



**HAL**  
open science

## LEM - Laboratoire d'électrochimie moléculaire

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LEM - Laboratoire d'électrochimie moléculaire. 2014, Université Paris Diderot - Paris 7, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02031498

**HAL Id: hceres-02031498**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031498>**

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

Evaluation de l'AERES sur l'unité :  
Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire  
LEM  
sous tutelle des  
établissements et organismes :  
Centre National de la Recherche Scientifique  
Université Paris 7 – Denis Diderot



Janvier 2013



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

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des Unités  
de recherche

*Le Directeur*

**Pierre Glaudes**



# Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2012-2013, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités). Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des six critères définis par l'AERES.

NN (non noté) associé à un critère indique que celui-ci est sans objet pour le cas particulier de cette unité ou de cette équipe.

**Critère 1 - C1** : Production et qualité scientifiques ;

**Critère 2 - C2** : Rayonnement et attractivité académique ;

**Critère 3 - C3** : Interaction avec l'environnement social, économique et culturel ;

**Critère 4 - C4** : Organisation et vie de l'unité (ou de l'équipe) ;

**Critère 5 - C5** : Implication dans la formation par la recherche ;

**Critère 6 - C6** : Stratégie et projet à cinq ans.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport a obtenu les notes suivantes :

- Notation de l'unité : **Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
A+	A+	A+	A	A+	A+



# Rapport d'évaluation

Nom de l'unité :	Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire
Acronyme de l'unité :	LEM
Label demandé :	Unité Mixte de Recherche
N° actuel :	UMR 7591
Nom du directeur (2012-2013) :	M. Benoît LIMOGES
Nom du porteur de projet (2014-2018) :	M. Benoît LIMOGES

## Membres du comité d'experts

Président :	M. Alain WALCARIUS, Université de Lorraine, Nancy
Experts :	M <sup>me</sup> Claudine BUESS-HERMAN, Université Libre de Bruxelles, Belgique
	M. Guy DENUAULT, University of Southampton, Angleterre
	M. Christophe LEGER, Université d'Aix-Marseille, Marseille
	M. Yves LE MEST, Université de Bretagne Occidentale, Brest
	M. Jean-Pierre PEREIRA-RAMOS, Université Paris-Est, Thiais (représentant du CoNRS)
	M. Neso SOJIC, ISM, Bordeaux
	M <sup>me</sup> Sabine SZUNERITS, IRI, Lille (représentant du CNU)

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M<sup>me</sup> Gilberte CHAMBAUD

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

M. Marc BENEDETTI, Université Paris 7 - Denis Diderot

M<sup>me</sup> Claire-Marie PRADIER, INC CNRS



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire (LEM) est une unité « historique » de l'électrochimie française. Elle est rattachée à l'Université Denis Diderot (Paris 7) depuis sa création en 1971. Initialement localisée sur le campus de Jussieu, elle a déménagé en novembre 2008 sur le nouveau campus Paris Rive Gauche de l'Université Paris 7 - Denis Diderot.

### Équipe de Direction

Le directeur actuel, proposé pour le prochain contrat quinquennal, est M. Benoît Limoges qui est également responsable de l'équipe « Approche électrochimique de la réactivité enzymatique et nouvelles méthodologies électroanalytiques » (équipe 3).

### Nomenclature AERES

ST4 Chimie

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	8	9	9
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	5	6	6
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	5	6	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)			
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1	1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>16</b>
<b>Taux de producteurs</b>	<b>100,00 %</b>		



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	8	6 + ?
Thèses soutenues	7	4
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	13	6 + ?
Nombre d'HDR soutenues	1	2
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	9	11



## 2 • Appréciation sur l'unité

Le LEM est une unité de recherche emblématique de l'électrochimie moléculaire française qui a connu d'importantes mutations au cours de la dernière décennie suite au départ de plusieurs cadres senior de renom, mais qui a su, sous l'impulsion de son directeur et avec l'aide des tutelles, très bien rebondir pour offrir aujourd'hui un paysage solide en constante progression. Entamés lors du précédent contrat quinquennal, les efforts de reconfiguration des équipes/thématiques avec non seulement l'intégration réussie d'un groupe de synthèse mais aussi des recrutements de bonne qualité et des promotions, ont été poursuivis et se sont même intensifiés récemment. L'unité repose au 21 janvier 2013 sur un effectif permanent de 16 chercheurs et enseignants-chercheurs (dont 1 émérite) et 6 personnels techniques. Elle est organisée en 4 équipes complémentaires développant leurs propres thématiques. Dans la suite de ce rapport, ces équipes seront nommées de 1 à 4 selon :

- Equipe 1 : Transferts d'Electron et Bouversements Moléculaires - Réactivité Chimique Fondamentale et Biomimétisme,
- Equipe 2 : Systèmes Biomacromoléculaires - Transport d'Electrons à l'Echelle Nanométrique,
- Equipe 3 : Approche Electrochimique de la Réactivité Enzymatique et Nouvelles Méthodologies Electroanalytiques,
- Equipe 4 : Synthèse et Electrochimie d'Assemblages Moléculaires.

