



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes

Atlantique – IREENA

sous tutelle des

établissements et organismes :

Université de Nantes

Polytech Nantes

IUT de Saint-Nazaire

IUT de Nantes

IUT de La Roche-sur-Yon

Décembre 2010



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes  
Atlantique – IREENA

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Nantes

Polytech Nantes

IUT de Saint-Nazaire

IUT de Nantes

IUT de la Roche-sur-Yon

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Décembre 2010



## Unité

**Nom de l'unité :** Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique - IREENA

**Label demandé :** EA

**N° si renouvellement :** EA 1770

**Nom du directeur :** M. Joseph SAILLARD (actuel), M. Mohamed MACHMOUM (futur)

## Membres du comité d'experts

### **Président :**

M. Gérard MEUNIER, CNRS, Grenoble

### **Experts :**

M. Alain BOUSCAYROL, Université Lille1, Sciences et Technologies

M. Jean Pierre BARBOT, Ecole Nationale Supérieure de L'Electronique et de ses Applications

M. Bernard DAVAT, Institut National Polytechnique de Lorraine

Mme Maria DAVID, Institut National Polytechnique de Toulouse, CNU

M. Patrick DULAR, FNRS, Université de Liège, Belgique

## Représentants présents lors de la visite

### **Délégué scientifique représentant de l'AERES :**

M. Claude MARCHAND, Université de Paris-Sud 11

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

M. Jacques GIRARDEAU, Université de Nantes

M. René LE GALL, Polytech'Nantes

M. Patrick LEGENTILHOMME, IUT de Saint-Nazaire



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les 8 et 9 décembre 2010 sur le site du CRTT (Centre de Recherche et de Transfert de Technologie) de Saint-Nazaire, selon le planning défini ci-dessous, sur deux demi-journées :

### 8 décembre :

- Présentation du laboratoire par les directeurs (actuel et futur) : bilan, projet, questions : 1 heure (séance publique)
- Présentation de l'équipe « Modélisation des Dispositifs Electromagnétiques » : bilan, projet, questions : 40 mn (séance publique)
- Présentation de l'équipe « Maîtrise de l'Energie Electrique » : bilan, projet, questions : 40 mn (séance publique)
- Rencontre avec les tutelles : Vice-président Recherche de l'Université de Nantes (huis clos)
- Visite du laboratoire : 2 heures

### 9 décembre :

- Rencontre avec des représentants des doctorants (huis clos)
- Rencontre avec une délégation des enseignants chercheurs (huis clos)
- Rencontre avec une délégation des IATOS (huis clos)
- Rencontre avec les tutelles : Polytech'Nantes et IUT de Saint-Nazaire (huis clos)
- Rencontre avec le futur directeur et les responsables d'équipe (huis clos)

Le comité tient à souligner l'excellente organisation de ces deux journées, ainsi que la grande qualité apportée à la visite du laboratoire.

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

L'IREENA (Institut de Recherche en Electronique et Electrotechnique de Nantes Atlantique) a été créé en 2004. Il est issu de la fusion de l'équipe d'accueil 1770 Génie électrique 44 de Saint-Nazaire (GE44, première contractualisation en 1994, René LEDOEUFF) et de la division des systèmes électroniques et radars (SETRA) de l'IRCCyN, Nantes. Joseph SAILLARD en a pris la direction en mars 2009, succédant à Serge TOUTAIN. L'institut développe ses activités sur trois sites : au Centre de Recherche et de Transfert Technologique à Saint-Nazaire, au campus de La Lombarderie et sur le site de la Chantrerie à Nantes. Le laboratoire a été réorganisé en 2009 en quatre équipes de recherche réparties sur deux pôles : le pôle énergie (Responsable Mohamed Machmoum) avec les équipes « Modélisation des Dispositifs Electromagnétiques » et « Maîtrise de l'Energie Electrique », le pôle STIC (Responsable Jean-François DIOURIS) avec les équipes «Systèmes Embarqués Communicants » et « Dispositifs et Technologies pour les Systèmes Communicants ». Le présent rapport ne concerne que le pôle Energie d'IREENA. En effet la partie STIC d'IREENA demande son rattachement à l'IETR (UMR 6164 - Institut d'Electronique et des Télécommunications de Rennes) et ses activités seront examinées dans le cadre de l'évaluation de ce laboratoire. Le pôle Energie demande sa reconnaissance en tant qu'équipe d'accueil en conservant le sigle IREENA mais avec la nouvelle signification « Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique ».

Hébergé au sein du Centre de Recherche et de Transfert Technologique (CRTT) de Saint-Nazaire, à 70km de Nantes, le pôle Energie d'IREENA entretient des liens privilégiés avec l'IUT de Saint-Nazaire et le département Génie Electrique de Polytech'Nantes (situé à proximité, sur le site de Saint-Nazaire). Il comprend 23 enseignants-chercheurs



titulaires en forte majorité de la 63ème section du CNU (3 enseignants-chercheurs sont de la 61ème section). Les activités du pôle concernent la mise en œuvre de méthodes de modélisation originales multi-physique multi-échelle, la conception des dispositifs de conversion d'énergie, la commande des systèmes électriques, étude des réseaux et systèmes énergétiques embarqués ou ilôtés. Les champs d'applications concernent le transport aéronautique ou naval et la maîtrise des énergies durables (éolien, hydrolien). Les recherches sont fortement soutenues par la région « Pays de la Loire » et sont menées en lien avec un nombre significatif de partenaires industriels.

