



**HAL**  
open science

## L2EP - Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance de Lille

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. L2EP - Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance de Lille. 2014, Université Lille 1 - Sciences et technologies, École centrale de Lille, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Arts et métiers Paristech - Ecole nationale supérieure des arts et métiers, Yncréa - Hauts-de-France. hceres-02032665

**HAL Id: hceres-02032665**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032665>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire d'Electrotechnique et  
d'Electronique de Puissance

L2EP

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Lille 1 - Sciences et Technologies - USTL

Arts et Métiers Paris Tech – École Nationale Supérieure  
des Arts et des Métiers

École Centrale de Lille

HEI Lille – Groupe HEI ISA ISEN



Novembre 2013



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

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3 novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Xavier ROBOAM, président du comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).

# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité :	Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance
Acronyme de l'unité :	L2EP
Label demandé :	UMR
N° actuel :	EA 2697
Nom du directeur (2013-2014) :	M. Francis PIRIOU
Nom du porteur de projet (2015-2019) :	M <sup>me</sup> Betty LEMAIRE-SEMAIL

## Membres du comité d'experts

Président : M. Xavier ROBOAM, CNRS Toulouse

Experts :

- M. Mohamed BENBOUZID, Université de Bretagne Occidentale (représentant du CNU)
- M. Yves MARECHAL, Institut National Polytechnique Grenoble (représentant du CoNRS)
- M. Stéphane RAËL, Université de Lorraine
- M. Nicolas RETIERE, Université Joseph Fourier

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Bernard DAVAT

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

- M. Olivier COLOT, Université de Lille 1 (directeur de l'ED n° 072)
- M. Emmanuel DUFLOS, École Centrale de Lille
- M. Ivan IORDANOFF, Arts et Métiers ParisTech
- M. Jean-François LECRIGNY, École des Hautes Etudes d'Ingénieur



M. Jean-François PAUWELS, Université de Lille 1

M. Olivier THOMAS, Arts et Métiers ParisTech (responsable scientifique  
du doctorat de l'ED n° 432)

## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance (L2EP) se situe sur la métropole lilloise et a été créé en 1989 à la suite du rapprochement des enseignants-chercheurs de l'Université de Lille 1 et de l'École Centrale de Lille. Cette unité est reconnue Equipe d'Accueil (EA 2697).

Le Laboratoire comporte cinq thèmes scientifiques. Il est réparti sur quatre sites : L'Université Lille 1 - Sciences et Technologies, l'École Centrale de Lille, l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Lille et l'École des Hautes Etudes d'Ingénieur.

Localement, le L2EP est très investi au sein du pôle régional MEDEE (Maîtrise Energétique Des Entraînements Electriques) dont il est un des porteurs.

### Équipe de direction

Le bilan a été présenté par le directeur actuel M. Francis PIRIOU, Professeur à l'Université de Lille 1. Le projet est porté par M<sup>me</sup> Betty LEMAIRE-SEMAIL, également Professeur à l'Université de Lille 1.

### Nomenclature AERES

ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	30	29
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	10 (8)	11 (8)
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	3	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	10	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	12 (11,25)	3 (2,25)
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>65 (62,25)</b>	<b>43 (39,25)</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	42	
Thèses soutenues	69	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	10	
Nombre d'HDR soutenues	6	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	19	19

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

A l'issue de ce nouvel exercice de 2008 à juin 2013, le L2EP démontre une « véritable identité » qui s'affirme, malgré son caractère composite multi-site, par :

- son organisation collective,
- sa structure de plus en plus collaborative inter-thèmes,
- l'originalité de ses travaux dont certains constituent la « marque de fabrique » de l'unité.

De véritables efforts sont en effet consentis pour resserrer les liens dans le laboratoire, tant au travers des actions scientifiques inter-thèmes que de l'animation et la gouvernance des doctorants, elles aussi très bien cadrées à travers les différents séminaires de 1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> années. Les indicateurs majeurs de production, thèses soutenues, titulaires de la Prime d'Excellence Scientifique (PES), sont très satisfaisants et sont marqués par une dérivée très positive. Les relations partenariales sont intenses et pérennes, bien soutenues par l'activité du pôle MEDEE.

Même si la mutualisation de moyens financiers et humains est un point à améliorer, on constate des progrès conséquents en termes de « brassage » entre les sites, au sein des thèmes, le L2EP bénéficiant de surcroît d'un fort soutien des tutelles, notamment en termes de recrutement d'enseignants-chercheurs (EC) et ingénieurs de recherche (IR).

Il faut donc féliciter l'équipe de direction et les acteurs scientifiques qui ont efficacement pris en compte les recommandations du précédent comité d'évaluation de 2009.

### Points forts et possibilités liées au contexte

On doit noter la qualité et l'originalité des recherches produites, se matérialisant notamment par l'apport des formalismes ainsi que leur articulation avec les plates-formes expérimentales. La qualité et les spécificités de certaines infrastructures (plate-forme 'Energies réparties' notamment) peuvent constituer un effet de levier et devraient conduire le L2EP à accroître son rayonnement européen.

L'excellente dynamique du laboratoire est marquée par une dérivée très positive par rapport au précédent exercice et ce sur plusieurs indicateurs. On a tout d'abord une augmentation sensible des publications dans des journaux référencés de très bonne qualité, de même que du nombre d'enseignants titulaires de la PES (12 EC soit 46 % de l'effectif en 2009 et 17 EC soit 67% aujourd'hui). Ensuite, le laboratoire est passé de 26 à 30 EC en cours de contrat et a connu une augmentation des postes techniques en particulier au niveau IR. Enfin, l'augmentation du nombre de thèses soutenues est notable avec une moyenne de 12,5 thèses par an contre 7 dans le précédent contrat.

Le renforcement des activités inter-thèmes, est à constater autant dans le bilan que dans le projet, notamment avec la création du thème transverse sur les réseaux HVDC (High-Voltage Direct Current). Le regroupement sur un site unique des membres du L2EP de l'Université de Lille 1 et de l'École Centrale de Lille devrait catalyser ces actions communes.

Les soutiens financiers sont bien équilibrés et tirent parti du soutien régional dynamique et intense auquel le L2EP participe en tant que porteur du pôle MEDEE. Cette implication forte est jugée sans excès, donc sans risque pour l'avenir, notamment par la diversification et la pérennité des soutiens industriels.

Le projet présente une cohérence globale avec une structuration pertinente en thèmes de recherche, dont la création du thème Outils et Méthodes Numériques (OMN) constitue un élément important.

### Points faibles et risques liés au contexte

La durée des thèses se maintient à un niveau un peu élevé (43 mois en moyenne), malgré les efforts de la direction pour sensibiliser les doctorants et la mise en place de séminaires bilans bien jalonnés.

La part de doctorants, y compris sur contrats doctoraux, qui restent sans revues référencées à l'issue de la thèse, est importante tandis que le nombre de congrès internationaux est grand.

L'hétérogénéité entre thèmes de recherche sur le plan des moyens en personnels techniques et, parfois, la précarité de certains d'entre eux, peut être notée.

### Recommandations

Le L2EP doit tirer parti de l'excellence des plates-formes pour mieux mettre en exergue ses verrous scientifiques et pour favoriser son rayonnement européen. L'amélioration du rayonnement international doit passer par une implication stratégique des chercheurs dans des projets ou instances internationaux et par le recrutement de post doctorants étrangers.

Il faut affirmer le rôle d'anticipation des conseils afin de définir le positionnement et la stratégie du laboratoire vis-à-vis de la situation nationale et internationale.

