



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 Génie Electrique et Ferroélectricité
(LGEF) EA 682

Sous tutelle des Etablissements et
organismes :

Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

Mai 2010



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 Génie Electrique et Ferroélectricité
(LGEF) EA 682

Sous tutelle des établissements et organismes

Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

Le Président
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



Unité

Nom de l'unité : Laboratoire de Génie Electrique de Lyon

Label demandé :

N° si renouvellement : EA 682

Nom du directeur : M. Daniel GUYOMAR

Membres du comité d'experts

Président :

M. Francis PIRIOU, Université Lille 1

Experts :

M. Sylvain BALLANDRAS, CNRS

M. Michel CHAMPION, CNRS

M. Guy FEUILLARD, Université de Tours

M. Massimo PAPPALARDO, Université de Rome

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

M. Mohamed BENBOUZID, représentant CNU

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Claude MARCHAND

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

M. Jean-Marie REYNOUAR, Directeur de la Recherche INSA de Lyon



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite du Comité d'experts s'est déroulée sur deux demi-journées dans les locaux du LGEF à l'INSA de Lyon le 26 janvier après midi et le 27 au matin. Elle a démarré par une présentation générale du Directeur de l'unité. L'échange qui a suivi a permis de clarifier un certain nombre de points. Une visite du Laboratoire avec des démonstrations de qualité a permis aux experts d'avoir une vue globale des plates-formes expérimentales dont dispose le LGEF. La première demi-journée s'est terminée par une présentation, du bilan et du projet, par le responsable de chacune des deux équipes. La deuxième demi-journée a été consacrée à des échanges avec les représentants des doctorants, des personnels techniques, des enseignants-chercheurs et le représentant de la tutelle. Elle s'est terminée par un entretien avec l'équipe de Direction.

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

Le LGEF est un laboratoire de l'INSA de Lyon. Il est composé de 15 enseignants-chercheurs (4 Pr et 11 MCF), 5 personnels IATOSS. Les enseignants-chercheurs appartiennent aux sections 62 et 63 du CNU. Un tel rapprochement est une source de richesse scientifique qui conduit à des thématiques de recherche originales et particulièrement innovantes. En moyenne 10 doctorants sont présents dans le laboratoire.

Le LGEF est organisé en deux équipes et un groupe technique structuré. Le groupe technique, qui est chargé des aspects logistiques, est constitué de 4 personnels IATOSS. Les deux équipes travaillent sur des champs de recherche en lien avec l'élaboration de matériaux électroactifs et leur utilisation dans la conversion électromécanique. Le Laboratoire est réputé pour ses développements dans les nouveaux matériaux piézoélectriques et électro-actifs. Il s'est particulièrement illustré dans le domaine des céramiques piézoélectriques monocristallines et la récupération d'énergie exploitant ce type d'actionnement.

- Equipe de Direction :

L'équipe de Direction du LGEF, dirigé par Daniel GUYOMAR, comprend:

- Laurence SEVEYRAT, responsable du groupe technique,
- Laurent LEBRUN, responsable, de l'équipe Matériaux électroactifs et procédés d'élaboration,
- Claude RICHARD, responsable de l'équipe Systèmes électroactifs.



- 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)	15	13
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 (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	–	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	5	5
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 bilan de l'unité et formulaire 2.7 du dossier projet de l'unité)	10	8
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global

Les enseignants-chercheurs du LGEF travaillent depuis de nombreuses années sur l'élaboration de matériaux électroactifs et leur mise en œuvre. Au cours de ces années il a acquis, grâce à un travail sur le long terme, une reconnaissance nationale et internationale dans ce domaine. Le niveau des recherches qu'il réalise est excellent et se traduit par une production scientifique remarquable: 19 ACL et 17 ACTI en moyenne par an. Au cours du quadriennal écoulé 12 thèses, dont 2 en co-tutelles, ont été soutenues.

Les thèmes de recherche, qui s'articulent autour des deux équipes, sont tout à fait pertinents par rapport à la compétition internationale. On peut ainsi mettre en exergue les travaux réalisés depuis de nombreuses années dans l'élaboration des matériaux électroactifs. Il est à noter, au cours du quadriennal écoulé, le démarrage de travaux sur les polymères électroactifs à grande réponse électromécanique. Sur cette thématique les premiers résultats obtenus sont extrêmement prometteurs. Les recherches menées sur les systèmes électroactifs utilisés pour la récupération d'énergie ambiante sont également pertinents avec une très bonne reconnaissance du Laboratoire sur le plan international. Les efforts dans ces deux domaines doivent être poursuivis.