Cette unité possède de solides compétences qu'elle met à profit pour développer une recherche fondamentale d'excellente qualité ainsi que des approches innovantes susceptibles de conduire dans le futur à des applications d'importance sociétale. L'unité est actuellement dans une dynamique extrêmement positive et possède encore une belle marge de progression.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité possède un nombre d'atouts importants, dont la liste principale est donnée ci-après :

- une qualité remarquable de sa production scientifique (60% des publications dans des journaux de facteur d'impact supérieur à 5 ; 21 JACS sur 92 publications au total ; et 1 Science qui vient de paraître fin 2012) ;
- l'intégration locale de l'unité est excellente, en particulier dans le cadre de sa participation à divers réseaux et structures fédératives (DIM Analytics de la région Ile de France (IdF), C'Nano IdF, Labex MiChem - Chimie intégrée Multi-échelle-, LIED - projet de Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain de l'université Paris Diderot) et de l'animation de l'enseignement universitaire au niveau UFR, ED, master, licence et UE ;
- la politique contractuelle est également excellente avec en particulier 9 contrats ANR (dont 6 en tant que porteur), de nombreux contrats régionaux et quelques programmes internationaux, et une participation notable à la valorisation (brevets, start'up) ;
- la mise en place de collaborations effectives (la moitié des publications ont été co-signées avec des partenaires externes) et l'implication active dans l'organisation de manifestations scientifiques, ce qui constitue une bonne réponse aux recommandations du rapport AERES précédent.

### Points à améliorer et risques liés au contexte

Cette unité présente peu de points faibles. Le principal risque est lié à des surfaces de travail qui sont aujourd'hui devenues insuffisantes au regard de la forte croissance du nombre des personnels permanents et non permanents. On note également une inquiétude liée à la difficulté de promotion des enseignants-chercheurs qui pourrait conduire à des pertes de compétences par mutation. Par ailleurs, l'absence de contrats européens et le faible nombre de contrats internationaux constituent des points à améliorer.

### Recommandations

Le comité recommande fortement à l'Université Paris Diderot de prendre en compte le manque de surface (actuellement 847 m<sup>2</sup> SHON, soit 605 m<sup>2</sup> utiles) qui constitue un facteur limitant à l'accueil de doctorants et stagiaires dont le nombre mériterait d'être augmenté compte tenu des possibilités et de la qualité de l'encadrement. Une amélioration de la synergie entre les équipes permettrait d'augmenter sensiblement le rayonnement, traduisant la valeur de leurs travaux. La participation du plus grand nombre, en particulier des jeunes chercheurs, aux manifestations internationales contribuerait à asseoir davantage la visibilité de l'ensemble de l'unité.





### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le dénominateur commun des activités de recherche du LEM est le transfert d'électrons aux échelles moléculaire et biomoléculaire. L'unité est actuellement organisée autour de 4 thématiques complémentaires, respectivement portées par 4 équipes bien définies. Un des points forts du LEM est sa position originale en France résultant du couplage entre électrochimie expérimentale et développement de modèles prédictifs, appliqué à l'étude fondamentale des réactions de transfert de charge au niveau moléculaire, à l'échelle nanométrique, ou encore au sein de systèmes biomacromoléculaires, enzymatiques ou biomimétiques. Des résultats de premier plan ont notamment été obtenus dans le champ très compétitif des transferts couplés d'électrons-protons ou encore dans le développement et la mise au point d'une technique inédite de PCR (réaction de polymérisation en chaîne) à détection électrochimique. L'unité a également percé dans d'autres domaines tels que la microscopie AFM-SECM ou la spectroélectrochimie en temps réel. Bien que principalement à caractère fondamental, les recherches font de plus en plus l'objet d'applications, notamment dans le domaine analytique, et pourraient donner lieu à des avancées dans le domaine de l'énergie dans un futur proche.

L'unité a publié sur cette période quinquennale (2007-mi 2012) 92 articles dans des journaux à comité de lecture, soit près de 2 ACL/ETPT/an, et a contribué à 11 ouvrages ou chapitres de livre. Cette production est donc quantitativement très bonne mais ce qui caractérise le plus l'impact du LEM sur la communauté scientifique est la qualité remarquable de ses publications, attestée par un facteur d'impact moyen pondéré de 8,7 (ou encore 6,85 si on ne prend pas en compte les articles de revue), ce qui constitue un niveau d'excellence selon les standards internationaux. La notoriété du laboratoire se mesure également au nombre de conférences invitées dans des congrès (31 de 2007 à 2012, dont une très grande majorité à l'international, y compris dans des congrès de renom), ainsi qu'aux séminaires et workshops sur invitation (au nombre de 52 sur la période) dans différents laboratoires en France et à l'étranger, témoignant de l'impact des recherches scientifiques au sein du monde académique. En outre, 104 communications (61 orales et 43 par affiche) et 3 brevets dont 1 licencié complètent la production. Tous ces aspects quantitatifs sont en nette croissance par rapport au quinquennat précédent. Bien que tous les membres du laboratoire soient « producteurs » sur la base des critères AERES, il existe cependant une disparité entre les équipes, tant sur le plan du nombre d'ACL/ETPT/an (allant de 0,87 à 2,51) que sur le nombre et la notoriété des conférences invitées. 7 thèses ont été soutenues depuis 2007 et le laboratoire a accueilli 9 post-doctorants. Il convient de souligner le bilan remarquable de cette unité dont plusieurs thèmes constituent actuellement une référence de premier plan dans le domaine de l'électrochimie moléculaire et biomoléculaire.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le laboratoire a été très actif dans le domaine contractuel. Grâce à une politique volontariste de réponse aux appels d'offre, les équipes ont obtenu 9 contrats ANR (dont 6 en tant que coordinateur), 4 contrats C'Nano IdF, 1 financement SFR-FR 2702, 2 PHC (Programme Hubert Curien) et 1 contrat privé. Ceci leur a permis de mieux s'équiper et d'embaucher des doctorants et post-doctorants, mais aussi d'élargir leurs réseaux de collaborations et d'asseoir un peu plus leur visibilité et leur rayonnement. L'unité est clairement impliquée dans le pilotage de projets nationaux et ses membres participent à plusieurs réseaux collaboratifs. Plusieurs prix (thèse, posters) ont été octroyés à des membres de l'unité.