Il faut mettre en place une politique de mutualisation plus affirmée des moyens humains et financiers, de nature à renforcer le soutien aux actions émergentes ou-inter thèmes. L'importance de la part de personnel technique en Contrat à Durée Déterminée (CDD) est à considérer avec cet éclairage. Le nouveau thème OMN souffre d'un déficit sur ce plan qui devra être corrigé prioritairement.



### 3 • Appréciations détaillées

Le L2EP comporte cinq thèmes de recherche : 'Commande', 'Electronique de puissance', 'Réseaux', 'Modélisation' et 'Optimisation'. Ces thèmes sont de taille variable, constitués de 4 ('Optimisation') à 8 ('Commande') EC. Suite à la précédente évaluation en 2009, le laboratoire a choisi de faire apparaître deux groupes de recherche, l'un dédié à la Gestion de l'Energie Electrique » (GEE pour les thèmes 'Commande', 'Electronique de puissance' et 'Réseaux'), l'autre aux Outils et Méthodes Numériques (OMN pour les thèmes 'Modélisation' et 'Optimisation'). Diverses actions d'animation scientifique ont été mises en place dans chaque groupe afin de tisser des liens plus étroits entre thèmes : le fait marquant du projet, conséquence de cette structuration, est la constitution d'un nouveau thème OMN fusionnant 'Modélisation' et 'Optimisation'. La mise en exergue, également dans le projet, d'un thème fédérateur sur les liaisons HVDC émerge des réflexions du groupe GEE, notamment, suite à la mise en place de séminaires d'animation.

L'unité couvre différents champs disciplinaires : l'électronique de puissance et l'électromagnétisme, la commande des systèmes électriques et les méthodologies de gestion de l'énergie, ainsi que les méthodes et outils numériques de modélisation et d'optimisation. Ses principaux secteurs applicatifs concernent la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique (énergies alternatives, réseaux intelligents), les transports (véhicules électriques et hybrides, ferroviaire et aéronautique) et les dispositifs électrotechniques dans leur environnement.

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

Comme déjà mentionné en tant que point fort, il faut tout d'abord souligner l'excellente dynamique du L2EP marquée par une dérivée très positive par rapport au précédent exercice et ce pour l'ensemble du laboratoire.

Quantitativement, on constate une augmentation très significative du taux de publication avec un taux moyen supérieur à 2,3 articles de rang A par an et par chercheur temps plein. Un effort significatif de diffusion de la connaissance a aussi été consenti à travers la rédaction d'ouvrages complets et de chapitres (32 références). Le seul léger bémol sur cet aspect extrêmement positif concerne le nombre de thèses sans article international avec comité de lecture (ACL) ni brevet qui reste non négligeable (plus du tiers des thèses soutenues).

Le nombre de dépôts de brevet (11 dont 7 à l'international) est satisfaisant, en hausse sensible par rapport au contrat précédent (7), même si ces dépôts sont exclusivement concentrés sur les thèmes 'Commande' (5) et 'Electronique de puissance' (6).

Qualitativement, le L2EP met en exergue plusieurs thèmes originaux qui contribuent fortement à la reconnaissance et au rayonnement de cette unité.

- Les formalismes pour la commande, le FVG (Formalisme Vectoriel Généralisé) et la REM (Représentation Energétique Macroscopique) sont des sujets typiques, qui participent à l'identité du laboratoire. Ils contribuent très fortement au rayonnement national de l'unité et commencent à impacter la communauté internationale. Le souci de renouveler les orientations de ces formalismes dans le projet scientifique est à encourager avec recommandation de bien spécifier les véritables verrous adressés et les ruptures sous-jacentes.

- Le comportement haute fréquence des structures de conversion électroniques de puissance se situe dans la perspective de la montée en fréquence de découpage, conséquence de l'apparition de composants semi-conducteurs à large bande interdite. Des travaux amont, de caractérisation des constituants essentiels de ces dispositifs (inductances en technologie planar pour le filtrage CEM -compatibilité électromagnétique-, moteurs et transformateurs), ont été entrepris, s'appuyant sur les compétences pointues du thème 'Electronique de puissance' en collaboration avec le thème 'Modélisation'.

- Les méthodologies de gestion et de valorisation du stockage dans les réseaux électriques, qui concernent spécifiquement la mise en œuvre d'une supervision temps réel principalement par des méthodes d'intelligence artificielle (logique floue) préconise une vision formalisée de la construction du superviseur. Ces développements méthodologiques s'articulent avec les démonstrations expérimentales conduites sur la plate-forme 'Energie réparties' et qui place le thème 'Réseaux' en position de force vis-à-vis des consortiums nationaux et européens.

- La modélisation par éléments finis des systèmes électromagnétiques avec prise en compte des incertitudes et les méthodologies d'optimisation, successivement mises en œuvre sur les plates-formes code\_Carmel dans le contexte du LAMEL (Laboratoire de modélisation du Matériel Electrique, commun avec EDF R&D) et Sophemis. Ces deux plates-formes, amenées à fusionner pour le prochain exercice, font parties des fleurons du laboratoire.

## Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

De façon générale, le rayonnement national du L2EP est très conséquent, à travers des prises de responsabilité et de leadership dans des projets ou des réseaux. Ce rayonnement est en revanche plus hétérogène sur le plan international, même si la qualité générale des publications constitue un élément très positif qui participe à l'essaimage du laboratoire.

Au niveau régional, le positionnement du L2EP est marqué par sa participation et son animation dans le pôle régional MEDEE. Ce pôle impacte 4 des 5 thèmes du L2EP et contribue très fortement au développement scientifique du laboratoire, notamment au travers de bourses de thèses cofinancées région-industrie (29% des bourses de thèses proviennent de ce type d'allocation). L'apport du pôle MEDEE est jugé de façon très positive car impulsant significativement la recherche en partenariat de l'unité, sans toutefois déséquilibrer les sources de soutien qui sont suffisamment diversifiées.

Au niveau national, le rayonnement est notamment identifié par l'implication du thème 'Commande' dans le réseau MEGEVH (Modélisation Energétique et Gestion d'Energie des Véhicules Hybrides et électriques) autour du thème 'véhicules électriques hybrides'. Les efforts de formalisation participent aussi à ce rayonnement qui est prolongé à travers d'intensives activités de diffusion de la connaissance (écoles d'été par exemple). Il faut noter la faible participation à des projets du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA) de type Labex, Equipex et IRT (Institut de Recherche Technologique), même si le laboratoire affiche comme opportunités dans l'analyse SWOT, la possibilité de se positionner, dans le cadre de son projet futur, au sein de l'IRT Railenium et des IEED (Institut d'Excellence en matière d'Energies Décarbonées) VédéCom et SuperGrid. Les deux raisons majeures invoquées sont d'une part la taille du laboratoire (au regard des UMR locales) et d'autre part sa non association au CNRS, ce qui le conduit à demander la reconnaissance du L2EP par l'opérateur de recherche national.

Le rayonnement international est aujourd'hui surtout développé par les thèmes 'Modélisation' (accueil de personnalités scientifiques internationales reconnues, participation à des comités éditoriaux de conférences internationales) et 'Commande' (nombreuses sessions spéciales en conférences internationales, écoles d'été). Au cours de cette période quinquennale, le laboratoire a organisé avec succès diverses manifestations, telle que la conférence IEEE VPPC (Vehicle Power and Propulsion Conference) 2010 et le congrès EPE-ECCE (European Conference on Power Electronics and Applications) 2013 qui a réuni plus de 1000 chercheurs. L'attractivité internationale en termes de post-doctorants et de doctorants, ainsi que la dimension européenne du L2EP, sont en revanche à renforcer.