Compte tenu de sa petite taille le LGEF entretient des collaborations ciblées avec des laboratoires français et étrangers ayant des activités connexes et complémentaires. Il accueille dans ses locaux en moyenne un professeur invité par an pour une durée de 2 à 3 mois. Il est impliqué dans la vie de sa communauté tant au niveau national qu'international par des partenariats et la participation de ses enseignants-chercheurs à des comités d'organisation de conférences.



- Points forts et opportunités :

L'organisation thématiques du LGEF permet d'une part l'élaboration et la caractérisation des matériaux et d'autre part leur utilisation. L'aspect récupération d'énergie est actuellement une thématique de pointe et pleine d'avenir. Le LGEF doit donc continuer sur cette voie en renforçant l'aspect applicatif.

- Points à améliorer et risques :

Au cours du quadriennal écoulé, le Laboratoire, tout en gardant les grandes lignes de son activité, s'est engagé de façon judicieuse sur de nouvelles thématiques. Il a ainsi montré sa maturité et sa parfaite capacité d'adaptation. Néanmoins, le Comité recommande de ne pas totalement abandonner l'activité sur les céramiques monocristallines afin de conserver la compétence acquise dans ce domaine. En ce qui concerne les thèmes émergents, il est nécessaire de renforcer l'effort entrepris pour tisser de nouvelles relations industrielles. Enfin, sur le plan de la structuration, compte tenu de son faible effectif, le Laboratoire est parfaitement soudé autour de l'équipe de Direction. Il est néanmoins nécessaire de faire fonctionner plus régulièrement les différents conseils qui régulent la vie du Laboratoire.

- Recommandations au directeur de l'unité :

Le Comité transmet ses félicitations au Directeur. Mais il note qu'au cours du prochain quadriennal une réduction des effectifs de l'unité la ferait passer de 15 à 13 enseignants chercheurs. Sur la base de la dynamique actuelle du Laboratoire et des enjeux scientifiques des travaux réalisés, il recommande fortement que ces départs soient compensés par le recrutement de deux enseignants-chercheurs. De plus, le LGEF collabore localement avec des unités ayant des activités scientifiques complémentaires. Dans ce contexte, une association serait peut-être envisageable tout en gardant la structure actuelle du Laboratoire. Celle-ci permettrait au LGEF d'avoir une plus grande visibilité au sein des structures de son établissement, des écoles doctorales pour le recrutement de doctorants et de disposer d'une assistance logistique pour la mise en œuvre de ses collaborations internationales et le développement de partenariat industriels.

- 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	13
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	1
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	1
Nombre d'HDR soutenues	–
Nombre de thèses soutenues	12
Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...)	–



3 • Appréciations détaillées :

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Les travaux réalisés au LGEF sont pertinents et se positionnent parfaitement bien au niveau de la compétition internationale tant dans le domaine de l'élaboration de matériaux électro-actifs que sur le thème de la récupération d'énergie. Les résultats obtenus au cours du quadriennal écoulé montrent que les membres du Laboratoire sont des acteurs majeurs dans leur domaine. On peut ainsi citer des résultats marquants dans le domaine des polymères électro-actifs à grande réponse électromécanique, le couplage élasto/électrique et magnétoélectrique, l'amélioration de la conversion électromécanique par traitement non-linéaire et la récupération d'énergie.

Les recherches menées au LGEF s'inscrivent dans un cadre international, comme en témoignent la qualité et le nombre de publications dans les revues qui font autorité dans le domaine. Sur la période évaluée, les publications du Laboratoire sont de 95 ACL et 83 ACTI. Soit une moyenne de 19 ACL par an et donc plus d'une revue par an et par enseignant-chercheur. Sur la même période 12 thèses ont été soutenues au Laboratoire. Il peut être noté que durant leur séjour au Laboratoire les doctorants sont fortement encouragés à publier ce qui se traduit en moyenne par 3 articles en revue publiés durant la thèse.

Le Laboratoire entretient depuis de nombreuses années des relations fortes avec la DGA, avec laquelle des contrats sont régulièrement signés. De plus, l'impact de ses travaux sur la gestion de transducteurs piézoélectriques a été fortement augmenté par le dépôt de 3 brevets et de 2 extensions internationales. On peut également signaler des contrats industriels et la collaboration avec la jeune entreprise ARVENI qui a développé des travaux réalisés par le Laboratoire sur la récupération d'énergie.

On note enfin que les jeunes enseignants-chercheurs recrutés ont, dans la plupart des cas, effectué un post-doc à l'étranger suivant ainsi les recommandations nationales en ce sens.