Plusieurs projets émanant du LEM sont reconnus internationalement et cela se traduit par de nombreuses invitations à présenter des communications orales et à contribuer à l'écriture d'ouvrages scientifiques. Si les membres du LEM participent à de nombreux congrès internationaux et publient régulièrement leurs résultats dans des revues internationales à facteur d'impact élevé, la renommée des équipes est inégale. Certaines bénéficient d'une notoriété bien établie alors que d'autres ont encore à assoir leur renommée ; on ne peut qu'encourager toutes les équipes à participer régulièrement à des colloques internationaux ciblés. Sur la période considérée, les membres du LEM ont aussi participé activement à l'organisation de symposia ou congrès nationaux et internationaux (recommandation de l'audit précédent) et ont même été fondateurs d'un congrès (PCET 2011) qui a attiré plus d'une centaine de participants, y compris de nombreux leaders internationaux, et qui a vocation à être reconduit tous les 2 ans. Plusieurs membres du LEM agissent comme experts pour des institutions renommées, comme par exemple la NSF, et des revues internationales (participation aux comités de lecture) dont certaines prestigieuses (PNAS, Chem. Rev., ...).



Un effort reste cependant à faire dans le domaine des contrats européens, au-delà de leur participation aux réseaux COST, et du pilotage de programmes internationaux. Au vu des multiples relations avec des laboratoires étrangers et de la notoriété de certains membres de l'unité, on aurait pu s'attendre à une meilleure attractivité vis-à-vis de chercheurs étrangers de haut niveau. En effet, on recense principalement des recrutements à l'échelle nationale, peu de post-doctorants étrangers venant avec leur financement et peu d'accueil de chercheurs étrangers de renom pour des séjours de moyenne ou longue durée. Un membre du LEM est cependant à l'origine des « Séminaires Lavoisier » de l'Université Paris Diderot, qui permettent d'accueillir plusieurs fois par an un chercheur étranger très prestigieux pour un séjour d'une semaine.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Malgré une recherche à caractère fortement fondamental, le LEM a su concrétiser ses avancées par des efforts de valorisation avec le dépôt de 3 brevets (dont un licencié), quelques partenariats industriels sur le quinquennat (sociétés Easy Life Science et Biopep Horiba), et est à l'origine d'une start-up avec la création de deux emplois. Des brevets licenciés en 2006 et 2008 génèrent quelques revenus. L'effort d'ouverture du LEM vers le tissu industriel s'est vu également récompensé par deux prix en 2009 et 2010 : l'unité et un de ses membres ont été lauréats du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes en émergence. D'autre part, l'unité est impliquée de façon remarquable dans des projets, structures, réseaux (C'Nano, DIM, GIS, LABEX, LIED, ANR...) et plusieurs de ses membres ont pris un grand nombre de responsabilités dans ces instances. Ces responsabilités sont bien réparties entre chercheurs et enseignants-chercheurs, et entre les équipes. Enfin, il faut saluer le travail fait par le LEM pour développer un site web attractif, de qualité, qui permet à l'unité de bénéficier d'un outil efficace en termes de communication, de rayonnement et aussi d'ouverture sur la société (diaporamas, résumés et vidéos de conférences et débats, conférences prestigieuses, événements grand public, fête de la science...).

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

Au cours du quinquennat, l'unité est passée de 3 à 4 équipes et l'équipe 1 s'est considérablement renforcée avec l'arrivée de deux chercheurs CNRS. La taille des équipes varie d'un facteur 1 à 3 sans nuire à la production scientifique. Si les interactions entre équipes existent déjà (en commun : 5 ACL, 3 ouvrages scientifiques et 1 brevet), elles pourraient être accrues au travers de thèmes transverses. A ce titre, l'impulsion imprimée par l'équipe 3, notamment en concertation avec l'équipe 4 nouvellement créée, pourrait sans aucun doute jeter les bases d'un travail en commun renforcé à l'échelle de l'unité.

La gouvernance du LEM est assurée par un directeur qui s'appuie sur les responsables d'équipe et sur le conseil d'unité pour les choix stratégiques et scientifiques. Le conseil d'unité se réunit fréquemment, 3 à 6 fois par an. Les moyens de gestion, le secrétariat, les services techniques, et les médiations (?) sont partagés sur l'ensemble de l'unité. Au plan financier, les équipes fonctionnent de manière autonome et indépendante sur la base de leurs crédits propres (contrats) sur lesquels n'est effectué aucun prélèvement. L'unité bénéficie de locaux neufs et bien adaptés, mais l'accroissement important des effectifs en chercheurs permanents (+45%) et non-permanents (+88% de doctorants, post-doctorants, invités) pose un problème crucial de place. Il faudra veiller à répondre de façon appropriée à cette contrainte qui pourrait engendrer des problèmes liés à la sécurité (un seul local de synthèse). Enfin, l'unité a pris les dispositions adéquates en termes d'hygiène et sécurité et une assistante de prévention très compétente et motivée veille à l'application rigoureuse des règles de sécurité. La Direction de l'unité apporte manifestement un bon soutien à une équipe ITA-BIATSS dynamique et très bien intégrée. Les doctorants bénéficient d'un bon soutien et d'un suivi scientifique et professionnel, et constituent un groupe soudé et vivant.

