

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005

Bilan scientifique 2011-2015



Nom de l'unité : Laboratoire Ampère

Acronyme : Ampère

Nom du directeur pour le contrat en cours : Laurent NICOLAS jusqu'au 1er avril 2012, Guy CLERC à partir du 1er avril 2012

Nom du directeur pour le contrat à venir : Bruno ALLARD

Type de demande :

Renouvellement à l'identique ☒
nihilo ☐

Restructuration ☐

Création ☒

Choix de l'évaluation interdisciplinaire de l'unité de recherche :

Oui ☐

Non ☒

Contenu

Contenu

I.	Présentation de l'unité	8
A.	Politique scientifique	8
1.	Présentation générale	8
2.	Les actions entreprises et les résultats obtenus	9
B.	Profil d'activités	10
C.	Ampère et son environnement	11
1.	Positionnement local, régional, national	11
2.	Positionnement international	12
3.	Participation aux instances nationales ou internationales	14
4.	Relations industrielles	14
5.	Publications	16
D.	Les grands projets	16
1.	ITE Supergrid	16
2.	Equipe de recherche commune LTE (IFSTTAR) / Ampère	16
3.	Unité sous contrat Ampère / INRA	17
4.	Laboratoire commun Safran / Ampère : IPES	17
E.	Organisation et vie de l'unité de recherche	17
1.	Structuration scientifique	17
2.	Pilotage et Organisation administrative	19
3.	Ressources matérielles et équipements lourds	21
4.	Ressources humaines	21
5.	Hygiène et sécurité	25
F.	Faits marquants inter départements	25
II.	Réalisations de l'unité de recherche	26
A.	Département MIS : Méthodes pour l'Ingénierie des Systèmes	27
1.	Présentation du département	27
2.	Actions de la recherche	28
3.	Positionnement, collaborations et partenariats	32
4.	Pertinence et Originalité	33
B.	Département Energie électrique	33
1.	Présentation du département	33
2.	Actions de la recherche	35
3.	Positionnement, collaborations et partenariats	40
4.	Pertinence et Originalité	40
C.	Département Bio ingénierie	41
1.	Présentation du département	41
2.	Actions de la recherche	43
3.	Positionnement, collaborations et partenariats	47
4.	Pertinence et Originalité	47
III.	Implication de l'unité dans la formation par la recherche	47
A.	Les masters	47
B.	La formation doctorale	48
IV.	Stratégie et perspectives scientifiques de l'unité	49
A.	Projets et objectifs scientifiques du Laboratoire	49
1.	Déclaration de politique générale	49
2.	Actions prévues et mise en œuvre	50
3.	Evolution de la structure du Laboratoire en départements et priorités scientifiques.	51
4.	Moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs affichés	52
B.	Département MIS	53
1.	Présentation générale	53
2.	Analyse SWOT	53
3.	(M1) Systèmes et performances	53
4.	(M2) Systèmes et multi-énergies	54
5.	(M3) Systèmes et Energies sûrs	54
C.	Département énergie électrique	55
1.	Présentation générale	55
2.	Analyse SWOT	55
3.	(E1) Composants haute-tension et constituants de réseaux	56
4.	(E2) Conversion sous contraintes sévères	56
D.	Département Bio-Ingénierie	57
1.	Présentation générale	57

