



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :
Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides
sous tutelle des
établissements et organismes :
Université de Picardie Jules Verne
CNRS

Janvier 2011



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :
Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides
sous tutelle des
établissements et organismes :
Université de Picardie Jules Verne
CNRS

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Janvier 2011



Unité

Nom de l'unité : Laboratoire de Réactivité et de Chimie des Solides

Label demandé : UMR CNRS

N° si renouvellement : 6007

Nom du directeur : Monsieur Mathieu MORCRETTE

Membres du comité d'experts

Président :

Mme Cathie VIX, IS2M, Mulhouse, CoNRS

Experts :

M. François WEISS, INP Grenoble

Mme Rose-Noëlle VANNIER, ENSC, Lille, CNU

Mme Chheng NGOV, Université de Strasbourg

Mme Sandrine PAYAN, ICMCB, Bordeaux

M. Daniel TATON, Université de Bordeaux

Mme Deborah JONES, Université de Montpellier

Mme Amparo FUERTES, ICMAB, Barcelone, Espagne

M. Patrick MAESTRO, LOF-Rhodia, Bordeaux

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Georges HADZIOANNOU

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

M. Jean-François TASSIN, DAS CNRS INC

M. Georges FAURÉ, Président de l'UPJV

M. Saïd KAMEL, 1^{er} Vice-Président du Conseil Scientifique de l'UPJV

Mme Françoise PAILLOUS, Déléguée Régionale CNRS Nord-Pas de Calais - Picardie.



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite du LRCS s'est déroulée sur 1 journée ½ ; le 19 et 20 janvier 2011. La journée du 19 commença par une présentation générale du bilan et du projet de l'unité par le directeur du LRCS; présentation qui fut suivie par une discussion avec les membres du comité. Après une première réunion à huis clos du comité, 7 présentations reflétant les activités scientifiques des 6 thématiques de l'unité se sont succédées. Le comité s'est aménagé deux courts créneaux durant cette période pour des bilans intermédiaires. Le déjeuner a été organisé sous forme de buffet autour d'une session poster afin de pouvoir également rencontrer les doctorants et les post-doctorants. Le début de l'après-midi a été consacré aux présentations par les directeurs pressentis de la fédération 'Institut de Chimie de Picardie' et le réseau RS2E. La présentation RS2E incluait également une présentation succincte du réseau européen Alistore. La journée s'est terminée successivement par une rencontre avec le conseil de laboratoire sans le directeur d'unité, les représentants des tutelles, les doctorants, une visite du laboratoire et une réunion à huis clos du comité. Les ITA/BIATOS ont également eu l'occasion durant ce créneau d'échanger avec leur homologue du comité d'évaluation. La matinée du 20 a été consacrée à la délibération à huis clos du comité d'évaluation.

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

Le laboratoire de Réactivité et de Chimie des Solides, basé à Amiens, est une unité mixte dépendant du CNRS (Institut de Chimie) et de l'Université de Picardie Jules Verne. Cette unité a été créée en 1968 autour d'une thématique centrée sur l'élaboration de matériaux, en particulier métalliques, par une voie de chimie douce et la caractérisation par microscopie électronique. En 1995, l'unité a pris un nouveau tournant avec l'arrivée d'un chercheur (ex-Bell Communication Research Labs) comme nouveau directeur. Ce chercheur, un chimiste du solide spécialisé dans les supraconducteurs et les matériaux pour batteries, a positionné l'unité sur un créneau matériaux/électrochimie. Le LRCS a acquis un statut d'UMR (CNRS/ Université de Picardie) en 2000 et un changement de directeur a eu lieu en 2008.

Fort du contexte local, national et international, les travaux de recherche du LRCS se focalisent autour d'un axe principal sur les 'Matériaux pour le stockage et la conversion d'énergie'. Il s'agit plus particulièrement de développer de nouveaux systèmes électrochimiques en vue d'accroître les performances des accumulateurs mais également d'obtenir des dispositifs électrochromes actifs dans le visible et dans l'infrarouge ainsi que des capteurs d'ions en solution. Cet axe principal se décline en 6 thématiques: accumulateurs et autres dispositifs électrochimiques (capteurs, électrochromes), cristalochimie, nanomatériaux, hydrures et nouveaux outils d'investigation ; la majorité des chercheurs prenant part à plusieurs thématiques.

- Equipe de Direction :

L'équipe de direction comprend 7 personnes dont le directeur du laboratoire. Ce comité créé en 2008 est constitué outre le directeur, de 5 membres et d'un représentant du personnel ITA/BIATOS. Son rôle est d'aider à la prise de décision et il se réunit régulièrement et plusieurs fois par an. Il s'appuie sur un conseil de laboratoire constitué par tous les permanents et 1 représentant des doctorants et sur les commissions suivantes : hygiène et sécurité, bâtiment (aménagement des locaux), sécurité des systèmes d'information (fréquence de réunion : tous les 6 mois).