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

Le positionnement recherche appliquée du L2EP l'amène à tisser des liens étroits avec un environnement industriel. Cette activité de transfert, assez classique dans le domaine, est caractérisée par des partenariats industriels pérennes qui démontrent la qualité globale des résultats transférés. Les recherches amont, avec le souci de formaliser les avancées méthodologiques, sont à la source de cette activité de transfert : on peut citer l'exemple du réseau MEGEVH au travers duquel le thème 'Commande' a su développer des partenariats industriels sur ses domaines d'expertise (utilisation de la REM en particulier), notamment avec des contrats CIFRE autour du véhicule électrique et de la traction guidée qui débouchent aujourd'hui sur d'autres contrats avec de nouvelles problématiques. On constate un renforcement global du nombre de contrats CIFRE (19 sur 69 thèses soutenues).

La valorisation à travers le dépôt de brevet qui, même si elle ne constitue pas le principal point fort du L2EP, progresse par rapport au précédent quadriennal avec 11 brevets déposés au cours de l'exercice dans 2 des 5 thèmes de recherche ('Commande' et 'Electronique de Puissance').

L'importance du soutien régional, au travers du pôle MEDEE, apparaît notamment dans le nombre de thèses cofinancées région-industrie (près d'une thèse sur trois). Ce pôle est à la source d'une partie conséquente des ressources financières et des partenariats du L2EP qui en tire un excellent parti tout en conservant un bon équilibre vis-à-vis de son environnement local et national.

De plus, les relations partenariales permettent à certains thèmes d'avoir une politique volontariste de recrutement de personnels CDD pour répondre aux besoins les plus pressants : c'est le cas par exemple du thème 'Réseaux' sur la plate-forme 'Energies réparties'.

Enfin, un fait marquant est constitué par le laboratoire commun LAMEL (thème 'Modélisation') avec EDF R&D qui permet la mise en commun de moyens au service du co-développement de la plate-forme code\_Carmel, et qui a donné lieu à de nombreuses publications cosignées entre les membres du thème Modélisation et des personnels EDF et à la soutenance de 8 thèses.

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

La gouvernance est structurée et très dynamique. Elle est favorisée par une taille qui permet des rassemblements de l'ensemble du laboratoire, favorisant le rapprochement entre les sites. Le conseil de laboratoire compte 21 membres et se réunit 5 à 6 fois par an et le conseil scientifique plus réduit (responsables de thème et certains HDR) se réunit en moyenne 1 fois par mois.

Les recommandations de la précédente évaluation, qui préconisaient une structuration plus forte autour des 2 groupes 'Gestion de l'énergie' et 'Outils et méthodes numériques', ont été prises en compte durant la période écoulée (organisation de séminaires annuels d'animation), et plus encore dans le projet qui prévoit la fusion des thèmes 'Modélisation' et 'Optimisation', créant un thème unifié 'Outils et méthodes numériques'. Un certain nombre d'actions incitatives, favorisant les synergies inter thèmes ont aussi été mises en place, au travers de l'attribution de contrats doctoraux ou de fonds issus de l'institut Carnot ARTS. On a donc assisté, au cours de cet exercice, à un renforcement général des actions scientifiques transversales. Cette orientation est pérennisée et même renforcée dans le projet du laboratoire au travers de la mise en place du thème fédérateur sur les liaisons HVDC, projet qui s'appuiera pour partie sur la plate-forme 'énergie répartie' et se fondera sur les compétences du groupe GEE (Commande, Electronique de Puissance et Réseaux). Certaines synergies avec le thème OMN sont également probables (optimisation, réduction de modèle,...).

Au chapitre des points positifs, en terme d'animation et de vie de l'unité, il faut aussi souligner l'organisation de séminaires doctorants judicieusement placés dans le déroulement des thèses : 1 séminaire en fin de 1<sup>ère</sup> année de thèse avec rapport, présentation orale et analyse par le conseil scientifique et 1 séminaire en début de 3<sup>ème</sup> année qui fait le bilan de la thèse et permet certaines actions correctives en fin de parcours. Il est à ce sujet étonnant que la durée des thèses (moyenne 43 mois) reste insuffisamment maîtrisée et ce, malgré une forte sensibilisation des doctorants constatée lors de la rencontre avec les personnels.

Pour l'équipe de direction, la mutualisation se situe véritablement « au niveau matière grise et des échanges scientifiques, mais la mutualisation de moyens est plus compliquée ». Ce point est en effet caractéristique de la situation du L2EP qui ne mutualise aucun moyen humain en personnels administratifs et techniques à l'exception d'une secrétaire et n'effectue aucun prélèvement sur contrats pour des actions communes. Cette situation s'explique pour partie par la culture du laboratoire situé sur plusieurs sites avec 4 tutelles, même si ces dernières font preuve d'une réelle volonté pour aider le laboratoire à mutualiser certains moyens (possibilités de cofinancements par plusieurs tutelles de contrats à durée indéterminée de personnels par exemple). Ceci explique aussi une certaine hétérogénéité des recrutements en EC et personnels techniques et administratifs selon les thèmes. La création d'un site unifié, proche de l'université et de l'ECL, couplée à la volonté forte de la direction d'œuvrer dans le sens d'une plus grande mutualisation constitueront, à n'en pas douter, des points d'amélioration pour l'avenir.

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

La politique de suivi des doctorants avec les deux séminaires organisés par le laboratoire a déjà été soulignée au paragraphe précédent.

Le L2EP est rattaché à 2 écoles doctorales, l'ED072, Sciences pour l'Ingénieur pour les établissements lillois et l'ED 432, Sciences des Métiers de l'Ingénieur, commune à Arts et Métiers Paris Tech et à Mines Paris Tech. 80 % des thèses en cours appartiennent à l'ED 072. Cette dernière est découpée en secteur disciplinaire et le L2EP assure pour l'ED la direction des études du domaine du génie électrique. Ce sont les établissements qui priorisent leurs contrats doctoraux vers les laboratoires, à l'exception de l'Université Lille 1 qui laisse à l'École Doctorale le soin de cette priorisation.

Le laboratoire participe à la formation des enseignants du second degré et du supérieur, et a organisé les journées du club EEA (Electrotechnique, Electronique Automatique) 2009. Les EC du L2EP s'impliquent aussi fortement dans les formations au niveau MASTER, et ce de façon répartie dans les différents établissements avec lesquels ce laboratoire interagit : master ASE (Automatique et Systèmes Electriques) piloté par un membre du L2EP et dont sont originaires de nombreux doctorants du laboratoire, master Ingénierie Mathématique dans lequel des personnels sont impliqués et la formation IMA (Informatique Microélectronique Automatique) à Polytech Lille, master

international MVE (Mobilité Véhicule Electrique), master Knowledge Integration in Mechanical Production, ou mastère SYSPEC (Systèmes Hybrides de Production d'électricité et de Chaleur) à Arts et Métiers ParisTech,... Diverses formations ingénieurs, en relation avec les thématiques du laboratoire, sont aussi dispensées à HEI comme à l'ECL où une chaire « Réseaux » a été créée et à laquelle plusieurs industriels participent. Le L2EP est donc pleinement investi dans la formation par la recherche ; l'implication du thème 'Commande' dans l'organisation d'écoles d'été et dans un réseau de formation européen Marie Curie Prototouch, ainsi que du thème 'Réseaux', dans la chaire de formation 'Réseau' et la formation continue pour les entreprises sont à souligner.