Le laboratoire est actif dans les efforts de mutualisation de postes de personnels techniques, par exemple en mécanique pour répondre à des demandes de l'UFR, et réciproquement des personnels de l'UFR et de l'autre unité de chimie de l'université Paris Diderot (ITODYS) assurent des missions pour le LEM (maintenance informatique, soufflage de verre). Un poste d'IE électronicien vient d'être mutualisé entre le LEM et l'UFR. L'information scientifique (thèmes, publications, programmes de recherche), l'information générale (personnel, offres de thèse, CDD, site web très vivant, ...) et l'animation scientifique sont bonnes. Depuis 2008 la nouvelle direction a mis en place des cycles de conférences et séminaires de haut niveau avec les Conférences Lavoisier et les séminaires Paris Rive Gauche mais fait également participer l'unité aux séminaires de l'unité voisine l'ITODYS. Au niveau du laboratoire des séminaires ont été mis en place avec la participation privilégiée des stagiaires, doctorants et post-doctorants.



## Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Pendant la période considérée (2007 - mi-2012), le Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire a formé 7 doctorants dont il faut souligner la très bonne insertion professionnelle ultérieure (4 en CDI et 2 en post-doctorat). L'ensemble du laboratoire inscrit ses doctorants dans l'ED388 (Chimie physique et analytique de Paris Centre) sous sceau principal UPMC. L'unité a également accueilli 9 post-doctorants et 34 stagiaires aux niveaux Master, Licence, élèves-ingénieurs, etc. Actuellement, en janvier 2013, 9 doctorants et 5 post-doctorants travaillent au LEM pour un effectif global de 16 chercheurs permanents (EC+C). Ces chiffres montrent une augmentation très significative du nombre de doctorants et post-doctorants par rapport à la période de référence précédente. Cette bonne dynamique est le fruit des nombreux contrats, principalement académiques, qui ont été obtenus au niveau français. Les supports financiers ont permis la participation des doctorants à un nombre de congrès compris entre 1 et 3 pendant leur période de formation. L'encadrement d'un nombre plus important de doctorants et stagiaires, qui constitue un objectif que l'unité devrait poursuivre, passe par la diversification des sources de financement et de l'origine académique des étudiants et des filières de formation. Toutefois cet objectif est conditionné par l'obtention d'espaces de travail suffisants pour les accueillir dans les conditions de sécurité requises.

Les enseignants-chercheurs du LEM sont fortement impliqués dans les différentes filières de formation appartenant à l'Université Paris Diderot : direction de l'Institut des Ecoles Doctorales de l'Université Paris Diderot, direction de l'UFR de chimie, co-responsabilité d'un nouveau Master II « Frontiers in chemistry » avec Paris V, responsabilité de la licence de chimie, nouvelle maquette du master de chimie, création de la licence professionnelle LiPAC (Analyse Chimique), etc. Les personnels CNRS interviennent également dans les filières de formation. De plus, les membres du laboratoire ont participé activement à la création ou à l'organisation de différentes écoles thématiques, séries de conférences, congrès. L'ensemble de l'unité a le souci de développer l'enseignement de l'électrochimie à tous les niveaux de formation et la création éventuelle d'un master national ou international dans ce domaine constitue une opportunité importante pour la discipline. La formation par la recherche, tant en termes d'enseignement que d'encadrement, est donc une activité variée, bien structurée et forte qui implique de façon équilibrée les enseignants-chercheurs et les chercheurs CNRS du laboratoire.

## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les projets de recherche du LEM pour les cinq prochaines années s'inscrivent dans la continuité des activités antérieures menées dans le domaine de l'électrochimie moléculaire et biomoléculaire. Du point de vue organisationnel, l'unité reconduit la structuration antérieure en quatre équipes/thématiques. Dans ce contexte, la création de l'équipe 4, suite à un recrutement et une mutation de chercheurs et le renfort très récent d'un enseignant-chercheur, associée à de récents recrutements, devrait contribuer à encore augmenter le dynamisme de l'unité pour le quinquennat à venir.

Les quatre équipes composant le LEM abordent des questions très actuelles avec pour but d'acquérir des concepts nouveaux liés aux transferts d'électron (en particulier pour des molécules d'intérêt biologique) et de proposer des technologies innovantes. Le projet se distingue par sa diversité tout en montrant une grande cohérence thématique. Certaines parties du projet sont nouvelles et très originales. Les recherches proposées s'appuient globalement sur les compétences spécifiques du LEM (utilisation quantitative de l'électrochimie, modélisation, développements théoriques, méthodologiques et expérimentaux), sur de nombreuses collaborations avec des groupes français et étrangers, et sur des moyens qui sont en partie assurés par des financements déjà acquis (ANR, bourses de thèse) ; la prise de risque est donc raisonnable.

Si pour chaque équipe, la stratégie de recherche est bien fondée, il n'apparaît toutefois pas une véritable vision stratégique à l'échelle de l'unité dans la mesure où aucun projet transversal impliquant les quatre équipes n'est clairement identifié. Certains travaux feront toutefois appel à des collaborations entre deux équipes de l'unité, et des priorités claires de recrutement ont été présentées.

L'ouverture vers des partenaires extérieurs est présente dans les diverses propositions de recherche. Les collaborations avec des partenaires académiques à l'étranger, bien que déjà présentes, mériteraient d'être renforcées afin d'augmenter l'attractivité vis-à-vis d'étudiants ou de post-doctorants pouvant bénéficier dans certains cas de financements extérieurs au LEM.