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

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	13	14
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	5	5
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)	42	21
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	9 ETP	9 ETP
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)		
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	10	10

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

Le LRCS est incontestablement, au niveau mondial, un des laboratoires phare dans le domaine des matériaux pour le stockage d'énergie. Cette unité qui présente une forte cohérence scientifique focalise ses recherches autour de la conception de nouveaux systèmes électrochimiques pour les systèmes de stockage et de conversion d'énergie, en y intégrant un volet écoconception. L'activité de recherche du LRCS se décline en 6 thématiques qui couvrent les différents aspects des systèmes électrochimiques englobant la synthèse et la caractérisation des matériaux d'électrode, l'architecture et la conception des électrodes, les milieux d'électrolytes, le cycle de vie des systèmes; les chercheurs prenant part à plusieurs thématiques. Cette organisation en groupes thématiques non cloisonnés associée à la pluridisciplinarité des compétences existantes au sein de l'unité favorisent largement les synergies et les prises de risque. Cette dynamique est entretenue par une animation scientifique soutenue (réunions d'avancement mensuelles pour le suivi des projets, des thèses ou contrats post-doctoraux, journées de présentations des travaux pour les permanents et non-permanents...). La grande qualité de la production scientifique est à souligner avec notamment plus de 20 publications dans des journaux à fort facteur d'impact (Nature, Nature Materials, Nature Chemistry, JACS, Angewandte Chemie, Advanced Materials...). A mentionner que plusieurs résultats marquants et brevets pionniers du LRCS ont eu un grand retentissement dans la communauté internationale. Dans le domaine très concurrentiel de l'énergie, la politique de valorisation et de partenariats industriels est remarquable. Très impliqué dans les filières de formation, le LRCS est un centre d'excellence par et pour la formation dont l'attractivité est largement favorisée par l'existence du Master 'Materials for Energy Storage and Conversion' labellisé ERASMUS MUNDUS porté par un enseignant-chercheur du LRCS. Une force incontestable du LRCS est sa faculté de créer et d'animer des réseaux scientifiques nationaux et européens; ce qui le positionne dans un rôle moteur notamment pour la communauté française. En résumé, le LRCS est une structure d'une très forte renommée internationale qu'il doit en particulier à sa stratégie scientifique très claire et cohérente sous-tendue par une véritable vision scientifique, à la qualité de sa production scientifique, à sa politique remarquable de partenariat et valorisation, à la créativité de ses chercheurs et enseignants-chercheurs permettant une prise de risques marquée et au talent de son personnel technique. Le LRCS est donc indéniablement un fleuron de la recherche française.



- **Points forts et opportunités :**

- Une expertise d'excellence dans le domaine des matériaux pour le stockage d'énergie couvrant une chaîne complète de compétences allant de la synthèse des matériaux jusqu'au développement des systèmes électrochimiques en passant par la modélisation et les caractérisations de très haute technicité.
- Unité à visibilité et lisibilité mondiale
- Une capacité remarquable à créer et animer des réseaux nationaux et internationaux - la création du réseau RS2E représente une très belle opportunité de fédérer les acteurs français susceptibles d'apporter leur concours à un enjeu stratégique national.
- Une politique de partenariat et de valorisation très efficace et active.
- Une recherche très créative avec des prises de risques considérables menant à des ruptures technologiques à fort retentissement.
- Très bon équilibre entre recherche fondamentale et appliquée.
- Pyramide des âges et recrutement favorables soulignant le fort potentiel du LRCS.
- Centre d'excellence par et pour la recherche

- **Points à améliorer et risques :**

- Pérenniser les postes non statutaires du personnel d'accompagnement à la recherche.
- Poursuivre la prise de conscience collective sur l'hygiène et la sécurité au travers de la formalisation de documents
- Risque de dispersion du temps et des moyens si les sollicitations de participation à des fédérations et réseaux notamment en local ou régional se multiplient de trop.
- Fragilisation d'une partie du projet portant sur les électrolytes suite au départ à la retraite d'un chercheur qui a été pionnier dans ce domaine.