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

Le projet du laboratoire ouvre des perspectives scientifiquement porteuses et très cohérentes, à la mesure des moyens mis à la disposition de ses membres. La nouvelle équipe de direction est un gage de qualité ; elle se situe dans la continuité des efforts menés par le précédent directeur dont il faut souligner le dynamisme et l'apport incontestables.

Structurellement, la création du thème 'OMN' et la concentration en 4 thèmes sont un point positif. Le choix du thème fédérateur sur les liaisons HVDC est judicieux et porteur, notamment en relation avec l'environnement académique et industriel du laboratoire.

La volonté de renouvellement affichée autour des recherches portant sur certains formalismes est à encourager, en identifiant les véritables verrous et ruptures méthodologiques. Les extensions de l'expertise en matière de structures de conversion à haut rendement et faible empreinte électromagnétique compte tenu des sauts technologiques (arrivée des composants semi-conducteurs à large bande interdite) sont de bonnes orientations. La fusion des plates-formes logicielles code\_Carmel et Sophemis, dans le contexte du laboratoire commun LAMEL, procurera au thème OMN la capacité de développer des approches originales répondant aux enjeux scientifiques futurs pour mener des simulations et optimisations multi-échelles, multi-physiques et multi-niveaux. On peut aussi souligner la volonté de perpétuer la capitalisation des acquis, au travers des formalismes et logiciels, volonté qui constitue une autre marque de fabrique du L2EP. De même, on peut être confiant pour la pérennité des relations partenariales et industrielles. Le positionnement dans les outils du PIA fait partie des questions ouvertes (opportunités et/ou faiblesse).

L'analyse SWOT affiche une volonté de renforcement du rayonnement international du laboratoire, à travers l'implication dans des projets européens ou l'incitation à la mobilité des enseignants chercheurs.

Enfin, l'homogénéisation des soutiens en personnels (EC et administratifs et techniques) entre les thèmes fait aussi partie des chantiers, le soutien résolu affiché par les tutelles permettant, dans un contexte global difficile, d'avoir une confiance certaine dans l'avenir de l'unité.

## 4 • Analyse thème par thème

**Thème 1 :** Commande

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Betty LEMAIRE-SEMAIL

**Effectifs**

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	4	4
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires		
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	1	1
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	0,5	
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche	3	
ETP de doctorants	10	
<b>TOTAL</b>	19,5	5

### • Appréciations détaillées

Le thème 'Commande' a une activité reconnue sur le développement de formalismes de modélisation et de commande dédiés aux systèmes de conversion d'énergie. Au-delà des techniques générales que l'on retrouve dans de nombreuses équipes au niveau national et international, ce thème se distingue par ses travaux de formalisation reposant sur la Représentation Energétique Macroscopique (REM). Ce formalisme, en plus du FVG (Formalisme Vectoriel Généralisé), permet par son application à des systèmes spécifiques (véhicules électriques, actionneurs polyphasés et piézo-électriques) de mettre au point de nouvelles approches de gestion d'énergie et de commande par inversion. La REM permet également de formaliser l'émulation de nouveaux systèmes (Power Hardware-In-the-Loop Simulation - PILS). Cette approche est maintenant devenue transdisciplinaire puisqu'elle est utilisée pour des systèmes mécaniques, la fluidique et la thermique.

La reconnaissance nationale est indéniable mais la reconnaissance internationale est à pérenniser. En effet, si la production dans des revues internationales référencées et à fort impact est bonne (32 ACL), compte tenu de la spécificité reconnue autour de la REM, on peut regretter le nombre limité de conférences invitées internationales.

Ce thème s'appuie sur trois leviers pour développer son rayonnement et son attractivité. Le premier concerne l'animation du réseau national MEGEVH depuis sa création en 2004. Au travers de MEGEVH, autour des méthodologies d'élaboration de commandes pour différents véhicules et la REM comme outil commun, 9 thèses et 1 HDR ont été soutenues. La structuration du réseau MEGEVH a amené une meilleure visibilité nationale et internationale de cette thématique, en lui permettant entre autres l'organisation de la conférence internationale IEEE VPPC 2010.

Le deuxième levier utilise la diffusion du formalisme REM au travers d'écoles d'été en France et à l'étranger. Ceci permet entre autres d'attirer des chercheurs internationaux (Canada, Suisse, Chine, etc.) qui ont contribué à mettre en place des collaborations qui, en plus de publications communes, ont dans certains cas donné lieu à des programmes de recherche spécifiques (de type PHC, Programme Hubert Curien, par exemple).

Le troisième levier correspond aux expertises réalisées pour des institutions nationales et internationales et à l'investissement notable ces dernières années dans des projets nationaux et européens souvent liés à des financements de thèses.

A travers le réseau MEGEVH, le thème commande a su construire et développer des partenariats industriels en utilisant plus particulièrement la REM, notamment au travers de contrats CIFRE autour du véhicule électrique et de la traction guidée. Ces partenariats ont donné lieu à un brevet et à plusieurs publications cosignées avec des industriels. Il faut signaler que certains contrats pérennisent les relations puisqu'ils débouchent sur d'autres contrats avec de nouvelles problématiques (contrat PSA sur la thermique dans le véhicule par exemple).

La cohérence des activités, qui sont en adéquation avec le nombre de personnes impliquées, est particulièrement appréciable. Cette thématique a une volonté et une politique claire de diffusion de ses formalismes et d'amélioration de son positionnement international. Elle a plus particulièrement pérennisé ses écoles d'été et renforcé ses participations dans des conférences internationales (sessions spéciales, tutoriaux, etc.).

Avec 13 thèses soutenues durant la période 2008-2013, le niveau d'encadrement est très bon pour une durée des thèses de 42 mois qui reste à améliorer à l'image de l'ensemble du laboratoire. Les doctorants ont tous publié mais de manière inhomogène, 4 ACL pour l'un contre 2 CACL pour d'autres.

En termes de projet, l'objectif est de formaliser la structuration du niveau stratégie de gestion globale des systèmes complexes multi-physiques. Autrement dit, il s'agit d'entreprendre des travaux, après ce qui a été fait avec la commande, sur la structuration de la stratégie, pour en faciliter la synthèse et l'optimisation. Cette démarche est intéressante puisqu'elle a pour objectif d'améliorer, entre autres, les performances énergétiques et les modes dégradés. Un élément intéressant est la capitalisation qui reste au cœur de la démarche avec pour objectif l'enrichissement des bibliothèques relatives aux formalismes. La structuration actuelle avec un niveau de formalisation et un niveau applicatif, et ses trois domaines d'expertises différents (véhicules électriques hybrides, actionneurs polyphasés et actionneurs piézo-électriques) sont des atouts.

Deux éléments importants sont à signaler quant à l'ouverture vers les autres thèmes du laboratoire : d'une part, les ouvertures sur le thème 'Réseaux' sur le thème fédérateur liaisons HVDC, et d'autre part, une ouverture sur le thème 'Outils et Méthodes Numériques' en termes d'exploitation des compétences en algorithmes d'optimisation et en développement de modèles multi-physiques.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le rayonnement, qui s'exprime particulièrement dans la prise de responsabilités et le leadership dans des projets ou des réseaux, est indéniable. Le réseau MEGEVH a été un excellent levier.

Les publications sont dans des supports de très bon niveau.

L'ouverture du champ applicatif sur les liaisons HVDC est séduisante puisqu'elle permet une mutualisation d'autres compétences du laboratoire avec le thème 'Outils et Méthodes Numériques' sur les algorithmes d'optimisation et la réduction de modèles et le thème 'Réseaux' sur l'application elle-même.