Le programme des diverses recherches proposées équilibre les questionnements fondamentaux (réactivité chimique et transferts d'électrons) et les préoccupations sociétales (activation de petites molécules dans le contexte des énergies nouvelles, sujet sur lequel le LEM est déjà positionné de façon très favorable, nanosciences, développements analytiques, etc.) qui peuvent déboucher effectivement sur des applications. Cette double approche fondamentale et appliquée en recherche, constitue un atout important de l'unité pour l'obtention de financements émanant de sources diverses mais également pour stimuler l'intégration des équipes dans un cadre de recherche multidisciplinaire.

Le choix judicieux des sujets de recherche, couplé à une stratégie et une mise en œuvre fondées, devrait encore conduire à une augmentation de la visibilité du laboratoire dans le prochain quinquennat.



## 4 • Analyse thème par thème

**Thème 1 :** Transferts d'Electrons et Bouversements Moléculaires - Réactivité Chimique Fondamentale et Biomimétisme

**Nom du responsable :** M. Marc ROBERT

Ce thème rassemble actuellement une équipe de 3 enseignants-chercheurs et 3 chercheurs CNRS (dont un émérite), et il faut noter l'arrivée de deux de ses membres en 2008 l'un par mutation et l'autre par concours CNRS.

L'équipe poursuit très activement des activités dans le domaine de l'étude de mécanismes de réactions électrochimiques. L'analyse, la compréhension et la prédiction de réactions où surviennent des transferts d'électrons couplés à des transferts de protons, et plus particulièrement lorsque ces transferts sont concertés, constituent le cœur de cette recherche qui est reconnue mondialement.

L'originalité des travaux a conduit à un nombre très significatif de publications (49, soit 2,4 ACL/ETP/an) dans des revues internationales à très haut facteur d'impact (FI moyen : 11,4) ainsi qu'à la publication de revues thématiques (2) et d'ouvrages scientifiques (4). La parution très récente d'un article dans la prestigieuse revue Science confirme très bien le positionnement de l'équipe au niveau international. L'excellence de la recherche de cette équipe est aussi attestée par les nombreuses conférences sur invitation (16, données quasi exclusivement dans des congrès internationaux), le nombre très élevé de séminaires invités (40), de communications orales (27) et de communications par affiche (18) donnés par les membres de l'équipe.

Diverses collaborations établies avec de nombreux partenaires académiques en France et à l'étranger, l'accueil de post-doctorants français et étrangers au sein de l'équipe ainsi que la participation à des réseaux, notamment à un réseau européen COST, témoignent du très bon positionnement international de l'équipe. La notoriété des membres de l'équipe est aussi reconnue pour l'organisation de réunions scientifiques internationales et pour l'expertise scientifique auprès de divers organismes de gestion de la recherche en France et à l'étranger (NSF, ACS, ...).

L'équipe contribue très activement à la formation de stagiaires en M1/M2, de doctorants et post-doctorants. Parmi les autres tâches des membres de l'équipe, on retrouve aussi l'organisation et la participation à des séminaires et conférences, une participation à la conception et création de nouvelles formations de licence et M2, l'élaboration d'ouvrages pour l'enseignement. Des membres de l'équipe ont également des responsabilités à divers niveaux de formation (responsable de la licence mention chimie, direction de l'Institut des Etudes doctorales de l'Université Paris Diderot).

En conclusion, cette équipe mène des recherches au plus haut niveau, basées sur un va et vient permanent entre approches théoriques et expérimentales, activités qu'elle se propose de poursuivre et d'amplifier à l'avenir avec une préoccupation accentuée vers des possibilités d'application, notamment dans le domaine de l'énergie.



**Thème 2 :** Systèmes Biomacromoléculaires - Transport d'Electrons à l'Echelle Nanométrique

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Agnès ANNE et M. Christophe DEMAILLE

Le thème est animé par 2 chercheurs, co-responsables de l'équipe, un enseignant-chercheur et une technicienne à temps-partiel (70%).

Les recherches sont basées sur des expertises reconnues en microscopie à champ proche AFM-SECM et en synthèse et caractérisation de macromolécules et biomolécules adsorbées. Elles s'appliquent à l'étude à l'échelle nanométrique des transferts d'électrons dans des systèmes biomacromoléculaires. L'équipe a développé une expertise unique sur des projets novateurs et d'actualité, notamment l'AFM-SECM à sondes moléculaires attachées et l'étude de l'impact des mouvements moléculaires sur les transferts d'électrons au sein de biomolécules adsorbées.

La production scientifique (0,9 ACL/ETP/an) est de bonne qualité et se traduit par des publications dans des revues renommées à facteurs d'impact élevés (FI moyen = 6,75). Les résultats originaux obtenus et le développement d'une technique d'importance majeure ont contribué à la renommée internationale qu'a acquise l'équipe ; elle est en effet la seule au monde à développer la technique d'AFM-SECM à médiateur lié. Cela s'est traduit par quatre invitations à produire des ouvrages scientifiques et chapitres. Elle a participé à plusieurs congrès et à quelques réseaux collaboratifs nationaux. Les membres de l'équipe ont obtenu des financements significatifs (1 ANR, 3 C'Nano IdF, toujours en tant que porteur) et ont initié une collaboration avec un partenaire industriel (Biopep Horiba).

L'équipe est fortement impliquée dans la vie de l'unité, notamment en animant la communication et la formation interne. Elle a développé une activité importante dans la production et la diffusion en ligne de reportages sur des événements scientifiques (congrès, séminaires) de la région Ile de France. Plusieurs de ces reportages ont été repris et archivés par d'autres organismes et institutions françaises et étrangères. L'équipe est aussi impliquée dans l'enseignement de l'IUT et du Master de l'université Paris Diderot et dans la création et l'organisation d'un concours de chimie inter lycées d'Ile de France (3ème édition).