- **Recommandations:**

- La stratégie scientifique est, à très juste titre, fortement concentrée autour du cœur de métier du LRCS sur les accumulateurs lithium-ions. Les thèmes de recherche à la frontière de ce cœur de métier tels que les études sur les hydrures pour le stockage d'hydrogène ou les cellules photovoltaïques apparaissent désormais comme une dispersion avec des tailles sous-critiques d'équipes, et seront fragilisés si une réflexion n'est pas menée pour articuler les points forts de ces thèmes de recherche avec le cœur du métier du LRCS, ou les rapprocher des activités d'autres laboratoires en pointe dans ces domaines.
- Pérenniser le personnel non statutaire et renforcer le personnel ITA/BIATOSS d'autant plus que des départs à la retraite sont programmés.
- Formaliser les discussions au sein des instances de consultation par des compte-rendus qui seront des supports pour la direction. Poursuivre et renforcer les actions d'hygiène et sécurité en les formalisant par des documents.



- **Données de production :**

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

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	19
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	30
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)	5
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	17

3 • **Appréciations détaillées :**

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

- La pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats

Les recherches du LRCS se situent dans le domaine très concurrentiel de la meilleure gestion des ressources en énergies renouvelables et le développement de véhicules électriques qui nécessitent de répondre aux défis en énergies du XXIème siècle en traitant le problème du stockage électrochimique de l'énergie. La levée des verrous technologiques nécessite au préalable de répondre à des enjeux scientifiques d'envergure parmi lesquels par exemple le développement de nouveaux matériaux d'électrode, la maîtrise de l'architecture des électrodes, la compréhension des mécanismes électrochimiques, le développement de techniques de caractérisations in-situ, le vieillissement des systèmes, la synthèse de polymères et de sels d'électrolyte.... Ces enjeux doivent également intégrer les préoccupations environnementales et de coût.

Afin de considérer l'ensemble de la chaîne de compétences pour répondre à ces enjeux sociétaux et scientifiques, les travaux de recherche du LRCS se déclinent en 6 thématiques détaillées ci-dessous :

Accumulateurs au Li, Electrochimie

Cette thématique est la thématique phare du LRCS. Elle est au meilleur niveau et bénéficie d'une reconnaissance exceptionnelle, qui a fait du LRCS, au cours du dernier contrat quadriennal, un centre scientifique incontournable au niveau national et international. A elle seule, cette thématique implique plus de 50% des chercheurs et enseignants-chercheurs de l'unité, lui donnant un très fort potentiel en moyens humains pour faire émerger des sujets innovants. L'activité de recherche est très riche et inclut des travaux sur les nouvelles voies de préparation éco-efficace de matériaux d'électrodes pour batteries lithium-ion, la synthèse d'électrolytes liquides, polymères ou liquides ioniques. Elle vise aussi des sujets à plus long terme ou à risque tels que les nouveaux concepts d'éco-batteries faisant appel à des matériaux électroactifs organiques d'origine naturelle, et de nouveaux concepts de batterie "tout solide" pour surmonter les limitations inhérentes à ce type de dispositif. Les cibles identifiées relèvent du défi et présentent un fort potentiel d'innovation. Les multiples collaborations académiques et industrielles, dont certaines sont facilitées par le réseau Alistore-ERI, la création du réseau national RS2E constituent des atouts et opportunités qui ne pourront que renforcer la position du LRCS dans cette thématique au sein du paysage national et international. Des résultats à fort impact associés à une excellente production scientifique dans les meilleurs journaux ont conduit à un rayonnement exceptionnel de cette thématique. Parmi ces résultats, on peut citer la synthèse du fluorosulfate de fer et de lithium et la découverte de ses propriétés remarquables, le développement de matériaux électro-actifs d'origine organique et issus de ressources renouvelables et les dernières avancées sur les matériaux d'électrode négative au silicium pour différentes formulations d'électrode associant un liant polymérique spécifique



et un enrobage, où le couplage entre mesures in situ et ex situ a permis de comprendre l'origine d'amélioration en réversibilité.

Nouveaux Matériaux et Cristallochimie

Cette thématique, qui est également un axe majeur du LRCS, concerne la recherche et la caractérisation de nouvelles phases électrochimiquement actives. L'originalité de cette thématique repose sur la mise au point de toute une gamme de techniques de synthèse à basse température permettant d'obtenir de nouvelles phases et des poudres de morphologies et dimensions adéquates. Durant ces trois dernières années, les études ont essentiellement porté sur les matériaux d'électrodes et les conducteurs ioniques. Du fait de l'importance de LiFePO_4 , les matériaux étudiés sont pour la plupart des composés polyanioniques, à base de phosphate, silicate, vanadate, arséniate, sulfate ... Pour ces composés, l'activité électrochimique a été corrélée à la microstructure des poudres. Afin de modifier les potentiels redox, les recherches se sont également orientées vers l'étude d'oxyfluorures. Le niveau d'excellence de la chimie menée est à souligner ; ce qui a conduit à des résultats à fort impact parmi lesquels la découverte des nouvelles familles de matériaux fluorophosphates et fluorosulfates de fer, cobalt, nickel et manganèse ; résultats valorisés au travers de brevets et de publications dans des journaux à très fort impact. Les expertises de très haut niveau existant au sein du LRCS sur la caractérisation des poudres par diffraction des rayons X et/ou des neutrons et le développement de techniques de caractérisation in-situ des matériaux sont autant d'atouts qui contribuent au rayonnement de cette thématique. Notons ainsi que les mécanismes d'insertion/désinsertion du lithium dans les conditions de fonctionnement d'un accumulateur lithium ont pu être élucidés et la structure cristalline fine directement corrélée avec les propriétés électrochimiques des matériaux.