### Points faibles et risques liés au contexte

La stratégie thématique n'est pas assez précise. En effet, bien que voulant aborder le volet stratégie des systèmes complexes multi-physiques, le thème se situe dans une continuité sans mettre en perspective les acquis à consolider, les véritables verrous et ruptures recherchés.

### **Recommandations**

Il faut cultiver un partenariat académique sur le site lillois, notamment sur les aspects mathématiques appliquées et informatiques.

Il faut s'appuyer sur l'analyse des forces et des faiblesses pour adapter le projet de recherche et anticiper dès maintenant les ruptures thématiques. Il faut développer la dimension projets européens qui est restreinte malgré le réseau partenarial développé.

Il faut préciser la stratégie thématique en s'appuyant sur une analyse des forces et des faiblesses, particulièrement au regard de l'évolution des formalismes pour lesquels le thème Commande est reconnu.

**Thème 2 :** Electronique de Puissance

**Nom du responsable :** M. Philippe LE MOIGNE

**Effectifs**

<b>Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein</b>	<b>Au 30/06/2013</b>	<b>Au 01/01/2015</b>
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	2,5	2,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires		
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	1,3	1,3
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	0,5	
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	9	
<b>TOTAL</b>	<b>13,3</b>	<b>3,8</b>

### • Appréciations détaillées

Le thème 'Electronique de Puissance' mène une activité de recherche sur les structures de conversion, leurs composants (actifs et passifs), leur commande et les perturbations électromagnétiques qu'elles génèrent. L'accent est mis de façon explicite sur l'amélioration des performances et des rendements et l'amélioration du comportement haute fréquence (HF) avec en filigrane le développement d'outils de modélisation et de caractérisation. Dans la perspective de la montée en fréquence de découpage, conséquence de l'apparition sur le marché des composants semi-conducteurs à large bande interdite, le thème 'Electronique de Puissance' a entrepris des travaux amonts sur la modélisation des inductances en technologie planar utilisées pour le filtrage CEM, pour notamment décrire les phénomènes capacitifs parasites et les fuites magnétiques. Cette approche théorique a été couplée à un travail expérimental de caractérisation et d'identification, avec un effort conséquent mis sur la métrologie.

Une activité est développée également, hors des axes thématiques précédemment définis, sur la caractérisation des éléments de stockage d'énergie (supercondensateurs, batteries). Un lien significatif est fait toutefois entre éléments de stockage et amélioration des performances des structures ; au travers de la conception d'une topologie de conversion électronique de puissance originale il permet de mettre en œuvre les fonctionnalités usuelles associées au stockage (récupération, lissage des pointes, gestion des microcoupures du réseau) et de filtrer le courant prélevé sur le réseau, ce avec une efficacité accrue par rapport aux solutions classiques, tant en termes de rendement qu'en termes de filtrage.

En complétant le document de synthèse par une lecture attentive des titres des ACL, on constate que l'analyse du comportement HF des composants concerne, outre les inductances planar, les moteurs et les transformateurs. De même, la recherche de structures de conversion adaptées à une application donnée se porte également sur la correction du facteur de puissance et les convertisseurs matriciels. Enfin un intérêt est porté aux pertes dans les câbles, au comportement à la fermeture de l'IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) réversible en tension, ainsi qu'au vieillissement des supercondensateurs.



La production scientifique est conséquente et très bien ciblée. On dénombre ainsi 23 ACL dont 22 dans des revues IEEE, ce qui est un gage de qualité, et 6 brevets internationaux. Tous les EC publient et il est en outre à noter une forte implication d'un des EC dans le thème 'Commande' où il a cosigné 9 ACL.

Ce thème s'implique dans la communauté nationale, notamment au travers du groupement d'intérêt scientifique 3DPHI (3D Power Hybrid Integration) dont elle est partenaire. Une thèse est en cours dans ce cadre sur la modélisation et la caractérisation des composants à large bande interdite et leur application à la conversion haute fréquence. Cette thèse est financée par contrat doctoral, témoin d'une politique volontaire d'implication dans ce groupement.

On trouve également une collaboration avec le G2Elab et une autre avec un enseignant-chercheur (et ex-doctorant du L2EP) de l'ESTACA Campus-Ouest (site de Laval de l'École Supérieure des Techniques Aéronautiques et de Construction Automobile). Dans les deux cas, la collaboration prend la forme d'une codirection de thèse, assortie de publications dans des revues référencées.

Une collaboration internationale avec un professeur de l'École Polytechnique de Turin sur les aspects métrologiques en CEM est mentionnée. Elle se caractérise par un séjour du collègue pendant un mois à Lille. La collaboration n'a cependant donné lieu à aucune publication.

Deux ATER ont été recrutés sur la période. Un doctorant a bénéficié d'une bourse de gouvernement étranger et une thèse en cours est financée par une bourse Erasmus Mundus.

Au plan local, ce thème, avec sa problématique sur le comportement HF des structures de conversion, a amorcé une ouverture significative vers le thème 'Modélisation' du laboratoire. Deux thèses en cours sont en effet transverses aux deux thèmes.

L'activité contractuelle est relativement modeste. Les financements proviennent du pôle régional MEDEE, soutien de deux projets financés sur la période. L'activité contractuelle directe se caractérise par 9 contrats. Les thèses en cours font toutefois apparaître un renforcement des contrats CIFRE.

Il n'est pas fait état de processus de valorisation, et le document ne fait pas apparaître de conduite ou de participation à des projets ANR ou européens. 6 brevets ont toutefois été déposés, auxquels ont été associés des doctorants.

Compte tenu du faible nombre d'HDR, le niveau d'encadrement, avec 7 thèses soutenues et 9 thèses en cours, est excellent. Sur les 7 doctorants ayant soutenu leur thèse au cours de la période considérée, 6 sont co-auteurs d'au moins un article de revue référencée, plaçant ce thème, sur ce point précis, très au-dessus de la moyenne du laboratoire. 5 de ces doctorants ont 2 ACL et, parmi eux, 3 sont co-inventeurs de brevets. Ces résultats sont remarquables.

La durée moyenne des thèses est de 3 ans et 6 mois. Deux thèses sont dans cette moyenne, quatre ont une durée plutôt voisine de 3 ans, et une thèse s'est étendue sur un peu moins de 5 années. La qualité de cette dernière, de type industriel, n'est nullement en cause : elle a donné lieu à deux ACL et trois brevets.

Les membres du thème sont impliqués dans le master ASE, sans responsabilité particulière (la responsabilité d'une unité d'enseignement est à signaler) . 13 stagiaires ont été encadrés sur la période.

Le projet du thème 'Electronique de Puissance' est d'étendre son expertise en matière de structures de conversion à haut rendement et faible empreinte électromagnétique. Cette expertise s'appuie sur une démarche de modélisation et de caractérisation et sur des opportunités offertes et défis soulevés par l'arrivée des composants semi-conducteurs à large bande interdite (carbure de silicium, nitrure de gallium). Il entend s'inscrire dans ce saut technologique, en traitant les problèmes liés au comportement HF des structures. L'accent sera mis sur les moyens de caractérisation, lesquels devront répondre aux exigences liées à la montée des fréquences de commutation, sur la conception de cellules de commutation à faible empreinte électromagnétique ("filtrage" à la source par la commande, filtrage HF compact, association de cellules), et sur la conception de filtres répondant aux impératifs d'efficacité (rendement, perturbations électromagnétiques). Il compte s'appuyer, pour la modélisation HF des composants, sur les compétences du nouveau thème 'Outils et Méthodes Numériques' et pour la connaissance des composants semi-conducteurs à large bande interdite, sur ses relations privilégiées avec l'Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN).