Dans le futur, l'équipe se propose d'améliorer la résolution de l'imagerie AFM-SECM pour atteindre la détection de molécules biologiques uniques et étudier des interactions moléculaires spécifiques entre biomolécules en solution et biomolécules immobilisées sur électrodes. La stratégie proposée est réalisable d'autant plus que l'unité présente au concours CR 2013 un(e) candidate(e) qui serait affecté(e) à cette équipe en cas de succès. Il faudra cependant anticiper la perte d'expertise en synthèse et électrochimie de biomolécules qui se profile suite à un départ en retraite programmé à moyen terme. L'équipe gagnerait à accroître sa visibilité en participant davantage aux congrès internationaux. D'autre part on ne peut que l'encourager à développer des collaborations au sein du LEM. Cela lui permettrait d'élargir le champ d'application de sa technique AFM-SECM et d'accroître sa production scientifique qui reste, au regard du potentiel affiché par l'équipe, un point à améliorer.



**Thème 3 :** Approche Electrochimique de la Réactivité Enzymatique et Nouvelles Méthodologies Electroanalytiques

**Nom du responsable :** M. Benoît LIMOGES

Le thème implique actuellement une équipe de 3 enseignants-chercheurs (dont 1 est arrivé au cours de ce quinquennat) et 1 chercheur CNRS.

L'activité scientifique de l'équipe se décline suivant 2 axes principaux : étude de la réactivité d'enzymes redox et nouvelles méthodologies électrochimiques pour la bioanalyse. Le premier axe est clairement plus fondamental et fait l'objet de certains travaux en collaboration avec l'équipe 1. Des avancées majeures ont été obtenues, notamment sur la mise en évidence d'étapes-clés en cinétique enzymatique ou sur le développement d'une spectroélectrochimie résolue en temps appliquée à des biomolécules adsorbées sur des électrodes mésoporeuses transparentes. Ces thèmes de recherche, très fondamentaux, peuvent mener ultérieurement à des applications concrètes dans les domaines des biopiles et des biocapteurs enzymatiques. Le second axe est centré sur le développement de méthodes électroanalytiques à finalité biologique. Les membres de l'équipe se sont très fortement investis, et avec succès, dans la mise au point du suivi électrochimique de l'amplification d'ADN par PCR qui offre certains avantages par rapport à la fluorescence. D'autres approches sont également explorées avec le développement d'un capteur électrochimique pour la détection énantiospécifique de drogues amphétaminiques basée sur des aptamères, ces travaux étant menés en collaboration avec l'équipe 4. Ces 2 axes de recherche sont complémentaires et équilibrés. L'équipe 3 joue un rôle moteur dans les collaborations internes à l'unité.

Les travaux développés suivant ces 2 axes ont conduit à l'obtention de résultats d'une grande originalité qui ont donné lieu à une production scientifique importante et d'excellente qualité (29 publications, 3 brevets et 3 ouvrages). Sur la période examinée, l'équipe a publié plus de 2,5 ACL/ETP/an, présentant un facteur d'impact moyen pondéré de 6,1. La recherche de l'équipe est reconnue à l'échelle nationale et internationale et s'est traduite par des invitations à 9 conférences dans des congrès et 10 séminaires ou workshops.

L'excellente qualité et le volume important de l'activité de cette équipe peuvent se mesurer à son implication dans 5 ANR (dont 3 en tant que coordinateur) et 3 autres contrats. Ce bilan tout à fait remarquable, surtout pour une équipe de cette taille, lui a permis d'encore accroître son rayonnement en s'appuyant largement sur de très nombreuses collaborations, la majeure partie de ses publications étant cosignée avec ces équipes extérieures à l'unité.

Un autre point fort de l'équipe concerne son implication dans des activités de valorisation. Trois brevets (dont 1 licencié) ont été déposés pour protéger l'originalité des recherches. En 2009, les membres de l'équipe ont sauté le pas pour valoriser leurs recherches avec la création d'une start-up (Easy Life Science) avec la participation de 2 entrepreneurs expérimentés. Cette jeune entreprise a été soutenue en 2009 et 2010 par le concours national d'aide à la création d'entreprises innovantes. Cela a permis la fabrication d'un démonstrateur automatisé.



**Thème 4 :** Synthèse et Electrochimie d'Assemblages Moléculaires

**Nom du responsable :** M. Bernd SCHOLLHORN

Ce thème s'est mis en place en cours de contrat. L'équipe est composée en janvier 2013 de 2 enseignants-chercheurs, 1 chercheur CNRS, et une ITA (à 70% dans l'équipe et 30% pour des tâches d'intérêt général au niveau de l'unité).

Sa création résulte d'une volonté de développer une équipe ayant des compétences à l'interface synthèse/électrochimie en chimie de coordination, supra- et biomoléculaire. L'objectif de la Direction est ainsi d'impulser des actions transverses à l'unité et des collaborations externes avec l'ITODYS, notamment dans le domaine de la fonctionnalisation de surfaces d'électrodes.