Nanomatériaux et nanostructuration - Réactivité à l'interface

Cette thématique porte essentiellement sur l'élaboration de matériaux d'électrodes par voie électrochimique et la compréhension des mécanismes réactionnels de matériaux d'électrode à l'échelle nanométrique. Les activités se focalisent autour de trois axes : nanomatériaux pour la catalyse, matériaux d'électrodes plus réactifs et caractérisation des nanomatériaux par la détermination de l'énergie de surface par voie électrochimique. Les résultats originaux qui peuvent être mentionnés sont la synthèse électrochimique en milieu ionique de nanomatériaux inorganiques actifs et de collecteurs de courants (Al) texturés, le développement d'une réaction simple pour la sélection de catalyseurs pour accumulateurs Li-Air et le développement d'une cellule de mesure d'énergie de surface de poudre par voie électrochimique. Cette thématique s'oriente également vers la synthèse bio-inspirée de matériaux d'électrode via des bactéries ou des virus génétiquement modifiés. La très bonne production scientifique témoigne de l'impact des résultats de cette thématique.

Hydrures

Cette thématique s'articule autour de trois axes de recherches : les propriétés de sorption d'hydrogène des intermétalliques, les hydrures et amidures complexes pour le stockage de l'hydrogène, l'étude de la réactivité vis-à-vis du lithium des hydrures métalliques utilisés comme électrodes négatives pour les batteries lithium-ions. Seul ce dernier thème comporte un lien avec le cœur d'activité du laboratoire.

Les travaux sur le stockage solide de l'hydrogène sont d'un très bon niveau et originaux en termes de nouveaux composés (comme par exemple la préparation de systèmes à base d'amidures - LiH , la nucléation d'hydrures dans les carbones micro/mésoporeux) mais ils ne semblent pas amener de rupture majeure, dans un domaine déjà très travaillé depuis de nombreuses années. La question de l'avenir de cet axe qui bénéficie de plus de moyens relativement modestes par rapport aux quelques autres laboratoires travaillant le sujet, doit être posée.

Le thème des hydrures (type MgH_2) pour la réalisation d'électrodes négatives est en lien direct avec l'axe clé du laboratoire. Des résultats forts intéressants ont été obtenus, avec des matériaux dont l'accessibilité ne pose pas de problème majeur. Il faut valider rapidement l'intérêt au plan des performances et de l'intégration possible dans un système réel car ce concept peut être effectivement prometteur.

Autres dispositifs électrochimiques - capteurs et dispositifs électrochromes

Les thématiques abordées concernent les dispositifs électrochromes et les électrodes sélectives aux ions.

Des avancées significatives ont été obtenues sur les dispositifs transparents dans le visible (optimisation des électrodes conductrices transparentes) et l'infrarouge (nouveau design d'électrode) par des voies différentes : approche couche mince et approche substrat souple ; l'amélioration des propriétés par la recherche d'architectures



nouvelles étant une stratégie indispensable pour rester compétitif dans l'élaboration de nouveaux dispositifs électrochromes. Dans le domaine des électrodes sélectives d'ions, les travaux de cette thématique se sont focalisés depuis 2003 sur la détection ionique notamment par voie électrochimique en mode potentiométrique en étudiant tout d'abord des matériaux inorganiques pour évoluer vers des systèmes sur mesure à base de matériaux hybrides.

La production scientifique est importante avec des publications dans des revues à fort impact; la notoriété de cette thématique étant également visible au travers des projets nationaux et internationaux en collaboration avec plusieurs laboratoires et entreprises. Un nouvel axe a été récemment développé en relation avec les dispositifs photovoltaïques que le comité recommande d'étudier sous l'angle du couplage avec les batteries pour éviter d'être en marge de la thématique principale du laboratoire. Cette thématique risque toutefois de se voir fragilisée si le départ du chercheur qui la porte est confirmé.