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

Compte tenu du rayonnement international du LGEF les membres du Laboratoire sont régulièrement invités dans des conférences. Sur la période écoulée on dénombre 18 invitations. Les travaux du LGEF ont par ailleurs été primés par un « Outstanding Paper Award » en 2008 par l'association IEEE (section Ultrasonics, Ferroelectricity and Frequency Control) et une invitation à l'Ultrasonics Symposium organisé par l'IEEE en 2009 à Rome. De plus, un article dans la revue "Smart Materials and Structures", relatif à la récupération d'énergie, est classé parmi les 30 plus lus en ligne. Ces différents points démontrent le rayonnement de l'unité dans son domaine de recherche.

Comme cela a été évoqué précédemment, les recherches menées au LGEF sont pluridisciplinaires. Cette richesse, sur le plan scientifique, le pénalise pour son implication et sa lisibilité dans les écoles doctorales. Cela se traduit par des difficultés sur le plan du recrutement sur des contrats doctoraux. Cette difficulté a pu être légèrement compensée par ses relations internationales fortes, par ailleurs favorisées par son établissement, qui lui ont permis le recrutement d'excellents doctorants étrangers. Néanmoins, les relations contractuelles avec la DGA induisent une sélection sévère pour ces étudiants car le laboratoire est classé Etablissement à Régime Restricitif.

Ses relations internationales et la qualité de ses travaux ont permis au Laboratoire de participer au contrat Européen ADVICE sur le thème du contrôle semi-actif des vibrations mécaniques. De plus, il est fortement impliqué dans l'Institut Carnot I@L ce qui s'est traduit par le financement de deux projets Polymens 1 et 2. Ces projets concernent la réalisation de microsystèmes dédiés à l'actionnement sous champ électrique. On peut également citer, au cours du quadriennal écoulé, un projet ANR Jeunes Chercheurs qui porte sur le couplage pyroélectrique dans les matériaux ferroélectriques.

Au travers des collaborations internationales qu'il a su tisser on peut noter de fortes relations avec Virginia Tech. Le LGEF entretient également un partenariat avec l'Institut des Nanotechnologies de Lyon.



Le Laboratoire valorise ses recherches sur le plan international par la diffusion de ses travaux dans la communauté via la publication et sa participation à des ouvrages scientifiques. On recense ainsi l'écriture d'un ouvrage sur les matériaux piézoélectriques et la participation à deux autres ouvrages dont un en anglais.

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

Au cours du quadriennal écoulé le LGEF a décidé de réduire notablement son activité sur les céramiques monocristallines au profit des composites polymères électro-actifs et de leurs applications. Compte tenu de la reconnaissance internationale du Laboratoire sur ces céramiques la prise de risques était extrêmement forte et les enjeux importants. Il faut bien noter que ce changement thématique a été un véritable succès et que le Laboratoire est maintenant reconnu sur ces travaux relatifs aux polymères. Il reste néanmoins un effort à réaliser pour tisser de nouvelles relations contractuelles dans ce domaine.

Le LGEF est un Laboratoire mono-site de petite taille. Dans ces conditions la communication interne est extrêmement simplifiée et fonctionne parfaitement. Des réunions techniques sur des thématiques bien ciblées ont lieu régulièrement. De plus, annuellement, est organisé un séminaire au cours duquel tous les doctorants du Laboratoire présentent leurs travaux de recherche. Des réunions de recherche informelles sont par ailleurs favorisées par une forte proximité entre enseignants-chercheurs et doctorants. Cette organisation garantit également un encadrement rapproché des doctorants. Dans ce contexte, toute l'activité scientifique transite parfaitement bien dans l'unité. Il faudrait néanmoins que les réunions du Conseil de Laboratoire soient plus régulières. Enfin un conseil scientifique, réunissant des personnalités extérieures, devrait être réactivé.

Les enseignants-chercheurs du LGEF assurent leur charge d'enseignement à l'INSA de Lyon en premier cycle et dans le département de Génie Electrique. Ils s'impliquent dans des tâches administratives liées à leur activité d'enseignement telles que: la direction de département, la direction des études, responsabilité de formations, etc.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet scientifique du LGEF est dense, structuré et parfaitement argumenté. Il s'appuie sur l'expérience acquise par le Laboratoire dans le domaine des matériaux électro-actifs et des systèmes. On peut noter que des choix ont été faits pour concentrer les efforts sur des thèmes porteurs tels que les composites polymères électro-actifs et l'amélioration de la conversion des systèmes associés. De plus, la structuration du LGEF avec une équipe "appui technique" montre très nettement, pour une petite unité, le souci de développer et de valoriser l'expérimentation qui est un point fort du Laboratoire, les aspects technologiques et le principe d'un travail collectif. Cette équipe vient donc en support des activités scientifiques du Laboratoire.