- **Equipe de Direction :**

M. Mohamed Machmoum, actuel responsable du pôle Energie, porte le projet du nouveau contour d'IREENA en tant que futur directeur. L'équipe de direction sera composée du directeur du laboratoire et des responsables d'équipe (M. Gérard BERTHIAU, M. Luc LORON).

- **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)	23	21
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	28*	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	3 (2,1 etp)	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	12	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	9	9

\* 18 ATER ou Post-Doc, 10 visiteurs.

## 2 • **Appréciation sur l'unité**

- **Avis global sur l'unité :**

Le pôle Energie d'IREENA (historiquement créé par René LE DOEUFF, laboratoire LARGE au début des années 1990) est devenu au fil des ans un acteur incontournable du Génie Electrique dans la région nantaise. Sa bonne intégration au sein du tissu régional a notamment débouché sur des recherches originales, bien soutenues par la région « Pays de la Loire ». Le laboratoire possède une réelle expertise, reconnue au niveau national, dans le domaine de l'induction, des actionneurs innovants, dans la commande des systèmes électriques et des réseaux énergétiques embarqués. Si le laboratoire a su se positionner par rapport aux acteurs régionaux, le comité souligne que ce positionnement doit être affermi au niveau national et a fortiori international.

Le pôle Energie est implanté sur le site du CRTT de Saint-Nazaire, ce qui lui confère de bonnes conditions pour l'espace consacré à la recherche. On notera toutefois qu'aucun personnel titulaire IATOS n'est rattaché au pôle.



La restructuration, en deux équipes, effectuée en 2009 a été bénéfique, tant du point de vue de la cohésion interne, que de la visibilité des thématiques développées. Le comité souligne cependant que les efforts de cette restructuration doivent être poursuivis, en incluant notamment une réflexion sur les moyens humains mis à disposition dans les différentes thématiques.

Le budget du pôle IREENA (23 enseignants-chercheurs titulaires) est de 436 k€ en moyenne annuel auquel s'ajoutent des moyens d'équipement obtenus dans le cadre du CPER (440 k€ de 2006 à 2010). Cela confère une bonne dynamique de moyens au laboratoire même si l'on peut noter qu'il est relativement dépendant des apports financiers de la région. A noter que le laboratoire doit subvenir au salaire de 3 IATOS (2,1 ETP).

Avec la séparation de la partie STIC d'IREENA, le risque d'affaiblissement existe. La future direction devra faire preuve d'opportunité et de vigilance pour consolider sa position régionale et donner une visibilité accrue au niveau national et international. La qualité des recherches menées au sein d'IREENA devrait permettre, dans les années à venir, de participer plus largement à des programmes nationaux (notamment aux programmes ANR). Un rapprochement avec des partenaires SPI au niveau régional est à considérer.

Il faut noter la forte implication de certains membres du laboratoire au sein des structures pédagogiques auxquelles est adossé le laboratoire, ce qui est un point très positif.

En conclusion le pôle Energie d'IREENA possède un réel potentiel de recherche, et un contexte régional très favorable à son épanouissement. Le projet proposé est pertinent, et s'appuie sur les compétences reconnues acquises par le laboratoire. Il conviendrait toutefois de mieux situer les travaux par rapport aux recherches existantes tant au niveau national qu'international, et de mieux reformuler le projet en termes de niches et verrous technologiques et scientifiques.

- Points forts et opportunités :

- La très bonne dynamique interne, la capacité d'adaptation comme cela a été montré lors de la restructuration en 2009
- Le soutien des tutelles universitaires et de la région « Pays de la Loire »
- La bonne intégration au sein du CRTT et de l'IUT de Saint-Nazaire, l'adossement à la filière Génie Electrique de Polytech'Nantes
- Le bon recrutement Génie Electrique du Master SEGE
- Le développement de recherches originales en partenariat avec les acteurs industriels régionaux
- La forte implication et responsabilités des personnels dans les établissements de formation.

- Points à améliorer et risques :

- Le risque lié à une visibilité amoindrie (notamment par l'effet de réduction de taille du laboratoire) pouvant à terme conduire à une limitation des moyens alloués, dans un contexte où les équipes de recherche rattachées à l'IUT de Saint-Nazaire et à Polytech'Nantes sont majoritairement des UMR.
- Les personnels IATOS du laboratoire sont uniquement engagés sur fonds propres, ce qui de fait, induit un risque sur la pérennité de ces moyens humains.
- Même si la production scientifique est de bonne qualité, elle peut être améliorée; un effort peut être réalisé afin de réduire le nombre de non producteurs et de façon plus générale de mieux homogénéiser l'effort de production, notamment pour les revues ACL.