Techniques de caractérisations innovantes

Cette thématique affiche comme objectifs de visualiser, comprendre les processus physico-chimiques dans les systèmes électrochimiques développés au laboratoire pour corrélés à cette analyse une optimisation de leurs performances. Cette thématique trouve sa pertinence en relation avec les études faites au sein du LRCS sur les nouveaux matériaux, la réactivité aux interfaces, les systèmes de stockage avancés. L'originalité des études réside en particulier dans le développement de dispositifs d'analyse in-situ MEB et MET, DRX permettant d'étudier les évolutions physico-chimiques et structurales des différents éléments de la batterie pendant le cyclage. Les développements proposés sont essentiellement des caractérisations structurales et microstructurales permettant de remonter aux propriétés physico-chimiques intrinsèques des matériaux. Ils adressent des défis technologiques de pointe pour lesquels le LRCS développe ici des compétences uniques au niveau international. La variété et la qualité des expériences mises en œuvre (MET, DRX-synchrotron) est confortée (peut-être insuffisamment) par l'apport de collaborations extérieures dans des projets ANR ou encore via le réseau Alistore-ERI.

Les informations recueillies au travers de ces caractérisations de pointe ont des implications directes tant au niveau fondamental pour la compréhension des mécanismes réactionnels qu'au niveau appliqué pour la compréhension de la fiabilité et de la durée de vie des batteries.

Sécurité et Modélisation

La thématique « sécurité » et « modélisation » s'est ainsi développée au sein du LRCS, à l'interface avec le milieu industriel pour apporter des méthodes d'analyse nouvelles sur le test, le vieillissement et la fiabilité des batteries, en lien étroit avec les matériaux qui sont développés au LRCS. Sur le plan de la modélisation, l'approche utilisée a consisté à développer un outil de simulation susceptible de reproduire, à partir d'un grand nombre de variables ajustables, le comportement électrique d'un élément de batterie. Les outils mis en œuvre s'attachent à expliciter le comportement et le vieillissement des batteries en adressant essentiellement les paramètres physico-chimiques de la batterie et en cela le LRCS garde sa légitimité. Sur le plan de la sécurité, les études engagées avec l'INERIS répondent à des besoins très clairs de développer des connaissances et des méthodologies permettant d'évaluer les risques toxiques et d'explosion des batteries en travaillant également sur l'origine de ces risques. Le développement de compétences spécifiques dans ce domaine et le renforcement d'une plateforme analytique dédiée à l'étude des mécanismes réactionnels (analyse thermique et détection des gaz) permettent d'apporter de premières réponses. L'intégration de connaissances physico-chimiques très fortes dans l'étude du comportement et des risques liés aux matériaux et aux batteries permet au LRCS de maîtriser un ensemble de connaissances approfondies non seulement sur les matériaux, mais aussi les systèmes mettant en œuvre ces matériaux, ce qui représente indéniablement un des points forts du LRCS. Cette thématique bénéficie d'un excellent rayonnement comme en témoigne la production scientifique.

- Quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions,

La production scientifique est remarquable. Le bilan sur la période 2007-2010 fait état de : 189 articles dans des revues internationales à comité de lecture (ACL) soit 2,3 ACL par chercheur et par an, 125 conférences invitées, 32 brevets, 88 communications orales et 88 communications par affiche. Les publications dans des journaux à fort impact -tels que Nature, Nature Materials, Nature Chemistry, JACS, Angewandte Chemie, Advanced-Materials et le nombre important de conférences invitées témoignent du rayonnement international du laboratoire. A noter que les conférences invitées se répartissent entre plusieurs membres du LRCS et concernent toutes les thématiques citées ci-dessus.



Des membres du LRCS participent également au comité éditorial de différents journaux scientifiques.

17 thèses ont été soutenues entre 2006 et 2010 avec un nombre de publications moyen par thèse de 4,2 et un très bon placement des étudiants (50% sont recrutés par l'industrie).

- La qualité et pérennité des relations contractuelles

La politique de contractualisation et de valorisation du LRCS est très efficace, réactive conduisant à une recherche contractuelle nationale et internationale d'un excellent niveau. A toutes les échelles (locale, régionale, nationale et internationale), le LRCS se positionne comme un laboratoire pivot d'un ou plusieurs réseaux; il se distingue ainsi très clairement par sa faculté de créer et d'animer des réseaux parmi lesquels on peut citer : l'Institut de Chimie de Picardie, l'unité test de générateurs à lithium-ions, le réseau Alistore-ERI et le dernier né : le réseau RS2E (réseau de recherche et de technologie sur le stockage électrochimique). Les deux derniers réseaux reposent sur un consortium original avec l'intégration d'un club d'industriels permettant ainsi d'assurer une valorisation rapide et efficace. Le réseau de collaborations du LRCS est très dense comme en témoigne les nombreux projets nationaux (ANR, CNRS..) et internationaux (PCRD6-PCRD7) menés aussi bien avec des partenaires académiques qu'industriels.