Les compétences du Laboratoire, ses choix stratégiques ainsi que son dynamisme lui permettront, comme le conclut le Comité, d'atteindre les objectifs qu'il s'est fixés, tant dans l'élaboration des matériaux que dans la mise en œuvre des systèmes électro-actifs.



4 • Analyse équipe par équipe

Intitulé de l'équipe : Matériaux et procédés d'élaboration

Responsable : M. Laurent LEBRUN

- 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 (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	-	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier bilan de l'unité et formulaire 2.7 du dossier projet de l'unité)	3	3
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe " Matériaux et procédés d'élaboration" compte 4 enseignants-chercheurs et un Ingénieur d'Etudes. Ses activités se sont décomposées, jusqu'à présent, en trois thématiques dédiées principalement aux céramiques monocristallines, aux effets thermoélectriques et aux polymères électro-actifs à grand facteur de déformation. La première et la dernière activités représentant le principal effort de recherche de l'équipe. Les travaux correspondants sont bien cadrés dans la compétition internationale. On note les fortes compétences de l'équipe pour le développement et la croissance de matériaux piézoélectriques à forts coefficients de couplage électromécaniques. Ces travaux lui ont valu une partie de sa renommée. L'activité relative aux céramiques monocristallines s'est traduite par un ensemble d'études fondamentales sur les mécanismes de polarisation des matériaux ferroélectriques sous l'effet de sollicitations mécaniques, thermiques et électriques. On peut également citer les travaux expérimentaux sur le dopage des céramiques monocristallines. Concernant les polymères électro-actifs, on note l'implication de l'équipe dans cette thématique avec comme objectifs le développement et l'exploitation de nouvelles formulations polymères à capacité de déformation élevée, compatible avec des applications de récupération d'énergies ambiantes. La modification des propriétés et des caractéristiques physiques de ces matériaux, par incorporation de nanoparticules au sein de leur structure, a donné lieu à des avancées notables. Une production scientifique soutenue prouve l'intérêt de ces développements. Le laboratoire a par ailleurs acquis en peu de temps les moyens et le savoir-faire nécessaires à la synthèse de films polymères composites et a pu caractériser leur comportement électromécanique.



Le travail accompli par cette équipe est de nature assez prospective. La production scientifique est de très bonne tenue (21 ACL et 23 ACTI) d'autant que les revues, au sein desquels les articles sont publiés, sont notoirement reconnues par la communauté scientifique internationale. Le Comité s'accorde pour souligner les excellents résultats obtenus par l'équipe au cours de la période considérée. En effet, la recherche menée s'inscrit dans un cadre international permettant un effort de publication notable. Le nombre et la qualité des publications dans le domaine de la synthèse des matériaux à forts couplages et surtout à grande déformation et le potentiel de transfert énergétique attestent du bon état de santé scientifique de l'équipe.

Des démarches de valorisation applicatives en dehors du cadre du laboratoire qui permettrait certes à l'équipe un plus fort rayonnement sont plus difficiles à mener dans le domaine des matériaux. Le Comité prend note néanmoins de la conscience des chercheurs de cette équipe du besoin de retombées sociétales de leurs travaux. L'équipe entretient par ailleurs des relations contractuelles avec la DGA sur le très long terme (céramiques piézoélectriques pour les applications SONAR, détection ultrasonore et contrôle non destructif). On note cependant que la mise en sommeil des activités dirigées vers les céramiques piézoélectriques à base de plomb (PZT, PbTiO₃, PMN-Pt, etc.) entraîne un certain appauvrissement du potentiel de collaboration industrielle de l'équipe. Il sera donc nécessaire de mettre en place de nouvelles relations industrielles dans le domaine des polymères électro-actifs. Le Comité comprend bien que le changement d'orientation scientifique amorcé durant le quadriennal précédent explique l'évolution de l'activité partenariale de l'équipe.