- Recommandations:

- Le comité incite le laboratoire à participer à des projets ANR et à renforcer ses collaborations internationales
- La question se pose d'un affichage SPI (actuellement le laboratoire apparaît comme étant STIC) : une réflexion doit être menée sur ce point
- Il paraît opportun de mener une réflexion sur la pyramide des âges et les recrutements à venir, notamment en ce qui concerne l'équipe MDE (Modélisation des Dispositifs Electromagnétiques).



- Données de production :

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	15
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	0
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,71
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	3
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	24

### 3 • Appréciations détaillées :

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Les activités de recherche du laboratoire sont dans l'ensemble pertinentes et en lien direct avec le monde industriel. Elles sont nourries par un contexte régional dans le domaine du transport et des énergies durables. La structuration actuelle du pôle Energie qui date de mars 2009, a fait passer le nombre des équipes de recherches de 4 à 2. Cette nouvelle organisation apporte une meilleure visibilité des thèmes de recherche du laboratoire.

L'équipe MDE (Modélisation des Dispositifs Electromagnétiques) fait apparaître une forte compétence dans le domaine de l'induction, de la modélisation multi physique multi échelle et du contrôle non destructif, et en modélisation des actionneurs et des machines électriques innovantes. Des modèles originaux ont été élaborés, appuyés par une bonne maîtrise expérimentale. Le bilan fait par ailleurs état de deux sous-thèmes émergents (interaction énergie communication et modèles électrothermiques sophistiqués de composants IGBT) qui ont peu de liens avec le reste de l'équipe.

L'équipe MEE (Maîtrise de l'énergie Electrique) a structuré ses activités suivant deux thématiques : « Commande des systèmes électriques » et « Réseaux et systèmes énergétiques embarqués ou ilôtés ». Si les activités de recherche de l'équipe sont dans l'ensemble pertinentes, ces dernières ne sont pas toujours positionnées par rapport aux activités similaires menées par d'autres laboratoires, tant du point de vue national que du point de vue international. Un tel positionnement aurait permis de mettre en valeur les originalités et points forts de l'équipe.

La production scientifique se traduit par 47 ACL, globalement de qualité, sur la période 2006-2010 (36 sur la période 2006-2009). Le nombre de publications dans les congrès internationaux s'élève à 114 sur la période 2006-2010 (108 sur 2006-2009). Si le taux annuel de publications est conforme aux exigences (0.5), il se traduit par contre par une répartition inégale : si l'on s'en tient aux seules ACL, la répartition va de 0 à 10 articles référencés par EC sur cette période. A noter que le ratio ACTI ACL est un peu disproportionné et que certains doctorants ont soutenu sans publier d'ACL. Enfin, une participation significative à la rédaction d'ouvrages en langue française et anglaise est à souligner.

La durée moyenne des thèses est de 3 ans et 4 mois ce qui est correct. 24 thèses ont été soutenues pendant le quadriennal (pour 9 HdR). Une moitié des doctorants poursuit sa carrière dans l'industrie. Les financements des doctorants se répartissent en Cifre (6), CDD(5), collectivités territoriales(5), allocations de recherche(5) et Etranger(2). Le bilan est satisfaisant, même si le nombre de doctorants présents dans l'unité au 30 juin 2010 semble en baisse par rapport aux années précédentes.

Les différentes collaborations industrielles correspondent d'une part à un fort soutien de l'innovation des entreprises locales et d'autre part à une réponse aux attentes de grandes entreprises nationales, ce qui démontre la



qualité des travaux entrepris. Il faut aussi souligner la pérennité de ces relations qui témoigne du rôle important du laboratoire dans sa mission de transfert technologique.

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

Le laboratoire a su tisser une collaboration étroite avec l'Algérie notamment dans le cadre de programmes PHC Tassili ce qui s'est traduit par la venue de chercheurs algériens tout au long du quadriennal. Par ailleurs le laboratoire a développé d'autres collaborations internationales (avec le Japon, le Canada, la Chine, la Finlande) sans toutefois attirer des chercheurs de haut niveau ou des doctorants en provenance de ces pays.

L'unité de recherche est très bien intégrée dans le tissu régional, comme en atteste sa participation aux programmes de la Région (CPER 2007-2013), et aux pôles de compétitivité. Au niveau national le laboratoire est impliqué au sein du GdR SEEDS et collabore régulièrement avec les laboratoires français de la discipline. Toutefois, on note l'absence de participation aux projets nationaux ANR, ce qui limite le rayonnement du laboratoire.

Au niveau international, le pôle a participé à deux projets européens (ETRETA et BESST).

Les recherches sont largement valorisées à travers les collaborations industrielles. Deux brevets ont été déposés en 2007.

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

Le pôle Energie fait état d'une forte cohésion interne et il semble y régner une ambiance solidaire à toute épreuve. La communication tant au niveau interne qu'externe semble parfaitement maîtrisée.

La structuration du futur laboratoire IREENA est classique avec une équipe de direction composée du directeur et des deux responsables d'équipe, le conseil de laboratoire se réunissant 4 fois par an et statuant sur les propositions faites par le comité de direction (équipe de direction élargie).

Les moyens logistiques et techniques sont mutualisés : mutualisation des personnels techniques et administratifs, mutualisation des ressources budgétaires. Cette initiative permet de soutenir une politique scientifique affirmée.