Plusieurs collaborations académiques et industrielles, dont certaines sont facilitées par le réseau Alistore-ERI, sont avec des partenaires prestigieux dans le domaine.

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

- le nombre et la renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales,

La renommée du LRCS se reflète également au travers des prix nationaux et internationaux prestigieux attribués à ses membres et les très nombreuses conférences invitées. Un membre du LRCS est titulaire de la chaire 'développement durable - Environnement, énergie et société' au Collège de France et deux professeurs ont été nommés par l'IUF.

- la capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers,

Le LRCS est un centre attractif aussi bien pour le recrutement de chercheurs que d'étudiants. Le flux de chercheurs (+3 EC, +1 CNRS) est positif entre 2006 et 2010. L'adossement au LRCS de deux formations de master dont le master Erasmus-Mundus 'MESOC' (Materials for Energy Storage and Conversion) permet d'attirer des étudiants étrangers d'un excellent niveau. En portant ce Master européen, l'Institut a ainsi créé un centre de gravité européen au niveau de la formation dans le domaine des accumulateurs au lithium, et assure le recrutement de jeunes étudiants, hautement qualifiés susceptibles de s'intégrer dans la recherche au niveau doctoral. Par ailleurs, le rôle leader du LRCS dans Alistore-ERI a également permis de maintenir un flux important de post-doctorants.

- la capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité,

Le dynamisme du LRCS à répondre à des appels d'offres à tous les niveaux (régional, national et international) est excellent et se traduit par un taux de réussite élevé. Ce dynamisme se reflète également dans le budget du LRCS puisque les contrats représentent 83% du budget avec une très bonne répartition des sources de financement. Le LRCS est également fortement impliqué dans le Pôle I-Trans à vocation internationale.

- la participation à des programmes internationaux ou nationaux, l'existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers,

Le LRCS participe à de très nombreux programmes nationaux et internationaux. Il a fait preuve d'un dynamisme remarquable en initiant et en portant au niveau européen la création du réseau d'excellence Alistore, qui a trouvé sa pérennisation au sein de l'Institut de Recherche Européen Alistore-ERI (regroupant 23 unités de recherche spécialisées dans le domaine du stockage électrochimique de l'énergie et un club d'industriels composé de 13 membres). Cet Institut se caractérise par une synergie très forte entre formation - recherche et industrie. L'Institut, qui par ailleurs s'adosse à une fédération CNRS, conduit une politique de brevets proactive, qui bénéficie à



l'ensemble de ses partenaires académiques. Ce schéma de valorisation réactif a pu être mise en place grâce à la présence au sein du LRCS d'un ingénieur brevet.

Fort de l'expérience d'Alistore qui est une vraie réussite au niveau des partenariats européens, la volonté du LRCS de reproduire ce schéma sur le territoire national s'est traduite par la création du réseau RS2E (Réseau de Recherche et Technologie sur le stockage Electrochimique). Ce projet a pour ambition de rassembler et fédérer l'ensemble des efforts au niveau français pour développer une filière de premier rang mondial sur le stockage de l'énergie pour le transport et les applications réseaux. Les thématiques de ce réseau seront élargies par rapport au réseau Alistore en y intégrant les recherches sur des systèmes de stockage autres que les batteries lithium-ions (supercondensateurs, cellules photovoltaïques...).

Ce réseau, issu d'une volonté politique nationale, va donc fédérer les actions françaises sur le domaine, en couplant laboratoires académiques, plateformes technologiques et industriels pour assurer une continuité de la chaîne depuis la recherche académique, les inventions des laboratoires, le prototypage, jusqu'à la mise en œuvre industrielle. Il réunira ainsi l'ensemble des partenaires académiques dans le Centre de Recherche Amont (CRA) alors que les Centres de Recherche assurent le développement des technologies, autour de plateformes, au sein du Centre de Recherche Technologique et d'Intégration (CRTI). Cette initiative, totalement issue du LRCS, doit être saluée. Le RS2E va permettre non seulement d'accélérer les recherches en rupture sur le domaine du stockage électrochimique, grâce à des moyens supplémentaires et des collaborations intensifiées, mais aussi de repositionner les industriels français vers une plus grande autonomie dans la compétition internationale. Le RS2E sera adossé à une fédération de recherche à créer.