Par ailleurs, des relations contractuelles avec d'autres universités et instituts de recherche au niveau national et international font l'objet d'efforts de pérennisation. L'équipe a su mettre en place un tissu de collaborations en particulier international qui visiblement lui permet l'accueil d'étudiants munis de leurs bourses d'étude, cet aspect étant particulièrement avantageux pour l'équipe dans un contexte notablement compétitif en la matière.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

Comme noté plus haut, la production scientifique de l'équipe est jugée excellente par le Comité. A l'instar du laboratoire, l'équipe recrute ses doctorants presque exclusivement à l'étranger, obtenant ainsi de nombreux financements hors allocations, principalement d'origine chinoise. Les recrutements d'ATER (3 pour cette équipe durant l'exercice précédent) indiquent des possibilités d'accueil de post-doctorants. Un effort de financement permettrait sans doute à l'équipe d'accroître son potentiel de recherche. Cette remarque rappelle la problématique de recrutement qui touche l'ensemble du LGEF.

En termes d'implication dans des projets subventionnés, l'équipe est impliquée partiellement dans un contrat ANR jeune chercheur. Elle bénéficie également de ressources dans le cadre de deux projets Carnot (financement INSA) montrant le soutien et l'encouragement de l'organisme tutélaire au développement de la thématique des polymères électro-actifs composites et de leurs applications.

On peut là encore remarquer qu'un effort de rapprochement avec des utilisateurs académiques ou industriels hors LGEF aiderait sans doute l'équipe à maintenir une activité de haut niveau dans ce domaine. Les futurs développements sur les polymères électro-actifs ne devront quant à eux absolument pas souffrir du manque de ressources, compte tenu de la nécessité pour l'équipe d'acquérir de nouvelles compétences en la matière. Les enseignants-chercheurs de l'équipe sont donc appelés à un effort supplémentaire pour l'obtention de projets subventionnés et de contrats de partenariat, condition sine qua non de développement des nouvelles thématiques proposées.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

La communication externe est d'un excellent niveau avec un net effort de publication dans des revues à comité de lecture. La taille réduite de l'équipe lui offre une grande flexibilité dans la conduite de la recherche ainsi qu'une gouvernance simple et légère, vecteur d'efficacité en l'occurrence. La bonne entente des personnes qui l'animent contribue à cet état de fait. L'existence de réunions thématiques régulières et l'organisation de séminaires au niveau du laboratoire favorise l'échange d'idées.



Les enseignants-chercheurs de l'équipe professent tous au sein de l'INSA de Lyon. Il est noté toutefois que l'accès à des étudiants émanant d'autres formations universitaires locales est difficile par cette spécialisation même. Comme pour l'ensemble du Laboratoire une réflexion devra donc être entreprise pour ouvrir à terme les opportunités d'allocations doctorales et l'origine des formations des doctorants de l'équipe en dehors des ressources internationales déjà mentionnées plus haut.

Enfin, le laboratoire est en forte connexion avec d'autres entités de recherche locales et régionales : l'Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL) et les laboratoires grenoblois (TIMA par exemple) collaborent avec l'équipe en particulier sur les applications "micro-systèmes" des polymères électro-actifs qu'elle développe. La participation de l'équipe à des projets soutenus au niveau de l'arc rhodanien lui apporte de fait un complément de ressources notable.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé s'avère en rupture avec les développements du laboratoire dans le domaine des matériaux (mono-cristaux céramiques). L'évolution des thématiques proposée par l'équipe semble porteuse et le retrait des activités dédiées aux céramiques monocristallins résulte d'une analyse menée au sein du laboratoire et de l'équipe visant à mettre en regard les ressources humaines et matérielles et des axes de recherche porteurs pour lesquels est identifié un fort potentiel de production scientifique et technique.

Le projet proposé est parfaitement cohérent et n'abandonne pas les bases de connaissances de l'équipe. La portée théorique des approches proposées, pour l'amélioration des matériaux cibles, est bien visible. Les aspects développements pratiques pourraient peut-être bénéficier d'une description plus détaillée et l'ouverture vers d'autres secteurs dans un environnement collaboratif fort envisagé. En tout état de cause, on remarque une forte filiation thématique avec les développements précédemment entrepris au sein du laboratoire. De plus, les travaux initiés au cours de l'exercice précédent renforcent la conviction de l'équipe dans le bien-fondé de ses choix.

L'équipe se place dans une logique de prise de risque nettement marquée au niveau du laboratoire dans la mesure où, bien qu'elle bénéficie d'un savoir-faire reconnu dans le domaine des matériaux électro-actifs et plus particulièrement piézoélectriques, elle se lance complètement dans les polymères présentant de telles propriétés. Forts de certains succès récemment acquis, les chercheurs de l'équipe proposent une démarche tout à fait cohérente dans cette direction et a priori crédible mais ils ne sont ni les premiers ni les seuls sur cette thématique. Une politique adéquate d'association avec des laboratoires nationaux et internationaux pouvant bénéficier pleinement des compétences du laboratoire est de fait à mettre en place. Par conséquent, la recherche de partenariat et de crédits de recherche avec des groupes reconnus comme PiézoTech (St Louis) et l'ouverture vers de possibles applications grand public (textiles) va dans le sens prescrit par le Comité et devra être généralisé.