L'animation scientifique se fait notamment à travers des séminaires et conseils scientifiques réguliers. La mise en place d'un suivi des thèses (en 1ère et 3ème année) est particulièrement appréciée et a conduit à une réduction significative de leur durée.

Les membres du pôle Energie sont fortement impliqués dans les tâches administratives avec des responsabilités importantes au niveau de l'université et de ses composantes. Ils participent activement aux différents conseils de recherche au niveau de l'université et en région.

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

Le projet proposé s'inscrit dans la continuité des actions précédentes avec la volonté de recentrer les activités plutôt que de chercher à étendre les thématiques. La priorité est donnée à la restructuration et au resserrement des thèmes, ce qui dans le contexte actuel est pertinent. Le laboratoire est porteur de projets innovants et a su se faire une place sur quelques thématiques émergentes. Le comité encourage le laboratoire à poursuivre et renforcer ces dernières. Toutefois, le comité regrette un manque d'argumentation des choix et de positionnement par rapport aux travaux de recherches menés au niveau national et international.

Au niveau de l'organisation interne, la restructuration en deux équipes de recherche, effectuée en 2009, apporte de la visibilité et une cohérence accrue aux thématiques de recherche. Quelques efforts sont toutefois encore nécessaires pour mettre en œuvre une véritable dynamique au sein des équipes, et au niveau inter-équipes.

Les moyens humains du pôle sont quasiment inchangés. On note toutefois le départ des enseignants-chercheurs rattachés à l'IUT de Nantes, ces derniers, pour des raisons géographiques préférant poursuivre leur recherche sur Nantes.





Avec sa nouvelle configuration, recentrée autour du Génie Electrique, le laboratoire souhaite prendre le temps de s'affirmer en tant que tel avant d'envisager un éventuel rapprochement avec d'autres partenaires universitaires, au niveau local ou régional. La bonne dynamique actuelle du laboratoire, son implication forte dans le tissu régional et le soutien affirmé des tutelles justifie cette position. Mais l'avenir ne pourra probablement pas se passer d'une telle réflexion. Le comité encourage le laboratoire à mettre en œuvre sans tarder cette dernière.

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

- Intitulé de l'équipe et nom du responsable : MDE - Modélisation des Dispositifs Electromagnétiques ; M. Gérard BERTHIAU
- 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)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	15	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	5	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

*L'équipe Modélisation des dispositifs électromagnétiques (MDE) est constituée de 7 enseignants-chercheurs (4 PR, 3 MCF, 4 HDR).*

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe MDE s'intéresse principalement à la modélisation des phénomènes couplés circuit électromagnétique, thermique et écoulement. Cette thématique est déclinée autour de deux axes : 1. Evaluation multi physique multi échelle et contrôle non destructif (CND) et 2. Dispositifs et conversion d'énergie. A ces deux axes clairement identifiés a été ajouté un sous thème émergent « Interaction énergie-communication ».

L'axe 1 « Evaluation multi physique multi échelle et CND » développe des méthodes hybrides (numériques, analytiques, semi-analytiques) en électromagnétisme basse fréquence. L'un des champs privilégiés d'application de cet axe est le contrôle non destructif à l'aide de courant de Foucault. Un autre est la modélisation de matériaux composites. Une méthode originale thermo inductive alliant une source de chaleur d'origine électromagnétique et une mesure de la réponse infrarouge a été élaborée. Un dernier thème développé en relation avec l'équipe M2E concerne l'analyse de signature destinée à évaluer l'état d'isolants de machines électriques. Bien que la description de ce dernier thème soit assez longue, on reste à un niveau de généralité ne permettant pas de définir les méthodes utilisées. De plus, la collaboration avec l'équipe M2E n'apparaît pas au travers des deux ACL données en référence. En dehors de ce dernier thème pas trop bien présenté, cet axe est très cohérent et repose sur les compétences avérées de trois professeurs et d'un maître de conférences.



L'axe 2 « Dispositifs de conversion d'énergie » est décliné en trois sous-thèmes :

- Le premier concerne la conversion d'énergie électrothermique et regroupe deux thématiques disjointes. On retrouve une thématique centrée sur les effets des ondes électromagnétiques et à laquelle participe les membres de l'axe 1. La modélisation du chauffage par induction de matériaux composites, appliquée au soudage et au contrôle, implique le développement d'outils 3D liant les modélisations thermique et électromagnétique et constitue l'un des apports de l'équipe. Cette thématique aurait tout aussi bien pu être intégrée dans l'axe 1 auquel appartiennent les termes multi physique, matériaux composites et CND. La deuxième thématique est totalement disjointe de celle-ci et s'intéresse au développement de modèles électrothermiques sophistiqués de composants IGBT dans des variateurs de vitesse. A la lecture du bilan, cette thématique semble se réduire à l'activité d'un doctorant.
- Le deuxième sous-thème de cet axe concerne la conversion d'énergie électromécanique. Il s'intéresse principalement au développement d'actionneurs destinés aux vitesses lente ou rapide. Les modèles développés embrassent les aspects magnétiques, thermiques et mécaniques et s'appuient à la fois sur les compétences en modélisation thermique et sur celles de l'équipe M2E.
- A ces deux sous-thèmes assez clairement identifiés (en dehors de la thématique concernant les composants de puissance) a été ajouté un sous-thème émergent « Interaction énergie-communication ». Ce sous-thème issu de collaborations entre les pôles STIC et ENERGIE du laboratoire est destiné à l'étude des technologies permettant la transmission de flux haut débit de données sur les réseaux électriques.