De par ces réseaux, le LRCS entretient des collaborations avec les meilleurs laboratoires nationaux et internationaux, ce qui est propice au ressourcement.

- la valorisation des recherches, et les relations socio-économiques ou culturelles

Le laboratoire a développé depuis plus de quinze ans une politique de propriété industrielle, de valorisation et de partenariats assez exceptionnelle, dans un domaine très concurrentiel. Le nombre de brevets déposés et les licences ou option de licences déjà négociées témoignent du dynamisme du laboratoire en la matière. Cette capacité d'amener des idées du laboratoire vers des innovations potentielles est d'autant plus notable que le domaine fait l'objet de recherches très importantes, académiques et industrielles. Les brevets, dont la plupart portent sur des avancées majeures, ont un réel potentiel de développement. La présence d'un ingénieur brevets dédié témoigne bien de cette orientation vers la propriété industrielle et la valorisation, trop souvent négligée par ailleurs. Cette politique de protection n'empêche d'ailleurs pas les contacts industriels, au contraire, comme en témoigne le nombre important de collaborations.

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

Le LRCS fonctionne comme une seule équipe au sein de laquelle les activités se déclinent en thématiques. Le directeur s'appuie sur un comité de direction de 6 personnes (3 personnes élues, 2 nommées et 1 représentant ITA/BIATOS). Ce comité se réunit régulièrement et permet d'être réactif dans les prises de décisions. Ce comité est complété par quatre instances consultatives : le conseil de laboratoire composé de tous les permanents et les commissions hygiène et sécurité, aménagement des locaux et sécurité des systèmes d'information. L'animation scientifique est très bonne avec des discussions mensuelles au sein de chaque thématique, des journées de présentation pour les permanents et non-permanents en décembre et juillet et le cycle mensuel de séminaires propre au LRCS et couplé avec celui de l'Institut de Chimie de Picardie.

Le comité souligne la qualité de la direction menée et encourage le directeur à poursuivre ses actions structurantes.

La rencontre avec le conseil de laboratoire fait ressortir que les personnels, avec un effectif jeune, sont attachés à leur laboratoire et ont plaisir à y travailler. Les doctorants, post-doctorants et stagiaires bénéficient d'un environnement de grande qualité avec un encadrement et un suivi rigoureux et un équipement conséquent répondant tout à fait aux besoins. La politique du directeur en matière de suivi de carrières des personnels ITA/BIATOSS a également été soulignée. Lors des rencontres avec le Conseil de Laboratoire et le personnel ITA/BIATOSS, le Comité a pu constater un soutien efficace du personnel technique et administratif à la recherche. Les différentes remarques soulevées par l'ensemble du personnel de l'Unité dénotent toutefois un réel manque d'effectifs pour faire face à l'augmentation importante, au cours de ces dernières années, du parc matériel et du nombre de doctorants, ainsi



qu'à l'évolution croissante de la technicité des appareils et la multiplicité des projets de recherche et des contrats à gérer. Le Comité est conscient que le recrutement sur ressources propres de l'Unité de personnels non permanents pour assurer le fonctionnement général demeure une solution palliative mais insuffisante et provisoire et qu'il est indispensable d'améliorer le taux de recrutement en personnel statutaire afin de maintenir (ou d'établir) une pérennité des savoir-faire techniques et d'éviter un ralentissement de la recherche au profit de la gestion administrative des contrats et des brevets par les chercheurs. Sur le plan de l'hygiène et la sécurité, le personnel exprime sa satisfaction quant à leur environnement de travail et aux plans d'action menés en faveur des conditions d'hygiène et de sécurité (financés sur les ressources propres du laboratoire). La visite des laboratoires a montré néanmoins que quelques libertés sont prises avec le port des éléments de protection individuels (blouses et lunettes), ce qui n'est pas admissible, et une zone à risque (évaluation des propriétés électrochimiques au vieillissement) qu'il conviendrait de sécuriser. Vu le coût de l'investissement sur la pièce, l'Université devrait aider le Laboratoire pour la mettre en conformité vis-à-vis d'un risque d'incendie. La formalisation de documents tels que le document unique constituerait des outils pour la direction et l'ACMO. Concernant la formation permanente, le laboratoire est doté d'une correspondante qui transmet les offres de formation et établit le Plan de Formation de l'Unité lorsqu'il y a des demandes de formation. D'une manière générale, l'accès aux formations liées à l'hygiène et la sécurité ou aux techniques spécifiques est aisé alors que celui aux formations d'apprentissage de l'anglais est très difficile malgré la forte demande du personnel de cette unité dans laquelle les étudiants étrangers sont nombreux.

