nationale voire internationale.

– Points à améliorer et risques :

L'axe 1 "chimie douce" reste à dominante technologique et sa pertinence sera soumise à la difficulté du transfert de l'échelle du laboratoire à celle des applications industrielles, le risque étant notamment associé au caractère très novateur des revêtements développés dans le projet Particoat.

L'axe 2 "mesure des contraintes" nécessite la mise en place et la calibration (par collaborations) d'une base de données reliant contraintes aux déplacements des spectres Raman.

– Recommandations :

L'équipe pourrait asseoir la stratégie de son développement sur l'axe "Mesure des contraintes" dans les couches d'oxydes en s'appuyant sur les mesures  $\mu$ -Raman, où l'expérience acquise depuis 6 ans ainsi que des collaborations efficaces la placent parmi les meilleures en France. L'effort de modélisation doit être poursuivi. La reconnaissance de cette compétence par la communauté nationale et internationale permettrait à cette jeune équipe d'entrer plus facilement dans des projets européens sur une double base de la "chimie douce" et des "mesures de contraintes".

Une réelle synthèse de ces approches chimique et mécanique serait porteuse de développements novateurs en termes de procédés et d'apports scientifiques.

#### 4.4- Thématique : Etats métallurgiques et réactivité des surfaces - EMRS

- Responsable : M. Juan CREUS
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

|  | Dans le bilan | Dans le projet |
|--|---------------|----------------|
| N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1)<br>(6 EC participent à cette thématique : 2 à temps plein et 4 autres partagent leurs temps de recherche entre deux thématiques) | 4.0           | 4.0            |
| N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)  | 0             | 0              |
| 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)                                     | 0             | 0              |
| N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)  | 0,75          | 0,75           |
| 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)   | 6             |                |
| N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées (en fait 2 EC avec HDR mais chacun appartenant à deux thématiques)  | 1             | 1              |



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

La thématique EMRS est structurée autour de deux axes : 1) « mécanismes de plasticité et endommagement » et 2) « plasticité et réactivité de surface ». Elle a été définie dès la création du laboratoire et s'avère toujours pertinente. L'originalité de la recherche repose sur un couplage entre approche expérimentale et modélisation physique. Cette originalité résulte de la combinaison d'une caractérisation fine des mécanismes physiques (par AFM, MEB-EBSD, MET...) et des mesures électrochimiques de la réactivité de surfaces ou de piégeage de l'hydrogène. Un point fort de cette démarche réside dans la juxtaposition de mesures de différents types, par exemple la rugosité de surface (AFM) et l'observation des structures de dislocations (MET) qui permet des interrogations pertinentes sur la vraie nature des mécanismes physiques qui concourent à la déformation plastique et à l'endommagement des alliages.

La qualité des résultats est incontestable, comme en témoignent les publications ACL et un nombre important de conférences invitées. Les résultats obtenus ainsi que le potentiel expérimental et méthodologique associés à cette thématique constituent une base solide pour son développement dans le domaine des endommagements sous environnements agressifs.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à une trentaine de publications dans des revues à comité de lecture sur la période 2006-2010 (en moyenne 2 ACL/EC/an avec des différences très marquées entre les EC impliqués dans cette thématique et un nombre remarquable de conférences invitées (18, dont 7 internationales, parmi les 24 pour l'ensemble du laboratoire). Cette activité occupe actuellement 6 doctorants et a donné lieu aux soutenances de quatre thèses et d'une HDR sur la période 2006-2010.

L'intérêt de ces travaux est de surcroît attesté par les multiples collaborations établies avec d'autres groupes sur le sol national, collaborations formalisées par deux ANR (DISHYDRO, NANOMEACOR) et une ACI. Les compétences de l'équipe en plasticité et en réactivité de surface sont par ailleurs valorisées à travers divers contrats avec des sociétés privées.

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

L'équipe a participé à des colloques nationaux (3M, SF2M, Ecole d'été Plastox) et internationaux (conférence Hydrogen 2008 à Jackson, USA) avec 13 conférences invitées d'un chercheur. Elle s'est montrée capable de recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers. Cette capacité à recruter des doctorants est remarquable eu égard à la faible taille de l'équipe. Le recrutement est majoritairement national (2/3), le tiers restant correspondant au recrutement local. Cette attractivité est certainement associée aux nombreuses relations établies avec les mondes universitaire et industriel.