2. Analyse swot	57
3. (B1) Exploration des communautés bactériennes en relation avec leur environnement.....	57
4. (B2) Manipulation à l'échelle micro/nanométrique.....	58
ANNEXES	59
Annexe 1 : Présentation synthétique département MIS	60
Annexe 1 : Présentation synthétique département Energie Electrique	63
Annexe 1 : Présentation synthétique département Bio Ingénierie	66
Annexe 2 : Lettre de mission contractuelle.....	69
Annexe 3 : Equipements lourds	71
A. Liste des équipements >10k€ pour le quinquennal	72
B. Liste des plateformes	75
Annexe 4 : Organigramme fonctionnel	77
A. Organigramme général.....	78
B. Pôle administratif et financier	78
C. Pôle scientifique et technique	79
Annexe 5 : Règlement intérieur	80
A. Préambule	81
B. Structure de l'Unité	81
C. Instances de l'Unité	81
D. Accueil et recrutements.....	82
E. Propriété, confidentialité et publications :.....	83
F. Hygiène et sécurité :.....	84
G. Utilisation des moyens informatiques.....	85
H. Utilisation des ressources techniques collectives.....	85
I. Missions.....	85
J. Formation.....	85
K. Horaires, congés, absences.....	86
L. ANNEXES.....	89
1. Annexe 1.....	89
2. Annexe 2.....	92
3. Annexe 3.....	94
4. Annexe 4.....	94
5. Annexe 5.....	94
Annexe 6 : Liste des réalisations.....	95
A. Synthèse des résultats.....	96
1. Production scientifique	96
2. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes.....	96
3. Département Energie électrique	98
4. Département Bio ingénierie	100
5. Interdépartements	101
B. Les indices de rayonnement.....	105
1. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes.....	105
2. Département Energie électrique	108
3. Département Bio ingénierie	112
C. Les produits destinés à des acteurs du monde social, économique et culturel	115
1. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes.....	115
2. Département Energie électrique	115
3. Département Bio ingénierie	115
4. Actions communes à tous les départements.....	115
Annexe 7 : Liste des contrats	116
A. Contrats institutionnels sur financement public (par équipe ou par thème) ;	117
1. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes.....	117
2. Département Energie électrique	118
3. Département Bio ingénierie	119
B. Brevets, contrats industriels, contrats sur financement privé... (par équipe ou par thème).	121
1. Contrats industriels ou sur financement privés	121
2. Brevets.....	125
Annexe 8 : Document unique d'évaluation des risques	134
A. Document unique Ecole Centrale – Bat H9	135
1. Inventaire des risques	136
2. Plan d'actions.....	140
B. Document unique UCBL – Bat Omega	141
1. Inventaire des risques	141
2. Plan d'actions	144
C. Document unique INSA- Bat Léonard de Vinci	146
1. Fiche d'identification et évaluation des Risques	146

2. Plan d'actions	151
D. Document unique INSA – Plateforme Fluid-Power.....	153
1. Fiche d'identification et évaluation des Risques	153
2. Plan d'actions	155
E. L'hygiène et la sécurité au Laboratoire Ampère	156
1. Structure de l'Hygiène et de la Sécurité au laboratoire AMPERE	156
2. Gestion des risques	156
Annexe 9 : Liste des personnels	158
A. Liste des personnels	159
B. Flux entrées sorties des personnels permanents	164
Annexe 10 : Fiches actions	166
Fiche Bio 1 : Décryptage du microbiote tellurique pour le développement de la Bio-ingénierie.....	168
1. Résumé	168
2. Introduction contexte	168
3. Description de l'activité.....	168
4. Positionnement, collaborations et partenariats	169
5. Faits marquants.....	169
6. Références	169
Fiche Bio 2 : Activité des microorganismes en milieux glacés	170
1. Résumé	170
2. Introduction contexte	170
3. Description de l'activité.....	170
4. Positionnement, collaborations et partenariats	171
5. Faits marquants.....	171
6. Références	171
Fiche Bio 3 : Microsystèmes pour la manipulation et la caractérisation de cellules	172
1. Résumé	172
2. Introduction/Contexte	172
3. Description de l'activité.....	172
4. Positionnement, collaborations et partenariats	173
5. Faits marquants.....	173
6. Références	173
Fiche EE 1 : Développements technologiques pour l'intégration de puissance	175
1. Résumé	175
2. Introduction/contexte	175
3. Description de l'activité.....	175
4. Positionnement, collaboration, partenariats	176
5. Faits marquants.....	176
6. Références	176
Fiche EE 2 : Composants : conception, caractérisation et modélisation	177
1. Résumé	177
2. Introduction/Contexte	177
3. Description de l'activité.....	177
4. Positionnement, collaborations et partenariats	178
5. Faits marquants.....	178
6. Références	178
Fiche EE 3 : Matériaux : modélisation et caractérisation.....	179
1. Résumé	179
2. Introduction/Contexte	179
3. Description de l'activité.....	179
4. Positionnement, collaborations et partenariats	180
5. Faits marquants.....	180
6. Références	180
Fiche EE 4 : Systèmes pour la gestion et le transport de l'énergie.....	181
1. Résumé	181
2. Introduction/Contexte	181
3. Description de l'activité.....	181
4. Positionnement, collaborations et partenariats	182
5. Faits marquants.....	182
6. Références	182
Fiche MIS 1 : Méthodes et outils multi-échelles pour l'analyse et la commande des systèmes multi-physiques	184
1. Résumé	184
2. Introduction contexte	184
3. Description de l'activité.....	184
4. Positionnement, collaborations et partenariats	185