Les membres du LRCS sont très impliqués dans les missions d'enseignement de l'université avec des responsabilités à différents niveaux : directeur de l'école doctorale, responsable du Master Erasmus Mundus et responsables de parcours ou de filières. Les membres du LRCS participent également activement à des actions envers le grand public.

Au niveau régional, le LRCS joue un rôle majeur dans la structuration en région en participant activement aux appels à projets structurants de la région et à la mise en place d'un Institut de Chimie Verte et de Développement Durable (ICVDD) qui participera à la structuration régionale en chimie.

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

Le projet scientifique proposé pour le prochain quinquennal est très ambitieux, original et présente des prises de risques certaines. Il s'appuie sur le fort dynamisme de l'unité, les compétences pluridisciplinaires et les expertises d'excellence déjà existantes au sein de l'unité. Il ne pourra que renforcer la place déjà dominante du LRCS dans le domaine du stockage de l'énergie.

La thématique principale du laboratoire 'Matériaux innovants pour les systèmes de stockage, de conversion et de gestion de l'énergie' sera déclinée en 8 thématiques : 'Nouveaux matériaux et cristallographie', 'Réactivité à l'interface', 'Nanomatériaux et nanostructuration', 'Hydrures et leur réactivité', 'Systèmes de stockage électrochimique avancés', 'Autres dispositifs électrochimiques', 'Nouveaux outils d'investigation', 'Modélisation et sécurité' avec pour missions notamment d'explorer les systèmes 'électroactifs' de demain pour de nouvelles ruptures technologiques, de comprendre les mécanismes réactionnels et/ou la chimie des matériaux et d'étudier l'aspect écoconception. De nouveaux matériaux, de nouveaux systèmes de stockage, leur couplage aux systèmes de production d'électricité sont proposés tout en tenant compte des aspects sécurité et durée de vie par le développement d'outils de modélisation. L'effort porté sur le développement de techniques de caractérisation in-situ et unique sera également poursuivi et une politique d'achat d'équipements pertinente a été présentée. L'arrivée d'un équipement de frittage flash (Spark Plasma Sintering) ouvre de nouvelles perspectives dans l'élaboration de batteries tout solide.

La stratégie scientifique du LRCS s'articulera également avec les nouvelles thématiques que les membres du LRCS développeront au sein des réseaux Alistore-ERI et RS2E; le LRCS bénéficiera mutuellement des synergies de chaque réseau.

Le prochain contrat quinquennal sera donc marqué par la mise en place du réseau RS2E qui sera associé à la construction d'un nouveau bâtiment. Outre l'animation scientifique, la structuration de ce réseau, le développement/valorisation avec les industriels, la mise en place des plateformes technologiques (unité de prototypage, centre de transfert de grande échelle) nécessitera un travail conséquent qui sera facilité par les précédentes expériences au sein du réseau Alistore-ERI.

Le recrutement régulier ces dernières années conduit à une stabilité dans la moyenne d'âge qui souligne la présence d'un fort potentiel pour l'avenir. Concernant le personnel ITA/BIATOS, la demande de la direction est de pouvoir le renforcer et pérenniser les agents non statutaires.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides	A+	A+	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
Total	24	32	25	37	40	39	197
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Intitulés des domaines scientifiques

Sciences et Technologies

- ST1 Mathématiques
- ST2 Physique
- ST3 Sciences de la terre et de l'univers
- ST4 Chimie
- ST5 Sciences pour l'ingénieur
- ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication

Amiens, le 15 avril 2011

Monsieur le Président

**Direction de la Recherche,
de la Valorisation et de l'Innovation**
Chemin du Thil
80025 AMIENS Cedex 1
☎ 03-22-82-72-40
☎ 03-22-82-79-50
e-mail : stephane.duez@u-picardie.fr

AERES
20 rue Vivienne
75002 PARIS

2011.04.070. – GF/SD

Objet : réponse officielle évaluation LRCS – UMR 6007

Référence AERES : S2UR120001846 - Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides - 0801344B

Monsieur le Président,

Je tiens tout d'abord, au nom de l'Université de Picardie Jules Verne et en particulier au nom du directeur et des membres du Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides (LRCS) à vous remercier pour la qualité du rapport d'évaluation ainsi que pour les échanges constructifs que nous avons pu avoir avec le comité lors de la visite des 19 et 20 janvier derniers.

A la suite de la transmission du rapport d'évaluation, le Directeur, les membres de l'Unité et moi-même n'avons aucune remarque particulière à formuler quant au contenu du rapport.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sincères salutations.

Le Président de l'Université de
Picardie Jules-Verne

GF
Georges FAURÉ