En conclusion, si l'on veut donner un avis global sur cet axe 2, on voit apparaître des travaux de qualité en modélisation multi physique s'appuyant sur les compétences développées dans l'axe 1 et la première partie du sous-thème 2.1. A cela s'ajoute une compétence certaine en modélisation des actionneurs et des machines électriques, s'associant habilement avec les spécialistes de modélisation thermique ou avec l'autre équipe du laboratoire. Les deux thématiques émergentes (modèles électrothermiques de composants IGBT et interaction énergie-communication) mettent en jeu des problématiques scientifiques très différentes et le manque de lien avec le reste de l'équipe MDE est assez flagrant.

Sur la période 2006-2010, la production scientifique est bonne (25 ACL, 5 ACLN, 5 INV, 52 ACTI, 6 ACTN et 5 OS) pour 7 EC. Elle est par contre assez inégalement répartie et si l'on s'en tient aux seules ACL, la répartition va de 0 à 10 articles référencés par EC sur cette période. Les ACL sont globalement de qualité et pour 18 d'entre elles dans les revues importantes de la thématique traitée : IEEE Transactions on Magnetics et European Physical Journal of Applied Physics.

Notons qu'une collaboration forte s'est développée avec l'Algérie, collaboration à l'origine d'échanges d'EC et de nombreuses publications. Une dizaine d'ACL peut être rattachée à cette collaboration et on peut en trouver près d'une dizaine d'autres dans Scopus qui ne sont pas référencées dans le bilan du laboratoire.

12 thèses ont été soutenues, pour une durée moyenne de thèse de l'ordre de 40 mois. Tous les membres de l'équipe ont participé aux encadrements en dehors d'un MC peu publiant. Tous les doctorants ont eu au moins une ACL en dehors des deux sur financements CIFRE.

L'équipe comporte actuellement cinq doctorants ce qui montre un fléchissement en termes d'encadrements, en passant d'une moyenne de trois thèses soutenues chaque année à moins de deux.

Les ressources contractuelles de l'équipe sont pour une part importante liées aux collectivités territoriales (Airbus Région). Elles semblent avoir diminué dans une période récente.

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

5 papiers invités, notamment dans le domaine du contrôle non destructif, ont été présentés à différentes conférences (3 en Algérie, 1 en Tunisie et 1 en France).

La capacité à recruter des chercheurs étrangers est concrétisée par une collaboration soutenue avec des universités algériennes (6 visiteurs avec des périodes de 1 à deux ans). Cependant, en dehors de l'Algérie la capacité d'attraction d'étudiants de haut niveau reste limitée.

Une part significative de l'activité concerne les appels d'offres de la Région (collaborations Région Pays de la Loire, Feder, contrats AIRBUS), et la participation au pôle de compétitivité EMC2.



On peut noter quelques collaborations internationales bilatérales (Canada, Japon) et la participation au programme PHC Tassili avec l'Université Constantine d'Algérie. L'équipe est partie prenante du projet Européen ETRETA « Empowering Tunisian Renewable Energy Research Activities ». Par ailleurs, l'équipe s'est impliquée dans le GDR SEEDS «Modélisation électromagnétique simplifiée en CND ».

La valorisation des recherches est concrétisée par les collaborations industrielles.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé est pertinent et s'inscrit dans la continuité des actions précédentes en corrigeant les incohérences liées aux projets émergents rattachés dans le bilan de façon un peu artificielle à l'équipe MDE. L'équipe entend continuer à développer ses compétences dans le domaine de la modélisation multi physique et multi échelle en appliquant celles-ci à deux thèmes assez fortement liés au contexte régional. Le premier concerne l'induction et le cycle de vie des matériaux composites à fibre de carbone, de l'élaboration, à l'évaluation et au recyclage. Le deuxième concerne l'étude de machines électriques non conventionnelles, rapides ou à attaque directe.

Si le premier thème constitue un recentrage des activités précédentes de l'équipe ou les aspects CND étaient importants, pour le deuxième, il s'agit d'une continuité justifiée par le contexte régional (machine pour l'hydrolien).

Les moyens humains sont inchangés si ce n'est que le maître de conférences recruté en 2007 a quitté l'unité, préférant être rattaché, pour des raisons géographiques, au pôle STIC d'IREENA, sur le site Nantes. Il a été remplacé par un maître de conférences qui précédemment n'était pas compté dans l'unité (ayant peu publié).

Pour le prochain quadriennal, l'équipe MDE sera donc constituée de 4 professeurs, d'un maître de conférences publiant et de deux maîtres de conférence peu publiants. Ces remarques pour souligner le fait que les forces affectées à chacun des deux thèmes risquent au moins pour l'un d'entre eux d'être assez réduites.