Enfin, le Comité souligne qu'un effort de recrutement doit être mis en œuvre pour répondre aux ambitions affichées de l'équipe et surtout pour favoriser le développement des thématiques inscrites dans le projet. Une réflexion de fond sur les actions du laboratoire en ce sens devra accompagner les efforts scientifiques des enseignants-chercheurs durant l'exercice à venir.

- **Avis :**

L'avis du Comité sur l'équipe "Matériaux et procédés d'élaboration" est globalement positif : le travail scientifique qui s'y développe est de bonne qualité et le projet présenté est cohérent avec les potentiels de l'équipe et corrélé avec celui de l'équipe "Systèmes électro-actifs". Le changement d'orientation vers les polymères est considéré par le Comité comme une preuve de dynamisme et montre la vision de l'équipe quant à son positionnement thématique et son avenir scientifique.

Les savoir-faire sont solides et leur transposition au cas des polymères en garantit l'évolution. Le Comité souligne une fois encore la conscience de l'équipe du besoin de retombée sociétale de ses travaux.

Le Comité enjoint l'équipe à renforcer sa collaboration avec les acteurs nationaux et européens et souligne le besoin d'activités contractuelles pour soutenir l'effort de recherche consenti.



– **Recommandations :**

Le Comité transmet ses encouragements à l'équipe. Il lui recommande néanmoins un effort sur les transferts technologiques liés à ses développements de synthèse de nouveaux matériaux, à la mise en place de valorisation par des relations contractuelles, en notant l'objectif de concrétiser ce domaine au cours du quadriennal par des réalisations techniques de haut niveau, génératrices de nouvelles collaborations et de ressourcement scientifique et technique.

Intitulé de l'équipe : Systèmes Electroactifs,

Responsable : M. Claude RICHARD

- 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)	10	9
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 (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	–	–
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	–	–
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 bilan de l'unité et formulaire 2.7 du dossier projet de l'unité)	7	5
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

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

L'équipe Systèmes Electroactifs, travaille sur deux thèmes principaux de recherche : le contrôle de vibration et les systèmes de récupération d'énergie. Les dispositifs réalisés sont essentiellement à base de matériaux piézoélectriques qui assurent la conversion d'énergie mécanique, soit en chaleur dans le cas de l'amortissement vibratoire, soit en énergie électrique. L'équipe s'est engagée très tôt dans cette voie, ce qui permet au laboratoire d'être aujourd'hui un acteur majeur dans ces thématiques, tant au niveau national qu'international. Les retombées scientifiques sont nombreuses et variées : le contrôle de vibrations trouve nombre d'applications où l'amortissement de vibrations non-désirées permet une augmentation de l'efficacité et/ou de la durée de vie des matériels et systèmes. La récupération d'énergie répond à un besoin croissant de diminution de la consommation d'énergie des systèmes électriques. Les applications concernent les systèmes isolés, mais aussi l'ensemble des dispositifs où une alimentation électrique filaire est problématique. La qualité des travaux effectués par l'équipe lui vaut, aujourd'hui, une reconnaissance nationale et internationale. Cette reconnaissance se traduit par 18 conférences invitées et un « outstanding award paper » dans la revue IEEE transactions on UFFC en 2008.



Dans de tels systèmes, le conditionnement du signal est essentiel pour obtenir une efficacité optimale tant en amortissement qu'en récupération. L'originalité des travaux de l'équipe réside dans une approche non linéaire basée sur la commutation de la tension engendrée aux bornes de l'élément piézoélectrique. Cette approche non linéaire permet d'atteindre une efficacité de conversion largement supérieure à des approches plus conventionnelles, les gains peuvent ainsi atteindre un facteur 9 pour certains dispositifs. Ce niveau élevé de conversion d'énergie permet à l'équipe de développer des systèmes pratiques pour réduire l'amplitude de vibrations non désirées et pour créer in situ des sources d'énergie permettant de faire fonctionner des systèmes électroniques à faible consommation. Pionnier dans cette approche non linéaire, la démarche et les principes ont été largement étudiés et investigués dans de nombreuses situations pratiques.