5. Faits marquants.....	185
6. Références	185
Fiche MIS 2 : Méthodes et Outils pour la Conception et la Commande Robuste de Système	186
1. Résumé	186
2. Introduction/contexte.....	186
3. Description de l'activité.....	186
4. Positionnement, collaborations et partenariats	187
5. Faits marquants.....	187
6. Références	187
Fiche MIS 3 : Diagnostic, pronostic et supervision.....	188
1. Résumé	188
2. Introduction/contexte.....	188
3. Description de l'activité.....	188
4. Positionnement, collaborations et partenariats	189
5. Faits marquants.....	189
6. Références	189
Fiche MIS 4 : Identification, Observation & Capteurs Logiciels	190
1. Résumé	190
2. Introduction/contexte.....	190
3. Description de l'activité.....	190
4. Collaborations et Partenariats	191
5. Faits marquants.....	191
6. Références	191
Fiche MIS 5 : Commande et gestion d'énergie de systèmes mono ou multi-sources.....	192
1. Résumé	192
2. Introduction/contexte.....	192
3. Description de l'activité.....	192
4. Collaborations et Partenariats	193
5. Faits marquants.....	193
6. Références	193
Fiche MIS 6 : Amélioration de la Sûreté de Fonctionnement des Systèmes de Stockage de l'Energie	194
1. Résumé	194
2. Introduction/contexte.....	194
3. Description de l'activité.....	194
4. Positionnement	195
5. Faits marquants.....	195
6. Références	195
Fiche MIS 7 : Robotique médicale, apprentissage et assistance des gestes médico-chirurgicaux.....	196
1. Résumé	196
2. Introduction/contexte.....	196
3. Description de l'activité.....	196
4. Partenariats	197
5. Faits marquants.....	197
6. Références	197
Fiche <i>inter</i> 1 : Compatibilité Électromagnétique des Convertisseurs d'Électronique de Puissance.....	199
1. Résumé	199
2. Introduction/contexte.....	199
3. Description de l'activité.....	199
4. Positionnement, collaborations et partenariats	200
5. Faits marquants.....	200
6. Références	200
Fiche <i>inter</i> 2 : Commande en électronique de puissance pour la gestion d'énergie	201
1. Résumé	201
2. Introduction/contexte.....	201
3. Description de l'activité.....	201
4. Positionnement, collaborations	202
5. Faits marquants.....	202
6. Références	202
Fiche <i>inter</i> 3 : Modélisation, dosimétrie numérique des champs électromagnétiques	204
1. Résumé	204
2. Introduction/Contexte	204
3. Description de l'activité.....	204
4. Positionnement, collaborations et partenariats	205
5. Faits marquants.....	205
6. Références	205
Annexe 11 : Faits marquants.....	206

A11.1 Terragenome: Le sol garde (encore) ses mystères	207
1. Contexte et problématique	207
2. Descriptif et nature du fait marquant	207
3. Résultats	207
A11.2 Des microsystèmes pour explorer la biodiversité	208
1. Contexte et problématique	208
2. Descriptif et nature du fait marquant	208
3. Résultats	208
A11.3 SiC type P à fort dopage par VLS pour des composants actifs haute tension	209
1. Contexte et problématique	209
2. Descriptif et nature du fait marquant	209
3. Résultats	209
4. Perspectives	209
A11.4 Automatique et Fluid Power.....	210
1. Contexte et problématique	210
2. Descriptif et nature du fait marquant	210
3. Résultats	210
A11.5 ELEXC : ELeetric EXCavator	211
1. Contexte et problématique	211
2. Descriptif et nature du fait marquant	211
3. Résultats	211
A11.6 Electromobilité	212
1. Contexte et problématique	212
2. Descriptif et nature du fait marquant	212
3. Résultats	212
A11.7 Pile à Combustible Microbienne: L'énergie verte.	213
1. Contexte et problématique	213
2. Descriptif et nature du fait marquant	213
3. Résultats	213
A11.8 Veille sans consommation et réveil à distance de dispositifs électroniques	214
1. Contexte et problématique	214
2. Descriptif et nature du fait marquant	214
3. Résultats	214
4. Apports d'Ampère	214
5. Perspectives	214

I. Présentation de l'unité

Le Laboratoire Ampère a été créé au 1^{er} janvier 2007, par la fusion du CEGELY (Centre de Génie Electrique de Lyon) et du LAI (Laboratoire d'Automatique Industrielle de Lyon), et l'intégration de chercheurs spécialisés en microbiologie environnementale.

Notre unité comporte à ce jour 170 personnes, dont près de la moitié est constituée de doctorants. Elle a quatre tutelles : l'Ecole Centrale de Lyon à Ecully, l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, l'Université Claude Bernard Lyon 1 et le CNRS.