Une jeune EC a été recrutée pour renforcer la partie modélisation et développer les simulations numériques (base Comsol) avec une perspective d'un séjour académique à Georgia-Tech University. On note également le projet de co-tutelle de thèse avec cette université américaine. Un enseignant chercheur a effectué un séjour à Kyushu University au Japon dans le cadre du projet Hydrogenius.

On soulignera la capacité de l'équipe à monter des projets ANR (DISHYDRO, NANOMEACOR). L'exemple des études sur la plasticité des métaux hexagonaux, avec les financements du CEA et d'AREVA montre également son aptitude à obtenir des financements sur des études fondamentales.

Les recherches menées dans le cadre de la thématique EMRS trouvent des applications directes auprès de partenaires industrielles (ex fragilisation des aciers HSLA, en collaboration avec la société Vallourec).

- **Appréciation sur le projet :**

Les deux axes définis lors du dernier quadriennal sont conservés au niveau du projet avec, d'une part, quelques extensions (prise en compte de l'ensemble d'états métallurgiques de surface et ouverture vers les critères d'amorçage) et, d'autre part, la volonté de devenir un laboratoire incontournable sur le sol national dans le domaine de l'endommagement sous environnement agressif. Il s'agit d'un projet avant tout scientifique, avec une vision à long terme.



L'objectif est de comprendre les relations fondamentales gouvernant la réactivité en fond de fissure (modélisation multi-physique de l'interface solide-liquide) et de les appliquer aux phénomènes d'endommagement, en se focalisant dans un premier temps sur l'amorçage de fissures.

Si l'objectif des travaux futurs reste le lien entre plasticité et dégradation du matériau en milieu corrosif, une bonne part du projet porte sur le comportement et le rôle des dislocations, dues à la plasticité, dans le processus d'endommagement. L'équipe bénéficie sur ces aspects de compétences expérimentales avérées. Il est par contre peu question de modélisation de ces aspects alors qu'il existe en France et ailleurs des travaux bien avancés en modélisation du comportement collectif des dislocations par la simulation de la dynamique des lignes de dislocations. Les faibles déformations impliquées dans les modes de sollicitation envisagés font que ces approches sont particulièrement bien adaptées et exploitées (notamment pour une sollicitation cyclique). Ces approches constituent une ouverture intéressante pour le sujet traité par l'équipe EMRS.

On comprendra bien toutefois que la petite taille de ce groupe ne lui permettra pas de s'investir sur ce point autrement que par le biais d'une collaboration. La compatibilité entre les diverses installations acquises ou construites au niveau du laboratoire et les objectifs du projet est excellente. Une activité contractuelle importante permet à cette thématique de disposer des équipements de qualité et de les renouveler régulièrement.

L'orientation "critère d'amorçage" correspond à un besoin clairement identifié au niveau des applications industrielles. Le fait de centrer le projet sur le couplage entre les microstructures de fatigue et les effets de l'environnement le situe dans le prolongement naturel des activités en cours.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

- Il s'agit d'une équipe jeune qui a su construire une compétence robuste et reconnue sur le plan national dans le domaine des interactions entre les hétérogénéités de déformation et la réactivité de surface (deux conférences invitées à l'Ecole d'été Plastox en 2007). La reconnaissance internationale repose en grande partie sur la dynamique d'un chercheur (13 conférences invitées sur 24 au total).

- Points forts et opportunités :

- L'approche très rigoureuse et méthodique des phénomènes étudiés avec la maîtrise de la plasticité des matériaux (apport incontestable du MET couplé à l'AFM) et de l'électrochimie du milieu constitue un point fort. L'adéquation entre le projet et le parc expérimental est très bonne.

- La volonté d'aller vers les critères d'amorçage est en phase avec des nombreux défis industriels. Elle pourrait ne pas rester limitée à des sollicitations en fatigue. L'ouverture vers les chargements monotones et complexes afin d'aborder le problème d'amorçage en corrosion sous contrainte est tout à fait envisageable aussi bien sur le plan expérimental que théorique. La modélisation de l'interface solide-liquide dans le cadre des couplages multi-physique constitue une ouverture ambitieuse qui implique le développement des moyens de simulation numérique.

- Points à améliorer et risques :

- Les risques sont associés à une certaine disproportion entre la taille de l'équipe et l'ambition du projet. Bien que 6 enseignants chercheurs soient impliqués dans cette thématique, quatre d'entre eux ne peuvent consacrer que 25% de leur temps (50% étant réservés pour l'enseignement et 25% pour l'implication dans une deuxième thématique), d'où le risque de ne pas pouvoir mener de front tous les aspects du projet.