L'équipe Systèmes Electroactifs a une production scientifique soutenue et de qualité, dans des revues internationales largement reconnues dans le domaine. La participation importante à des congrès témoigne d'une volonté de diffusion de la connaissance. Le grand nombre de conférences invitées montre que cette équipe a aujourd'hui une reconnaissance internationale forte et qu'elle se positionne comme un acteur majeur de la thématique de récupération d'énergie. L'équipe fait également état de 3 brevets (dont deux extensions internationales) et de 7 thèses sur la période de référence

Les relations contractuelles sont bonnes et depuis plusieurs années l'équipe a su nouer des relations pérennes avec le DGA. Elle a été impliquée dans le projet européen ADVICE, sur le contrôle vibratoire dans l'aéronautique, elle est également impliquée dans l'institut Carnot.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

Le rayonnement et la qualité scientifique indéniable de l'ensemble de l'équipe se traduisent par des collaborations nationales et internationales au plus haut niveau. Néanmoins, les collaborations plus nombreuses avec l'environnement de proximité pourraient être plus développées. Une des conséquences est une difficulté à recruter des étudiants doctorants via les écoles doctorales de rattachement. Le LGEF a donc mis en place une politique de recrutement d'étudiants doctorants étrangers qui repose non seulement sur la mise en place d'une politique volontariste d'accueil, mais aussi en raison des nombreuses publications de l'équipe qui de fait attirent les étudiants étrangers (notamment d'origine chinoise). De ce point de vue, le projet de l'équipe s'inscrit dans un cadre plus large de collaborations locales et nationales LMI, INL et laboratoire MATEIS.

Le bilan financier fait apparaître des projets ANR et Européens en voie d'achèvement, le budget est en hausse sur la période 2007-2008 notamment lié à un financement de l'institut Carnot. Lors de la visite, il a été mentionné au Comité que le laboratoire avait répondu à plusieurs appels à projet : deux projets de type ANR blanc, un projet européen dans la continuation du projet ADVICE et un projet dans le cadre de l'Institut Carnot.

Par ailleurs, il faut noter la très bonne implication des membres de l'équipe dans les activités d'enseignement (INSA) ainsi que dans les tâches administratives. Ils s'impliquent également dans la structuration régionale de la recherche (Groupement d'Intérêt Scientifique, Lyon Tech Matériaux, Collégium, Institut de Chimie et d'Engineering des Matériaux (ICEM)).

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

L'équipe Système Electroactifs a un mode de fonctionnement extrêmement souple. Ceci est lié à la très forte proximité des permanents et leur présence importante auprès des doctorants et ce malgré leurs responsabilités administratives et pédagogiques. L'équipe fonctionne à travers des groupes de recherche qui impliquent un petit nombre de permanents et généralement un doctorant. Certaines réunions d'équipe ou séminaires ont lieu, mais l'on peut regretter que leur fréquence et périodicité ne sont pas clairement établies et que leur nombre est relativement faible. Ce mode de structuration convient à des équipes de petite taille et permet une grande réactivité. La transmission de l'information semble bonne. Ce mode de fonctionnement est lié à une présence très forte des permanents, mais il est susceptible d'engendrer, à long terme, des tensions, car les processus décisionnaires ne sont pas clairement identifiés. Il serait souhaitable que des actions d'animation scientifique et de structuration se mettent en place en vue d'assurer la pérennité de la vie d'équipe.



- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe a su construire une base de connaissance et des savoirs scientifiques lui permettant d'aborder différents aspects liés à la récupération d'énergie et à l'amortissement vibratoire. Les micro-récupérateurs en collaboration avec l'INL ainsi que l'amortissement et la récupération d'énergie provenant de signaux aléatoires ne constituent pas de rupture scientifique mais plutôt une continuité naturelle des axes déjà initiés. Le refroidissement électrocalorique est un axe original en étroite relation avec l'équipe matériaux qui semble prometteur et qui permet d'ouvrir de réelles potentialités de recherche et d'applications. Il repose sur la transposition des résultats obtenus dans le cas de la récupération d'énergie vibratoire. Concernant le contrôle structural de santé, le LGEF possède une réelle opportunité de pouvoir maîtriser l'ensemble de la chaîne d'instrumentation et de contrôle autonome incluant la récupération, la génération et la détection des ondes ultrasonores ainsi que le post traitement par différentes techniques linéaires et non linéaires. Cet axe s'inscrit dans la continuité du projet européen ADVICE et semble soumis à la réussite des projets déposés. La modélisation non linéaire des matériaux ferroélectriques semble n'impliquer qu'un petit nombre de personnes et apparaît comme se situant à la marge des activités principales de l'équipe. Il faut sans doute envisager un cadre plus large de collaborations afin de dynamiser ce thème.