Nous sommes rattachés principalement à l'institut INSIS et secondairement aux instituts INS2I et INEE.

L'unité a un budget annuel moyen de 4.5M€ (hors salaire).

Son champ de recherche recouvre trois disciplines : le Génie Electrique, l'Automatique, et la Microbiologie Environnementale.

Les recherches menées au sein d'Ampère consistent à gérer et utiliser de façon rationnelle l'énergie dans les systèmes en relation avec leur environnement.

Si l'énergie, ou plus exactement le vecteur qui permet le transport de l'énergie, peut être électrique, pneumatique ou hydraulique, **le dénominateur commun de ces recherches réside dans les méthodes de traitement de l'énergie et de traitement de l'information**, qui sont, à la base, identiques quelle que soit la nature de l'énergie. Les systèmes étudiés ou utilisés sont généralement multi-physiques. Enfin, les interactions de ces systèmes entre eux ou avec leur environnement sont fondamentales, et il est indispensable de savoir les gérer.

La recherche développée au laboratoire consiste à comprendre les phénomènes physiques et à les modéliser afin de concevoir des systèmes par nature complexes : c'est donc une démarche générale d'ingénierie.

Le domaine de nos applications peut être la conversion et transport de l'énergie électrique, pneumatique ou hydraulique ou les systèmes biologiques.

Nos recherches sont basées à la fois sur une modélisation des différents phénomènes, pouvant nécessiter le développement de méthodes et d'outils spécifiques, et sur une expérimentation adaptée, à travers nos différentes plateformes et centres d'essais.

Des concepts, des modèles ou des méthodes permettent l'optimisation voire l'émergence de nouvelles technologies ; des démonstrateurs expérimentaux ouvrent par ailleurs sur de nouvelles problématiques. A mi-chemin, des actions visent à valider la faisabilité des concepts.

Le Laboratoire est structuré en 3 Départements scientifiques (cf. chapitre I.E.1):

- ❖ Méthodes pour l'Ingénierie des Systèmes (MIS)
- ❖ Energie Electrique (EE)
- ❖ Bioingénierie (BIO)

Mots-clefs :

- Matériaux du Génie électrique, Électronique de puissance, Haute-tension, Compatibilité électromagnétique, Modélisation électromagnétique, Systèmes de stockage d'énergie électrique.
- Automatique, Commande, Observation, Modélisation pluridisciplinaire, Dimensionnement, Optimisation, Diagnostic et sûreté de fonctionnement, Mécatronique, Fluid Power, Robotique médicale.
- Transferts de gènes et adaptation bactérienne, Ingénierie écologique.

Site WEB : <http://www.ampere-lab.fr>

A. Politique scientifique

1. Présentation générale

Le laboratoire a pour objectif de développer des recherches aux interfaces tout en conservant une excellence dans les disciplines de base. En effet, la signature de notre Laboratoire repose sur une forte pluridisciplinarité et interdisciplinarité, tout en nous basant sur des socles disciplinaires forts.

Si le spectre de nos recherches reste étendu, avec des domaines allant de l'Automatique au Génie Électrique, en passant par l'Electromagnétisme et la Microbiologie environnementale, nous avons affiché deux priorités scientifiques lors du quinquennal en cours :

- *le développement des concepts et techniques de l'ingénierie pour les appliquer aux systèmes biologiques (porté par les départements Bioingénierie et Méthodes pour l'ingénierie des systèmes).*

La bioingénierie se définit comme l'application des concepts et des techniques de l'ingénierie aux systèmes biologiques, dans les domaines des Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement.

Depuis les travaux pionniers de Monod, l'utilisation de bactéries dans l'industrie n'a pas cessé d'augmenter, avec des applications les plus diverses: chimie verte, pharmacologie, industrie agroalimentaire, bioremédiation...

La base de ces développements fantastiques est d'une part une connaissance de plus en plus poussée du vivant, et d'autre part la maîtrise de la technologie nécessaire pour tirer le meilleur profit de cette connaissance.

En se limitant au monde bactérien du sol, les progrès constants de la génomique permettent une compréhension de plus en plus approfondie des mécanismes qui gouvernent les écosystèmes : si on garde simplement à l'esprit qu'une fraction très faible (quelques pourcents) des espèces bactériennes est connue, on réalise que l'identification de nouveaux gènes d'intérêt va bénéficier des approches métagénomiques en cours, que le potentiel génétique à découvrir est énorme et l'exploitation future en termes de programmes de bioingénierie considérable.