- En particulier, le fossé entre une approche fondamentale de réactivité de surface, qui constitue le cœur des activités d'aujourd'hui et la réalité des fonds de fissure en FPH et surtout en CSC (caractère local, forte hétérogénéité de déformation, présence des films de surface) étant important, il conviendrait de rassembler les moyens humains sur ces aspects, s'ils sont considérés comme prioritaires.



– Recommandations :

L'approche expérimentale rigoureuse couplée avec la modélisation physique est pertinente pour les deux axes. Il convient de les poursuivre afin d'affirmer une reconnaissance nationale. Une stratégie basée sur les partenariats avec des équipes présentant une approche plus macroscopique des phénomènes d'endommagement sous environnement agressif permettrait de lever, au moins en partie, le problème lié au déficit des enseignants chercheurs impliqués dans cette thématique. Des partenariats pourraient être également recherchés pour la modélisation à l'échelle atomique ou celle du comportement collectif des dislocations (critères d'amorçage des fissures).



| Intitulé UR / équipe   | C1 | C2 | C3 | C4 | Note globale |
|--|----|----|----|----|--------------|
| Laboratoire d'Etude des Matériaux en Milieux Agressifs (LEMMA) | A  | B  | A+ | A  | A            |

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             |
| <b>Total</b> | <b>24</b>     | <b>32</b>     | <b>25</b>     | <b>37</b>     | <b>40</b>     | <b>39</b>     | <b>197</b>    |
| 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%          |
| <b>Total</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> |

## 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



# Réponse de l'Université de La Rochelle à l'évaluation de l'AERES

## Laboratoire LEMMA

A l'attention du comité d'expertise

La Rochelle, le jeudi 14 avril 2011

Objet : Commentaires sur le rapport d'évaluation [S2UR120001471 - LEMMA - 0171463Y](#)

Madame, Monsieur,

La direction du LEMMA se doit dans un premier temps de remercier le comité de visite pour sa grande disponibilité et le regard bien veillant qu'il a su porter sur l'ensemble de notre unité.

Cependant à la lecture de l'analyse portée sur la thématique «*revêtements polymères et métallurgiques, traitements de surface*», il semble qu'il y ai eu confusion sur les objectifs et orientations. Nous tenons à nous en excuser si nos propos lors de la visite ont écarté le comité des orientations clairement énoncées dans le rapport du laboratoire. L'unité n'a pas et ne souhaite pas devenir une référence dans le domaine des polymères et de leurs dégradations. Notre ambition se restreint à la durabilité des revêtements organiques avec des problèmes bien spécifiques tels que les gradients de propriétés, le rôle de l'interface, de l'adhésion et les effets des charges que l'on trouve classiquement dans les peintures. Ces problématiques ne sont pas complètement déconvoquées de la communauté « polymère » et nous prenons bonne note sur la nécessité d'étendre nos relations dans celle-ci (démarche déjà entamée avec les laboratoires P' et ICMCB).

En revanche, notre équipe est une référence dans le domaine des peintures en France (cf. implication CEFRACOR) et en particulier dans l'utilisation de l'impédance électrochimique dans l'étude de la dégradation des revêtements organiques (cf. le nombre de publications par EC/an dans ce domaine et les revues de rang A très ciblées).

Nos études sur : le vieillissement des réseaux de distributions d'eau, la dégradation des patches composites, ou encore l'utilisation de marqueur fluorescent, ne sont que des travaux connexes, souvent conduits en partenariat, qui œuvrent à la reconnaissance de la thématique et à l'amélioration des connaissances, en particulier sur les phénomènes couplés. Le caractère phénoménologique de certains de nos travaux ne doit être vu que comme une première étape. Il n'a jamais été question de traiter « les polymères semi-cristallins comme des systèmes homogènes » mais uniquement d'utiliser avec prudence des concepts associés à des processus élémentaires thermiquement activés, faute de lois de transitions d'échelle acceptables à l'heure actuelle.

Ce débat très scientifique ne doit pas nous éloigner des aspects stratégiques de l'unité qui reste un positionnement sur les revêtements organiques et leurs interactions avec un environnement complexe : l'eau de mer. Cette démarche s'inscrit parfaitement dans la stratégie d'établissement de sciences pour l'ingénieur dédiées à la problématique environnement.

Bien cordialement



**Prof. Xavier FEAUGAS**

Directeur du Laboratoire d'étude des Matériaux en Milieux Agressifs-LEMMA

[xfeaugas@univ-lr.fr](mailto:xfeaugas@univ-lr.fr)