Les thématiques proposées sont d'actualité et constituent des axes de recherche originaux qui s'appuient sur des compétences reconnues de l'équipe.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe MDE a une compétence avérée et reconnue dans le domaine de la modélisation multi physique et multi échelle. Les thèmes applicatifs choisis pour le prochain quadriennal ont été resserrés et sont pertinents et porteurs dans le contexte régional et même national.

- Points forts et opportunités :

- Le positionnement et l'expérience acquise dans le domaine de l'induction et des matériaux composites sont significatifs (notamment à travers les collaborations régionales avec Airbus).
- L'étude des machines électriques non conventionnelles est porteuse dans le contexte régional des énergies éoliennes et hydroliennes.
- La bonne maîtrise de l'association expérimentation / modélisation constitue une base importante de savoir-faire pour les développements futurs de l'équipe.

- Points à améliorer et risques :

- Un rééquilibrage devrait peut-être être envisagé entre les thématiques, le thème concernant les machines électriques étant assez sous-doté en permanents. De plus, un effort sera encore nécessaire afin que dans le prochain bilan, MDE n'apparaisse pas comme la juxtaposition de sous-équipes quasiment indépendantes les unes des autres.
- La valorisation des recherches doit être améliorée et l'équipe devrait répondre à des appels d'offres nationaux (ANR).



– Recommandations :

- Améliorer le rayonnement de l'équipe au niveau national et international, augmenter le nombre des Post-Doc surtout étrangers et renforcer la mobilité des professeurs visiteurs en diversifiant les pays de provenance.
- Mieux répartir la production de revues internationales (ACL), notamment pour certains permanents
- Mener une réflexion sur la pyramide des âges dans l'équipe et sur la politique des recrutements à l'avenir.

- **Intitulé de l'équipe et nom du responsable** : Maîtrise de l'Energie Electrique (M2E) - M. Luc LORON
- **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)	13	12
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	13	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	7	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5

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

L'équipe « Maîtrise de l'Energie Electrique » (M2E) a structuré ses activités en deux axes : « Commande des systèmes électriques » et « Réseaux et systèmes énergétiques embarqués ou ilôtés ». Les activités de recherche de l'équipe, particulièrement ancrées dans le tissu industriel local, sont dans l'ensemble pertinentes et s'intéressent à certains des problèmes sociétaux actuels dans le domaine de l'énergie. Elles constituent une bonne capitalisation du laboratoire dans ces domaines. Leur affichage n'est pas toujours très clair. De manière générale, les diverses activités de l'équipe ne sont pas positionnées par rapport aux activités similaires menées par d'autres laboratoires, tant du point de vue national que du point de vue international. Un tel positionnement aurait permis de mettre en valeur les originalités et points forts de l'équipe.

En ce qui concerne l'axe 1, le thème « Commande des machines électriques » comprend une activité assez ancienne concernant les commandes sans capteur de vitesse de machines asynchrones sans pour autant démontrer son originalité récente, ce problème restant néanmoins ouvert à la basse vitesse pour l'ensemble de la communauté internationale. En ce qui concerne le thème « systèmes multi-convertisseurs et multi-machines » on distingue très peu de différences entre son contenu et certaines activités de l'axe 2 et surtout du thème : « Qualité de l'énergie et maîtrise de l'énergie durable ». De plus la thématique « stratégie de commande pour l'électronique de puissance » est attractive mais devrait être présentée en mettant en exergue les méthodologies génériques et originales développées par l'équipe par rapport aux études nationales et internationales récentes, ceci plus particulièrement par rapport aux approches de type système dynamique hybride.



L'axe 2 est construit autour des « réseaux et systèmes énergétiques embarqués ou ilôtés ». Il constitue une activité pertinente de l'équipe M2E et fait apparaître des méthodologies destinées à la gestion, à l'amélioration de la qualité de l'énergie et à l'optimisation de réseaux et systèmes énergétiques embarqués. Les différentes architectures proposées pour l'amélioration de la qualité de l'énergie sont originales et innovantes (dépollution active des réseaux moyenne tension, filtrage actif série et série/parallèle pour les réseaux basse tension, dimensionnement et positionnement de filtre harmonique). Certaines solutions ont donné lieu à un dépôt de brevet. Il faut souligner des travaux significatifs réalisés par une approche stochastique qui ont permis l'identification des perturbations conduites basse fréquence des réseaux d'énergie de faible puissance. Ces études ont conduit à l'élaboration originale de modèles prévisionnels des grandeurs électriques à partir d'un modèle basé sur des séries temporelles.

La thématique « maîtrise des énergies durables » concerne une génération de l'énergie électrique à partir d'une éolienne ou d'une hydrolienne. Si l'objectif de ces travaux est d'assurer « une production d'énergie optimisée » et reste toujours très ambitieux, les méthodologies d'optimisation structurelle et fonctionnelle nécessitent un positionnement clair par rapport à l'activité de l'axe 1.

L'aspect « modélisation, optimisation et gestion de l'énergie dans les réseaux et systèmes embarqués » aurait mérité d'être clarifié, car on ne voit pas s'il s'agit d'une modélisation « en vue d'une commande » ou « en vue d'une analyse comportementale du système énergétique complet » ? La problématique liée à l'optimisation globale exploitant les modèles multi-physiques nécessiterait un descriptif méthodologique plus clair et plus détaillé.