Les thématiques développées sont assez innovantes en termes de concepts. Le projet "fonctionnalisation de surfaces d'électrodes par des assemblages moléculaires organisés" a pour objectif d'optimiser la formation des monocouches (collaboration avec l'Equipe 3) et l'organisation et la formation de multicouches de façon spatialement contrôlée pour des assemblages 3D de centres redox. Le thème "biocapteurs et récepteurs artificiels" revêt trois aspects distincts : conception/réalisation d'un capteur d'amphétamines à base d'aptamères, mise au point de récepteurs moléculaires à base de liaisons halogènes, capture et libération de cations (Ca, Co, Ni, Fe) sous contrôle électrochimique. Enfin, un nouveau programme ANR original concerne les "catalyseurs biomimétiques", constituant un projet nouveau dont l'objectif est de concevoir des systèmes hybrides catalyseurs synthétiques - protéines mettant en œuvre un relais avec une électrode pour l'activation de l'oxygène en tant qu'oxydant éco-compatible. C'est l'un des projets qui devrait permettre à ce groupe de dégager son originalité et sa visibilité propre. En effet, le nombre de projets, au regard de la composition de l'équipe, indique une volonté de dynamisme et de collaborations, mais engendre aussi un risque de dispersion à considérer.

La production et le rayonnement de l'équipe depuis sa création sont bons avec 7 publications (1,9 ACL/ETP/an, pour un facteur d'impact moyen égal à 4,1), 1 brevet, et 1 conférence invitée. Divers contrats ont été obtenus : 2 ANR (dont 1 en tant que porteur) et 1 programme bilatéral international (PHC). Les membres de l'équipe sont très impliqués dans de nombreuses collaborations locales (ENS, ITODYS), nationales (Grenoble, Bordeaux) et internationales (Allemagne, Tunisie). Il faut également souligner le rôle moteur très important de l'équipe au niveau de la formation par la recherche, notamment dans le cadre de parcours internationaux et la prise de responsabilités à l'université Paris Diderot et à l'Ecole Normale Supérieure.





## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite :

**Début :** Lundi 21 janvier 2013 à 8h30  
**Fin :** Mardi 22 janvier 2013 à 17h00

**Lieu de la visite :** LEM, Université Paris Diderot  
 15, rue Jean-Antoine de Baïf, 75205 Paris

### Locaux spécifiques visités :

Les différentes salles de manipulations/expériences et les instruments/matériels du LEM ont fait l'objet d'une visite guidée au cours de laquelle des discussions ont pu avoir lieu avec les différents membres permanents de l'unité.

### Déroulement ou programme de visite :

Les membres du comité tiennent à souligner la grande qualité du document écrit qui leur avait été fourni avant la visite. Le déroulement de la visite a eu lieu selon un programme (voir ci-dessous) établi d'un commun accord entre le responsable de l'unité et le Président de ce comité.

#### **Programme du comité de visite AERES au LEM**

##### **Lundi 21 Janvier 2013**

8h30 – 9h00  
Accueil et réunion du comité

9h00 – 9h30  
Réunion à huis-clos entre le comité et le directeur du LEM

9h30 – 10h30  
Exposé du bilan et des projets de l'unité par le directeur du LEM en présence de l'ensemble des membres du Laboratoire (40 min + 20 min de questions)

10h30 – 10h45  
Pause-café

10h45 – 11h30  
Présentation des résultats et des projets scientifiques de l'équipe I (30 min + 15 min de questions)

11h30 – 12h15  
Présentation des résultats et des projets scientifiques de l'équipe II (30 min + 15 min de questions)

12h15 – 13h30  
Repas

13h30 – 14h00  
Débriefing du comité

14h00-14h45  
Présentation des résultats et des projets scientifiques de l'équipe III (30 min + 15 min de questions)

14h45 – 15h30  
Présentation des résultats et des projets scientifiques de l'équipe IV (30 min + 15 min de questions)

15h30 – 16h00  
Pause-café

16h00 – 17h00  
Rencontre avec les personnels du LEM (20 min personnels techniques; 20 min doctorants et post-doctorants; 20 min EC+C)

17h00 – 18h00  
Visite du laboratoire

18h00 – 18h30  
Débriefing du comité

19h 30 Dîner

##### **Mardi 22 Janvier 2013**

9h00 – 9h30  
Rencontre avec les représentants des tutelles

9h30 – 9h45  
Pause-café

9h45 – 12h15  
Réunion du Comité à huis clos

12h15 Déjeuner

### Points particuliers à mentionner :

Le représentant du CNU a eu un empêchement de dernière minute et n'a pas pu participer à la visite.