Le projet est ambitieux, volontaire, à la mesure des compétences scientifiques et du savoir-faire de cette thématique et à la mesure également des enjeux soulevés par le SiC (carbure de silicium) et autres matériaux semi-conducteurs à grand gap. Il s'agit de travailler sur et avec les dispositifs de demain. Cependant, pour mener à bien ce projet, il faudra résoudre les problèmes de sous-effectifs, tant en EC qu'en HDR.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

Ce thème a une réelle expertise en matière de caractérisation et modélisation du comportement HF des structures de conversion, et de conception de structures de conversion adaptées à un besoin.

La production scientifique de qualité, est associée à une politique de publication efficace.

Un projet d'avenir, inscrit dans les enjeux de demain et à la mesure des compétences scientifiques, est proposé.

### Points faibles et risques liés au contexte

Le taux d'encadrement des deux HDR du thème est en permanence élevé. Un HDR supplémentaire est nécessaire.

L'effectif en enseignants-chercheurs est un peu trop faible.

L'activité contractuelle modeste peut s'avérer limitante.

### Recommandations

Il faut poursuivre dans la voie de la caractérisation et la modélisation HF, en liaison avec les semiconducteurs du futur. Le laboratoire doit affecter des ressources, des contrats doctoraux, et accroître le nombre d'EC de la thématique.

Il faut accroître ou adapter l'activité contractuelle au besoin, de façon à ne pas subir de limitation financière.



**Thème 3 :** Réseaux

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

**Effectifs**

<b>Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein</b>	<b>Au 30/06/2013</b>	<b>Au 01/01/2015</b>
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	3	3
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires		
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	1	2
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	5	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche	4	
ETP de doctorants	8	
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>5</b>

### • Appréciations détaillées

Le thème 'Réseaux' se positionne sur deux axes originaux au plan national. Le premier propose des approches issues de l'intelligence artificielle pour superviser les systèmes de production d'énergie et de stockage dans les réseaux. Ces approches, qui s'appuient sur une expertise du fonctionnement du système à superviser, permettent de traiter des problèmes complexes, difficiles à représenter par des modèles mathématiques et au caractère parfois aléatoire. Ces approches peuvent être couplées à des approches causales ou d'optimisation et sont généralement validées par une implantation temps réel. Le deuxième axe, qui constitue un point fort, vise à articuler les développements méthodologiques à des démonstrations expérimentales sur la plate-forme 'Energies réparties'. Cette plate-forme est unique en France au niveau académique par sa puissance électrique installée et sa versatilité et place ce thème en position de force pour se positionner dans des consortiums nationaux et européens.

La production scientifique est en augmentation significative par rapport à l'évaluation précédente avec des publications (28 ACL) dans des revues internationales reconnues (Revue Elsevier, EPE journal, IEEE transactions), un grand nombre de conférences internationales (79 CICL) et un nombre de thèses conséquent (20 thèses dont 9 sont toutefois soutenues sans ACL). Il faut aussi souligner l'effort important du thème sur la production d'ouvrages (3 ouvrages complets + 4 chapitres).

A l'échelle nationale, ce champ disciplinaire est incontournable, reconnu institutionnellement et industriellement. L'intervention des membres du thème dans de nombreuses expertises pour divers organismes nationaux et dans l'animation de la communauté française du génie électrique au sein du GDR (Groupement de Recherche) Systèmes d'Energie Electrique dans leur dimension Sociétale (SEEDS) attestent du rayonnement national. Le rayonnement international se traduit par le recrutement de doctorants étrangers, par des codirections éditoriales, des publications internationales, des professeurs invités ou par l'organisation de symposiums. Par contre, sur la durée

de la période évaluée, on ne constate pas de participation à des projets européens. L'interaction avec l'environnement industriel régional et national est indéniable et se place sur le long-terme. Elle se traduit par un soutien du pôle de recherche régional MEDEE (en articulation avec de nombreux industriels du génie électrique) et par des projets nationaux d'envergure de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et du Fonds Unique Interministériel (FUI).

Le thème 'Réseaux' est en étroite relation avec deux autres thèmes du groupe GEE dont il assure l'animation scientifique. Il développe aussi des liens importants avec le thème 'Optimisation' et est bien présent dans les différentes instances du laboratoire. Ses nombreux contrats lui permettent d'avoir une politique volontariste de recrutement de personnels CDD pour répondre aux besoins les plus pressants, notamment sur la plate-forme 'Energies réparties'. Ce thème a aussi pu bénéficier du recrutement de deux EC et de deux IR, ce qui est le signe d'un fort développement sur des bases solides. Une implication originale dans la formation est la chaire d'enseignement 'Réseaux électriques' de l'ECL qui associe notamment deux EC du L2EP, un chercheur belge et des partenaires industriels. Ce thème est aussi à l'origine d'un mastère Arts&Métiers Paris Tech.

Le projet est en continuité avec les activités en cours avec notamment un accent mis sur les approches temps réel, l'optimisation, l'utilisation de l'électronique de puissance dans les réseaux et le supergrid HVDC. Cette stratégie doit répondre aux objectifs qui consistent à traiter des systèmes électriques de plus en plus complexes et aux multiples contraintes techniques, économiques et environnementales associées. Le projet fédérateur HVDC est un atout permettant de dégager une masse critique sur un sujet à fort enjeu. La difficulté sera de pouvoir continuer à répondre à la multiplication de sollicitations d'origines industrielles ou académiques.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

Ce thème a un positionnement méthodologique original vis-à-vis des autres laboratoires de génie électrique français.

Il possède une plate-forme expérimentale temps réel unique dans le milieu académique français.

Il bénéficie d'un ancrage fort dans des partenariats institutionnels et industriels.

Il y a une opportunité d'utiliser ses atouts pour répondre à une forte demande en recherche et développement dans le domaine des réseaux électriques (plus particulièrement HVDC).

### Points à améliorer et risques liés au contexte

Ce thème est encore relativement isolé au niveau international. C'est un risque dans un contexte de forte concurrence européenne et d'un relatif tarissement des financements nationaux.

### Recommandations

Il faut accroître significativement l'emprise internationale, en s'appuyant notamment sur les industriels partenaires à l'envergure européenne ou mondiale.

Il faut s'appuyer sur la plate-forme 'Energies réparties' qui constitue un atout conséquent pour s'impliquer dans des projets européens.

Il est nécessaire de conforter une politique de partenariat académique au niveau régional et européen pour répondre aux enjeux pluridisciplinaires identifiés sur cette thématique.

il faut identifier clairement les verrous scientifiques à adresser pour permettre un filtrage sélectif des sollicitations.

**Thème 4 :** Modélisation

**Nom du responsable :** M. Stéphane CLENET

**Effectifs**

<b>Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein</b>	<b>Au 30/06/2013</b>	<b>Au 01/01/2015</b>
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	3,5	3,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires		
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	0,5	
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche	2	
ETP de doctorants	8	
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>3,5</b>

### • **Appréciations détaillées**

L'activité du thème 'Modélisation' porte sur le calcul de champs électromagnétiques 3D en basse fréquence, avec des recherches très originales sur la quantification d'incertitudes et sur l'estimation de l'erreur numérique. Il a récemment initié un nouvel axe de recherche sur la réduction de modèles, qui est un domaine exploré par un nombre limité d'équipes au niveau mondial mais extrêmement prometteur. Il a également une activité de recherche sur les modèles adaptés pour représenter les matériaux magnétiques.