Il faut cependant souligner que l'équipe a été créée en 2009, et cette structuration en deux axes a permis de clarifier et de commencer à coordonner les thèmes précédents. Si cet effort important est déjà bénéfique, la structuration n'est pas encore assez claire comme l'indiquent les remarques précédentes.

La qualité des publications de l'équipe et des thèses soutenues est de bon niveau scientifique et se répartit entre les activités du génie électrique (section 63 CNU) et de l'automatique-Informatique Industrielle (section 61 CNU). On peut regretter une disparité importante dans la production scientifique des membres permanents de l'équipe.

La production scientifique de l'équipe est à renforcer du côté des revues à forte audience internationale (ACL). L'équipe affiche une importante participation aux congrès internationaux (ACTI) et ces publications sont en nombre déséquilibrées par rapport à celles appartenant aux ACL. On doit également souligner la participation de l'équipe à la rédaction de quatre ouvrages collectifs (en langue française et anglaise).

La durée des thèses est d'environ 3 ans et 1/2. Le nombre de thèses soutenues est de 12 pendant le quadriennal ce qui constitue un bon ratio par rapport au nombre d'HDR de l'équipe. Cependant, un nombre important de thèses soutenues n'a pas abouti à une publication de type ACL.

Les collaborations industrielles se font majoritairement dans le cadre de conventions CIFRE accompagnées d'un contrat de collaboration et sont réalisées en accord avec les activités scientifiques de l'équipe. Ces collaborations s'opèrent sur deux plans. D'une part, elles correspondent à un fort soutien de l'innovation des PME locales. D'autre part, elles offrent une réponse aux attentes de grandes entreprises nationales, ce qui démontre la qualité des travaux entrepris. Il faut aussi souligner la pérennité de ces relations industrielles, qui témoigne d'une activité importante de l'équipe dans son rôle de transfert technologique.

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

La capacité à recruter des chercheurs est relativement faible, 3 chercheurs invités (Algérie, Maroc), un nombre important d'ATER et 1 ATER-POST DOC. On peut noter le recrutement pendant le quadriennal d'un Maître de Conférences issu de l'industrie, ce qui constitue un point important pour maintenir le niveau et la qualité du transfert technologique.

Une activité contractuelle industrielle importante associée aux conventions CIFRE est constatée (cf. ci-dessus). Une part significative de l'activité concerne les appels d'offres de la Région (CPER 2007-2013), dont certains sont liés aux pôles de compétitivité.

On peut noter quelques collaborations bilatérales (Algérie, Chine, Finlande). De plus, l'équipe est impliquée dans le projet Européen BESST. L'équipe a participé aux travaux de recherche menés dans le cadre du projet régional



« PERLE ». D'autre part, le responsable de l'équipe est un des animateurs de l'inter GdR SEEDS-MACS et l'équipe est impliquée dans les projets SEEDS-AIRBUS et SEEDS-HYDROLE.

Valorisation des recherches : dépôt des 2 brevets (2007).

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet est la continuité des thématiques scientifiques affichées dans le bilan. On remarque une meilleure structuration et cohérence des trois thématiques proposées. On peut cependant regretter un manque d'argumentation des choix et de positionnement par rapport aux travaux de recherches menés dans ce domaine aux niveaux national et international.

La première thématique « Commande et émulation de systèmes électriques » apparaît comme indépendante. L'équipe devrait réfléchir sur l'éventuelle répartition de cette activité entre les deux autres, dans la mesure où les objets commandés sont souvent les mêmes.

La deuxième thématique « Maîtrise des énergies durables », outre ses aspects d'affichage, peut jouer un rôle fédérateur (ou transversal) au niveau de l'équipe M2E mais aussi avec le thème machines électriques de l'équipe MDE.

La troisième thématique « Gestion et optimisation de réseaux et systèmes hybrides multi-sources », présente un champ d'investigation très attractif. Les méthodologies des modélisations concernent les systèmes hybrides a priori connus (architecture, dimensionnement et commande). Les recherches proposées n'affichent pas suffisamment une démarche dès le départ : « conception globale optimisée » comprenant l'architecture optimisée, le dimensionnement associé optimisé et la commande appropriée optimisée.

On apprécie dans les deux derniers thèmes l'introduction de l'aspect lié au diagnostic et à la continuité du service des systèmes énergétiques.

En matière de nouveaux moyens, l'équipe affiche une mise en place des plates-formes CoSyME à Nantes et une autre modulaire pour l'étude des systèmes hybrides multi-sources,

Les thématiques proposées concernant la production et conversion de l'énergie sont d'actualité. Si certains développements proposés peuvent montrer une certaine originalité, le foisonnement des thèmes ne permet pas de les mettre en valeur. L'aspect prise de risques n'est pas évoqué dans le dossier, mais il est clair que la priorité est donnée à la restructuration et au resserrement des thèmes, ce qui est un chantier important et délicat. Le choix de ne pas développer de nouvelles activités à risque est, de ce fait, compréhensible, bien qu'un risque scientifique assumé par la grande majorité d'un laboratoire puisse être fortement fédérateur.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe présente un bilan scientifique tenant compte de l'actualité sociétale et essaie de présenter le thème « commande » séparément des autres axes affichés. Une restructuration importante a été effectuée en 2009, ce qui a permis de resserrer les thèmes et de clarifier les activités de l'équipe. Mais cela ne permet pas encore d'afficher une structuration claire et de bien se différencier des thèmes traités par le passé dans l'unité.