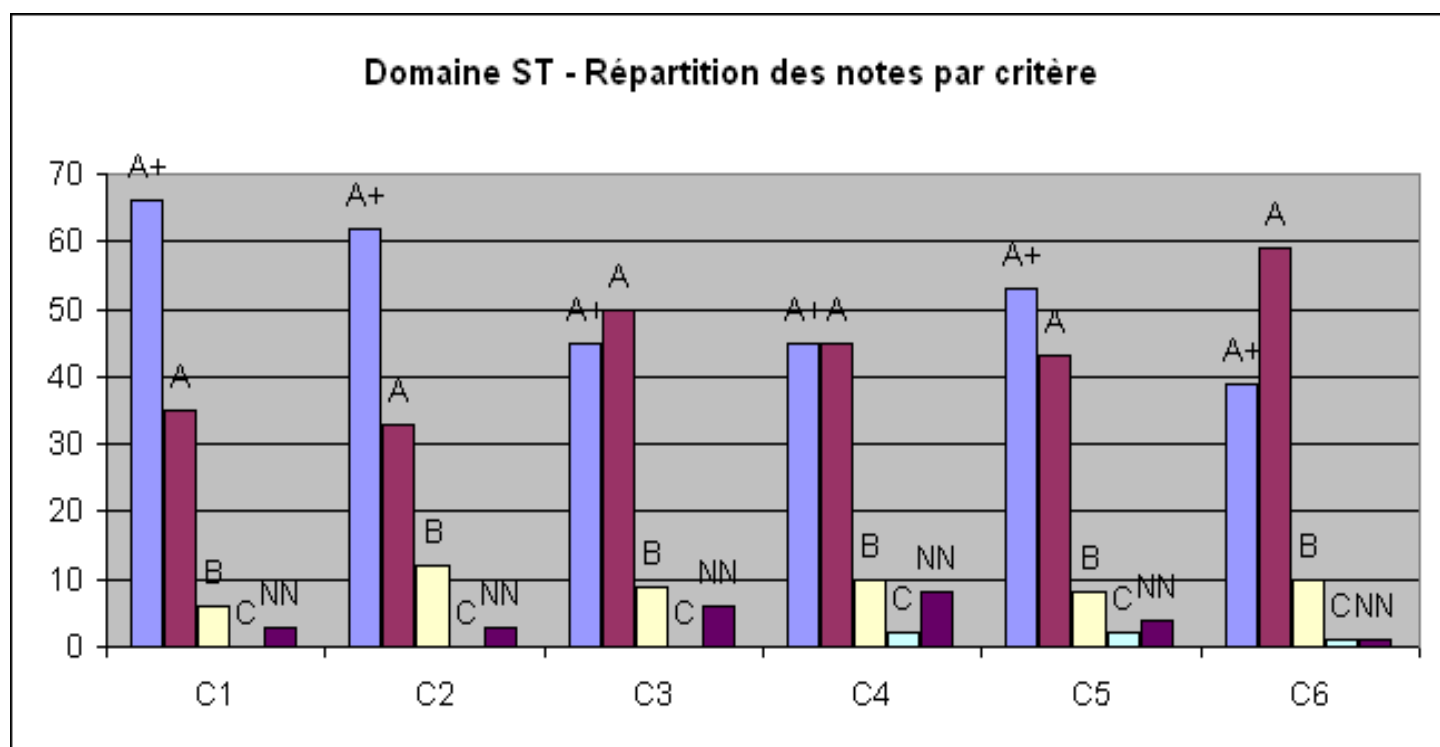
## 6 • Statistiques par domaine : ST au 10/06/2013

### Notes

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	66	62	45	45	53	39
A	35	33	50	45	43	59
B	6	12	9	10	8	10
C	0	0	0	2	2	1
Non Noté	3	3	6	8	4	1

### Pourcentages

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	60%	56%	41%	41%	48%	35%
A	32%	30%	45%	41%	39%	54%
B	5%	11%	8%	9%	7%	9%
C	0%	0%	0%	2%	2%	1%
Non Noté	3%	3%	5%	7%	4%	1%





## 7 • Observations générales des tutelles

Le Président

P/VB/NC/YM – 2013 - 058

Paris, le 05 avril 2013

M. Pierre Glaudes  
Directeur de la section des unités de l'AERES  
20 rue Vivienne  
75002 PARIS

S2PURI40006383 - Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire - LEM - 0751723R

Monsieur le Directeur,

Je vous remercie, ainsi que les membres du comité de visite, pour l'envoi du rapport d'évaluation concernant le « Laboratoire d'Electrochimie des Membranes », rapport qui souligne la très grande qualité de la recherche qui est produite, attestée par le haut niveau qualitatif et quantitatif des publications.

Je me réjouis également des commentaires très élogieux qui sont portés sur l'implication de ce laboratoire dans des structures fédératives et fédératrices comme le LIED qui nourrit le dialogue disciplinaire porté par l'Université, de même que la contribution forte à l'enseignement à tous niveaux.

Enfin, comme le comité le mentionne, le laboratoire se distingue par de nombreux contrats montrant une dynamique exponentielle dont l'établissement tiendra compte, à la hauteur de ses moyens, notamment en termes de surfaces disponibles, ce que, dans sa réponse, le directeur du laboratoire soulève comme un facteur limitant.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de toute ma considération.

Vincent Berger

Tél +33 (0) 1 57 27 55 10  
Fax +33 (0) 1 57 27 55 11  
secretariat.president@univ-paris-diderot.fr  
[www.univ-paris-diderot.fr](http://www.univ-paris-diderot.fr)

Adresse Postale  
Présidence  
Grands Moulins  
75205 Paris Cedex 13



Bâtiment Lavoisier, Case 7107  
15, rue Jean-Antoine de Baïf  
75205 Paris Cedex 13, FRANCE  
Tel : 33(0)1 57 27 87 89  
Fax : 33(0)1 57 27 87 88  
E-mail: [limoges@univ-paris-diderot.fr](mailto:limoges@univ-paris-diderot.fr)

Benoit Limoges  
*Directeur de Recherche au CNRS*

Paris, le 25 mars 2013

Monsieur le Président du Comité d'Evaluation,

J'ai lu avec beaucoup d'intérêt le rapport d'évaluation de notre unité qui nous est plutôt très favorable et je tiens à remercier l'ensemble des membres du comité pour leur travail. J'ai bien noté les points à améliorer en particulier les efforts que nous devons et allons mener pour nous impliquer davantage dans des projets européens et dans une plus grande synergie entre les équipes, ainsi qu'une participation plus importante des jeunes chercheurs aux manifestations internationales. Par ailleurs, le rapport souligne parfaitement bien le manque de place auquel notre unité est actuellement confrontée et j'espère que, *via* l'aide de nos instances, nous pourrions trouver rapidement une solution.

Veillez, Monsieur Le Président du Comité d'Evaluation, agréer l'expression de ma considération distinguée.

Benoit Limoges,

*Directeur du LEM*