L'équipe s'appuie sur des acquis en proposant des améliorations de la conversion d'énergie dans différents systèmes couplés. Le projet s'inscrit dans la continuité des actions engagées, un resserrement de ces actions garantirait leur réussite. Compte tenu du caractère applicatif des activités, la réalisation de prototypes fonctionnels permettrait de démontrer la capacité de tels dispositifs de récupération d'énergie dans le domaine de l'électronique et des communications sans fil.

- **Conclusion :**

L'équipe Systèmes Electroactifs présente un projet cohérent avec une stratégie scientifique et des thématiques clairement définies. L'amortissement vibratoire et la récupération d'énergie constituent les points forts de l'équipe. Le projet scientifique est donc de capitaliser sur ces deux aspects afin d'engranger de nouveaux résultats d'une part sur les aspects d'intégration et d'autre part sur les nouveaux mécanismes de conversion d'énergie. Dans un environnement proche les collaborations avec l'INL sont une réelle opportunité de développer des micro-générateurs.

Compte tenu de la taille de l'équipe, le grand nombre de thèmes scientifiques peut laisser craindre une dispersion des ressources. L'équipe est encouragée à maintenir son niveau d'implication afin de mener à bien l'ensemble des thèmes de recherche. La vocation en ingénierie et sciences appliquées de l'équipe doit être valorisée à travers la réalisation de maquettes ou de prototypes démontrant la capacité des systèmes de récupération d'énergie auprès des industriels. L'équipe a su nouer des relations nationales et internationales au plus haut niveau, les efforts doivent être également mis sur un renforcement des collaborations locales qui devraient lui permettre un meilleur ancrage dans son environnement de proximité.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A+	A	A	A+

Laboratoire de Génie Electrique et Ferroélectricité

EA 682

Campus LyonTech La Doua
Bâtiment Gustave Ferrié
8, rue de la Physique
69621 Villeurbanne cedex

Tél : + 33 (0)4 72 43 79 53

Fax : + 33 (0)4 72 43 88 74

Email : lgef@insa-lyon.fr

A Messieurs les membres du Comité AERES,

Villeurbanne le 06 avril 2010

Messieurs,

Nous avons pris connaissance du rapport préliminaire rédigé par vos soins, à l'issue de votre visite du laboratoire en janvier.

Nous tenons tout d'abord à vous remercier pour l'excellent échange que nous avons pu avoir pendant votre visite et les remarques très constructives du rapport qui nous aideront dans la réalisation de notre projet de recherches. Nous veillerons particulièrement à créer des collaborations industrielles autour des polymères électro-actifs et à réaliser des démonstrateurs pour valoriser encore mieux notre leadership en récupération d'énergie et nous explorerons toutes les pistes qui permettront d'assurer le développement du laboratoire tout en garantissant la pérennité de la structure existante, garante de notre performance en recherches et de la réactivité des équipes.

Nous avons en particulier apprécié que notre recherche volontairement pluridisciplinaire et notre prise de risques sur le contenu des thématiques aient trouvé un écho très positif auprès de vous. Il est en effet parfois difficile de défendre l'une comme l'autre dans notre communauté scientifique locale. De même, nous vous sommes reconnaissants d'avoir souligné l'importance stratégique qu'il y avait à conserver les postes d'enseignants-chercheurs au laboratoire suite aux départs en retraite annoncés. Nous ne doutons pas que votre soutien marqué nous facilitera la négociation avec nos instances de tutelles dans le cadre de la discussion systématique du redéploiement des emplois.

En addition au recrutement du personnel permanent, vous avez également été sensibles à notre difficulté de recrutement d'étudiants en thèse. Cette difficulté ne relève pas du choix de nos thématiques de recherches car nous sommes fort heureusement très attractifs à l'international. Elle repose plutôt sur la gestion locale de l'attribution des bourses par nos deux écoles doctorales qui privilégient clairement les grandes structures labélisées et sur le statut ERR du laboratoire. Nous essaierons là encore de suivre vos conseils en renforçant les partenariats nationaux.

En vous remerciant encore de nous avoir confirmé dans nos choix et pour vos encouragements, nous vous prions de croire, messieurs les membres du comité d'expertise, en nos sentiments les plus dévoués.

Le Directeur de la Recherche

Professeur Jean-Marie REYNOUARD

membre de
UNIVERSITÉ DE LYON

Professeur Daniel Guyomar
Directeur du LGEF.