L'introduction « du diagnostic et de la continuité du service » associés à la commande augmenterait les atouts pour la gestion durable et optimisée des systèmes énergétiques.

La production scientifique devra être augmentée et améliorée en qualité avec un rééquilibrage entre les conférences internationales et les publications dans les revues à forte audience internationale. La valorisation des recherches doit être améliorée et l'équipe devrait répondre à des appels d'offres nationaux (ANR).

- Points forts et opportunités :

Les thématiques de recherche sont en fortes adéquations avec la demande sociétale et devraient bénéficier des développements futurs de l'exploitation des énergies de la mer. Un rapprochement avec des laboratoires travaillant dans ce domaine (Nantes, Brest, Le Havre) doit être encouragé.



Le développement d'une activité liée à la prise en compte des aspects stochastiques paraît particulièrement original et pertinent.

L'expérience acquise dans les dispositifs expérimentaux et les collaborations industrielles pérennes constituent une base importante pour les développements futurs de l'équipe.

– Points à améliorer et risques :

- Le projet est ambitieux, mais une réflexion scientifique devra être menée au sujet de l'association voire d'une introduction de la thématique "commande" dans les deux autres thèmes proposés.
- Il faudrait que l'équipe évite une dispersion et elle devra se recentrer sur ses activités de forte expertise scientifique.
- Un positionnement scientifique est à réaliser par rapport aux recherches actuelles, nationales et internationales, et ce afin de mieux valoriser les développements originaux.
- Le nombre de thèmes, trop important, risque de nuire au développement des thématiques les plus originales.

– Recommandations :

- Il faut améliorer le rayonnement de l'équipe au niveau national et international, augmenter le nombre des Post-Doc surtout étrangers et renforcer la mobilité des professeurs visiteurs en diversifiant les pays de provenance.
- Améliorer la production scientifique par un nombre plus important de revues internationales (ACL), notamment de certains permanents, mais aussi de mieux valoriser chaque thèse par ce biais.
- Afficher clairement l'organisation de l'équipe (axes par rapport aux sous-thèmes) et renforcer sa communication au sein de l'unité de recherche.
- Affirmer la place de la thématique « commande » dans l'unité de recherche et particulièrement par rapport aux communautés du Génie Electrique et de l'Automatique.
- Renforcer davantage la démarche « systémique » dans les recherches proposées.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
IREENA (Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique)	B	B	A	A	B
<i>MDE Modélisation des dispositifs électromagnétiques</i>	A	B	Non noté	A	B
<i>M2E Maitrise de l'énergie électrique</i>	B	B	Non noté	A	B

C1 - Qualité scientifique et production  
 C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement  
 C3 - Gouvernance et vie du laboratoire  
 C4 - Stratégie et projet scientifique

### Statistiques de notes globales par domaines scientifiques (État au 06/05/2011)

#### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

### Intitulés des domaines scientifiques

#### Sciences et Technologies

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



Nantes, le mercredi 13 mars 2011

REF : JG/PTi - 2011 RECH N° 455  
SUIVI PAR : Jacques GIRARDEAU  
Objet : Rapport d'évaluation - S2UR120001433  
- IREENA (Institut de Recherche en Energie  
Electrique de Nantes Atlantique) - 0440984F

LE PRÉSIDENT

à

Monsieur Pierre GLORIEUX  
Directeur de la section des unités de  
recherche  
AERES

Monsieur le directeur,

Je vous fais parvenir ci-dessous les observations de portée générale sur le rapport d'évaluation de notre unité «Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique (IREENA)», EA 1770, dirigée par M. Mohamed Machmoum:

L'équipe de direction de l'IREENA ainsi que ses membres tiennent à remercier le comité de visite et son président pour les échanges nombreux et très positifs qui ont eu lieu lors de la visite du 8 et 9 décembre 2010 et pour la qualité et le sérieux dont ils ont fait preuve lors de cette évaluation. Le rapport est objectif et retranscrit fidèlement le fonctionnement du laboratoire.

Ce rapport nous conforte dans notre restructuration initiée en 2009 assurant une cohésion interne et une meilleure visibilité des thématiques développées. Ceci nous encourage à poursuivre nos actions pour mettre en œuvre une dynamique au sein des équipes et au niveau inter-équipes et pour consolider et affermir notre positionnement national et international.

L'équipe M2E est consciente de la nécessité de se recentrer sur ses activités de forte expertise scientifique.

Nous remercions le comité d'avoir souligné la pertinence de notre projet, d'avoir relevé les points forts et les faiblesses du laboratoire et d'avoir suggéré une feuille de route notamment au travers de recommandations en terme d'affichage (SPI) et de réflexions sur le recrutement et un éventuel rapprochement avec d'autres partenaires universitaires, au niveau local ou régional.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de mes sentiments les plus cordiaux.

  
Yves LECOQ  