La reconnaissance nationale et internationale sur ces domaines est très bonne. Pendant la période écoulée, la production scientifique a été excellente (66 ACL parmi lesquelles de nombreuses publications avec des partenaires académiques étrangers). Des personnalités scientifiques internationales reconnues sont régulièrement accueillies.

Avec 16 thèses soutenues durant la période 2008-2012, le niveau d'encadrement est excellent. La production des doctorants est généralement bonne même si toutes les thèses ne donnent pas lieu à une publication de revues. La durée moyenne des thèses est de 44 mois. Cette valeur est en augmentation par rapport à la précédente évaluation.

La politique de capitalisation est claire et ambitieuse et se traduit par la construction d'un logiciel de simulation, le code\_Carmel, destiné à recueillir les développements logiciels. Le professionnalisme et l'implication dans cet outil sont à souligner. Le code\_Carmel est un des rares exemples de logiciel académique capable de traiter des problèmes d'une grande complexité et à ce titre a été adopté par des industriels. Il est par ailleurs utilisé au sein de plusieurs parcours de formation sur Lille.

Les membres de ce thème font partie de comités éditoriaux de conférences internationales et sont également présents aux comités de pilotage ou scientifiques de plusieurs conférences internationales ou nationales. Ils collaborent avec l'ensemble de la communauté scientifique du génie électrique en France et y jouent un rôle d'animateur sur des sujets scientifiques d'une grande pertinence.

Ce thème de recherche s'appuie sur trois leviers pour développer son activité. Le premier est le pôle régional MEDEE qui a financé 6 thèses sur la période écoulée et qui soutient une activité contractuelle conséquente. Le deuxième est le LAMEL, laboratoire commun avec EDF créé en 2006 et qui permet la mise en commun de moyens au service de problématiques scientifiques (entre 2 et 3 ETP de chaque côté et 8 thèses sur la période). C'est un partenariat remarquable, qui donne lieu à de nombreuses publications cosignées avec des personnels EDF. Le troisième levier est un réseau de laboratoires partenaires, avec lequel sont entretenues des relations durables.

A l'avenir, les thèmes 'Modélisation' et 'Optimisation' vont fusionner pour créer le thème 'Outils et Méthodes Numériques', fort d'une dizaine de permanents et d'une quinzaine de doctorants. Etant donnée la complémentarité des thèmes, cette fusion est parfaitement légitime. Elle permettra une plus grande synergie sur le plan scientifique et, avec la convergence des logiciels code\_Carmel et Sophemis, elle procurera la capacité de développer des approches originales pour répondre aux enjeux scientifiques des simulations multi-échelles et multi-physiques.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'originalité des travaux, la production scientifique et le niveau d'encadrement sont très bons.

Le thème possède des partenariats avérés avec des partenaires académiques et industriels.

Le thème mène une politique de capitalisation des recherches.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les chercheurs de ce thème n'ont pas de responsabilités dans les réseaux au niveau national et international (pilotage de projets ANR ou européens, ...).

La visibilité internationale (conférence invitées, recrutement des doctorants, envoi de post doctorants à l'étranger, ...) peut être renforcée vu la qualité des travaux développés.

La durée moyenne des thèses est à surveiller.

### Recommandations

Il faut positionner les activités de recherche dans un cadre national et international afin de mettre en avant l'originalité des travaux et accroître la visibilité.

Le laboratoire doit trouver une solution pour pérenniser l'emploi d'Ingénieur de Recherche en soutien à la plate-forme fusionnée code\_Carmel-Sophemis.

**Thème 5 :** Optimisation

**Nom du responsable :** M. Michel HECQUET

**Effectifs**

<b>Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein</b>	<b>Au 30/06/2013</b>	<b>Au 01/01/2015</b>
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires	2	1,5
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires		
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche	1	
ETP de doctorants	7	
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>1,5</b>

## • Appréciations détaillées

Le thème 'Optimisation' porte son effort sur des approches méthodologiques originales pour la conception par optimisation, se confrontant à l'épineux problème de réduction de la complexité. Il décline ces approches selon trois axes, touchant à la granularité multiple des modèles, à la structuration par niveaux (des composants aux systèmes) ainsi qu'à une réflexion sur l'approche multi-physique multi-échelle. Dans ces trois dimensions, en particulier dans les deux premières, il propose des idées et des méthodes qui le placent au plus haut niveau national, sachant que le positionnement de la communauté française dans ce domaine se situe au tout premier plan dans le contexte international.

L'origine de ce thème se fonde sur les systèmes électromagnétiques et électromécaniques, mais cette culture initiale s'étend maintenant aux nouvelles problématiques inhérentes aux systèmes et réseaux électriques dont les structures sont de plus en plus complexes et diversifiées.

Sa production scientifique est de très bonne qualité (23 ACL) dans des revues de bon niveau. On décompte également un nombre de revues non référencées et de conférences internationales significatif, ce qui mériterait un rééquilibrage au profit des ACL.

Les membres de ce thème s'impliquent dans la communauté nationale, à travers la plate-forme collaborative Dimocode et par des co-encadrements de thèse. Ils collaborent avec les universités de Moscou et de Cluj (Roumanie) et l'ENIT de Tunis, mais n'ont pas recruté de post doctorants sur la période. Au plan local, ils proposent plusieurs ouvertures vers les autres thèmes du L2EP, en particulier les thèmes 'Réseaux' et 'Modélisation'. Etant données la maturité de ses cadres et la qualité de leurs recherches, ce thème mériterait d'accroître son rayonnement, par exemple au travers de conférences invitées.

La dynamique partenariale est bonne. Elle porte de nombreux contrats institutionnels au niveau régional et national. La qualité des recherches permet d'entretenir des relations industrielles pérennes. Il n'y a pas en revanche d'effort sur la valorisation, par la diffusion de logiciels notamment.

Les activités de recherche sont très cohérentes et sans dispersion compte tenu du faible nombre de personnes. Les travaux sur l'optimisation sont capitalisés au travers de la plate-forme Sophemis, appelée à être mutualisée avec la plate-forme code\_Carmel du thème 'Modélisation'.

Avec 13 thèses soutenues durant la période, le niveau d'encadrement est excellent, pour une durée des thèses de 44 mois qui reste à améliorer, à l'image de l'ensemble du laboratoire. Tous les doctorants ont publié, même si une proportion non négligeable d'entre eux n'affiche pas de revues référencées.

Le projet du thème 'Optimisation' se situe dans une perspective de fusion avec le thème 'Modélisation', afin de créer un thème OMN ('Outils et Méthodes Numériques') fort d'une dizaine d'enseignants chercheurs. Dans OMN, les chercheurs issus du thème 'Optimisation' continueront leurs travaux relatifs aux approches multi-physiques, multi-échelles et multi-niveaux. Beaucoup reste en effet à faire sur ces aspects et OMN sera particulièrement bien placé pour mener ce travail à bien. Il est aussi prévu l'émergence de nouvelles méthodes telles que la réduction de modèles ou les notions essentielles de robustesse en optimisation. Au niveau des outils, la fusion des deux thèmes se matérialisera par la création déjà amorcée d'une plate-forme commune mutualisant le code\_Carmel et Sophemis.

Le projet et la stratégie de ce thème 'Outils et Méthodes Numériques' sont très séduisants et à la mesure des moyens et compétences mis en jeu. La fusion pallie les inconvénients d'une thématique comportant un nombre trop faible de permanents.

## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le thème possède une excellente qualité et originalité des méthodologies de conception par optimisation, en particulier les approches multi-niveaux et multi-granularité.

Les publications dans des revues référencées sont de bonne qualité.

Le projet de fusion avec le thème 'Optimisation' est séduisant et cohérent. Il doit permettre une mutualisation efficace des moyens humains et des plates-formes logicielles.

### Points faibles et risques liés au contexte

La qualité des travaux de recherche devrait légitimement conduire à améliorer le rayonnement au plan international à travers le recrutement de post doctorants, l'implication dans des projets européens ou des conférences invitées.

La stratégie de valorisation logicielle et de transfert est à préciser dans le nouveau contexte de plate-forme logicielle fusionnée.

### Recommandations

A travers la fusion avec le thème 'Modélisation', il faut s'appuyer sur le socle de compétences pointues sur les dispositifs électromagnétiques, sans délaisser les recherches sur la conception par optimisation de systèmes et réseaux hétérogènes complexes.

Il faut cultiver les partenariats privilégiés pérennes, notamment au plan industriel et amplifier les relations internationales.

Il faut élaborer une politique de renforcement de cette thématique qui n'a connu aucun recrutement sur le précédent contrat, à travers le recrutement ou la promotion d'enseignant chercheur et la pérennisation d'un poste technique de haut niveau en soutien à la plate-forme logicielle fusionnée.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 27 novembre 2013 à 15h

Fin : 28 novembre 2013 à 17h

### Lieu de la visite

Institution : ENSAM

Adresse : 8, boulevard Louis XIV, 59000 Lille

### Deuxième site éventuel

Institution : Université de Lille 1

Adresse : L2EP, bâtiment P2, Cité scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq

### Troisième site éventuel

Institution : École Centrale de Lille

Adresse : Cité scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq

### Locaux spécifiques visités

Plate-forme 'Energies réparties' : site de l'ENSAM

Plate-forme eV, 'Electricité et Véhicules' : site de l'Université Lille 1

Bancs d'essais 'Electronique de Puissance' : site de l'Université Lille 1 et de l'École Centrale de Lille

Plate-forme code\_Carmel 3D : Dispositifs de caractérisation des matériaux magnétiques, site de l'Université Lille 1

Plate-forme Sophemis : site de l'École Centrale de Lille

### Déroulement ou programme de visite

Mercredi 27 novembre 2013

15h00 - 15h30	Réunion des membres du comité d'experts
15h30 - 15h40	Introduction de la visite par le délégué AERES, M. Bernard DAVAT
15h40 - 16h10	Présentation du bilan du L2EP par M. Francis PIRIOU
16h10 - 16h30	Présentation du bilan du thème 'Commande' par M <sup>me</sup> Betty LEMAIRE-SEMAIL et M. Alain BOUSCAYROL



16h30 - 16h50	Présentation du bilan du thème 'Electronique de Puissance' par M. Philippe LEMOIGNE
16h50 - 17h10	Présentation du bilan du thème 'Réseaux' par M. Benoît ROBYNS
17h10 - 17h40	Pause
17h40 - 18h20	Présentation du bilan des thèmes 'Modélisation' et 'Optimisation' par M. Stéphane CLENET, M. Michel HECQUET et M. Abdelmounaïm TOUNZI
18h20 - 19h00	Visite de la plate-forme 'Energies réparties'

#### Jeudi 28 novembre 2013

8h00 - 8h10	Accueil
8h10 - 8h40	Visite de la plate-forme eV, 'Electricité et Véhicules'
8h40 - 9h00	Visite des bancs d'essais 'Electronique de Puissance'
9h00 - 9h30	Présentation du code_Carmel 3D et visite des bancs d'essais de caractérisation des matériaux magnétiques
9h30 - 9h45	Pause
9h45 - 10h45	Entretiens avec les représentants du personnel (BIATSS, EC, doctorants)
10h45 - 11h00	Transfert à l'École Centrale de Lille
11h00 - 11h30	Présentation du projet du L2EP par M <sup>me</sup> Betty LEMAIRE-SEMAIL
11h30 - 12h30	Réunion avec les représentants des tutelles
12h30 - 13h45	Buffet avec les représentants des tutelles
13h45 - 14h15	Visite des bancs d'essais, École Centrale de Lille
14h15 - 14h30	Réunion avec les représentants des ED072 et ED432
14h30 - 15h00	Echanges avec le directeur M. Francis PIRIOU et le porteur du projet M <sup>me</sup> Betty LEMAIRE-SEMAIL
15h00 - 17h00	Réunion du comité d'experts à huis clos

#### Points particuliers à mentionner

M. Laurent NICOLAS, du Centre National de la Recherche Scientifique, a assisté à la visite de l'unité en tant qu'observateur.



## 6 • Observations générales des tutelles

Le Président de Lille1,

Sciences et Technologies

A

M. le Président de l'AERES

Objet : réponse au rapport sur le Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de  
Puissance

Vos références : E2015-EV-0593559Y-S2PUR150007500-005469-RT

Nos Réf : DIRVED -2014-315

M. Le Président,

Je tiens à remercier le comité de visite de l'AERES pour le temps consacré à l'évaluation, la  
qualité des échanges et d'écoute et les recommandations pertinentes proposées. Le L2EP  
s'engage à mettre en œuvre, dans les meilleurs délais, ces recommandations.

Vous trouverez ci-joint la réponse de la part du laboratoire ; elle comprend :

- Des demandes de corrections factuelles,
- des observations générales portant sur le rapport d'évaluation.

Je vous prie d'agréer, cher collègue, l'expression de toute ma considération.

Villeneuve d'Ascq, le 27 février 2014

Le Président de Lille1,  
Sciences et Technologies

P. Rollet



Le 27 février 2014

## REPONSE DU L2EP

L'équipe de Direction du L2EP ainsi que l'ensemble de ses membres tiennent à remercier le comité de visite pour la qualité du travail réalisé dans le cadre de l'évaluation. Le rapport rend fidèlement compte des activités de recherche des différentes thématiques et du fonctionnement du laboratoire

Ce rapport souligne l'« identité » du Laboratoire, l'originalité de certains thèmes majeurs, la qualité des recherches ainsi que l'« excellence de ses plates-formes ». Il nous conforte dans nos choix scientifiques et dans l'animation de notre unité afin de maintenir l'« excellente dynamique » qui a été reconnue.

En ce qui concerne les points à améliorer, la durée des thèses et la publication des doctorants dans des revues référencées, une sensibilisation forte sera menée auprès des principaux intéressés, et des directeurs de thèse, *via* le conseil scientifique et grâce aux différents jalons mis en place par le laboratoire pour le suivi du travail des doctorants. Ces deux points, dont nous comprenons la nécessité, retiendront toute notre attention au cours du prochain quinquennat.

Au niveau des projets internationaux et plus particulièrement des projets européens, sur la base des nombreuses relations internationales mises en place par le Laboratoire et d'ailleurs appréciées dans le rapport, une politique « volontariste » va être mise en œuvre afin de créer une dynamique de réponse aux appels d'offres institutionnels européens.

Enfin, pour la mutualisation des moyens humains et financiers, nous renforcerons notre politique avec l'aide de nos tutelles : une concertation annuelle de l'ensemble des tutelles permettra de coordonner les efforts en personnels d'une part. D'autre part, le laboratoire mettra en place une politique de gestion financière globale afin d'accroître le potentiel des actions mutualisées et plus particulièrement en direction de projets émergents.

\_\_\_\_\_ *Etablissement de votre correspondant*