Des approches pluridisciplinaires, faisant appel à la science des microsystemes et à des modélisations numériques poussées, permettront de répondre aux défis qui sont posés pour apporter des solutions aux grands enjeux environnementaux à l'échelle de la planète (l'énergie, l'eau de qualité, la réhabilitation des sols agricoles et industriels).

La bioingénierie apportera ainsi sa contribution à l'habitat autonome en énergie et respectueux de son environnement.

- *L'intégration des systèmes de puissance en améliorant leur efficacité énergétique et leur fiabilité.*

Les convertisseurs d'électronique de puissance sont largement utilisés dans la vie courante pour la conversion d'énergie électrique. Les domaines d'application sont très variés (transports terrestres et aériens, industrie, domestique, militaire et transport de l'électricité). De façon très générale, l'intégration en électronique de puissance vise à réduire l'encombrement et la masse des convertisseurs tout en améliorant le rendement et la fiabilité.

Dans un avenir proche, l'intégration de puissance ouvre de nouvelles perspectives qui pourront profiter de manière significative à notre société. La compacité des convertisseurs permettra de les rendre invisibles, par exemple en les intégrant dans la prise d'alimentation d'un appareil nomade ou bien sur l'actionneur lui-même pour les puissances plus élevées, limitant ainsi les problèmes liés au câblage.

L'intégration de puissance peut impliquer le fonctionnement de convertisseurs à de plus hautes températures. Le silicium atteint actuellement ses limites et les matériaux semi-conducteurs à large bande d'énergie interdite (« grand gap ») autorisent des montées en températures supérieures à 300°C et des montées en tension supérieures à 20 kV. Il faut néanmoins travailler sur l'environnement du semiconducteur (métallisation, report de puces, connexion, passivation, boîtier).

La compacité des convertisseurs est liée à l'augmentation des fréquences de découpage (également autorisée par le recours aux composants « grand gap »), permettant une réduction drastique de la taille des composants passifs. Pour les convertisseurs statiques, un rendement excellent est attendu, car les composants à semi-conducteur grand gap permettent de limiter les pertes.

Des convertisseurs haute tension seront réalisables, en réduisant ainsi le nombre de composants (15, 25 voire 50 kV en SiC) associés en série pour les applications de transport et distribution de l'énergie électrique.

Le laboratoire Ampère a la particularité de traiter une large gamme de verrous scientifiques liés à l'intégration de puissance : conception, suivi de fabrication et caractérisation de composants de puissance, conception et caractérisation de composants passif intégrés, conception de circuits de commande des composants de puissance, packaging et assemblage de puissance, conception et caractérisation de convertisseurs de puissance innovants.

2. Les actions entreprises et les résultats obtenus

Afin de répondre à nos objectifs scientifiques, nous avons mis en place ou poursuivis un certains nombres d'actions :

- Séminaires

Le laboratoire organise des séminaires ouverts d'une part à l'ensemble du personnel, et lorsque le sujet s'y prête aux laboratoires concernés par les thématiques abordées.

Le rythme de ces séminaires est de 1 tous les 15 jours à 3 semaines.

Lien Internet: <http://www.ampere-lab.fr/spip.php?rubrique146>

- Appel à projets internes

Un prélèvement de l'ordre de 20% des budgets de fonctionnement est effectué sur les contrats. Il permet de financer des projets internes (CR du conseil de laboratoire du 2 avril 2008). Deux types de projets internes sont considérés : des projets de recherche « amont », et des projets d'intérêt général (mise en sécurité d'un local, travaux, etc.). Les projets de recherche amont sont classés selon les critères suivants : soutien aux sujets transversaux dans des thématiques scientifiques différentes avec justification de la transversalité, soutien aux sujets émergents, soutien à une démarche de reprise en main de la recherche à travers un contrat d'objectif.

Le conseil de laboratoire valide les demandes. Les financements sont offerts en fonction des crédits et des contrats disponibles.

- Organisation de groupes de travail sur les thématiques transversales

Nous avons mis en place des groupes de travail et de coordination sur deux thématiques transversales émergentes pour renforcer les collaborations entre les chercheurs des différents départements. Deux actions ont retenu notre attention :

○ La pile à combustible microbienne (biopiles)

Les Piles à Combustible Microbiennes (PCM) utilisent le métabolisme de micro-organismes pour générer de l'énergie électrique à partir de matière organique.

Un des objectifs est d'améliorer les performances de ces biopiles et de développer des circuits électroniques permettant de récupérer l'énergie à partir de plusieurs biopiles connectées en série et/ou en parallèle. Cette association est nécessaire (notamment pour élever la tension et la puissance à des niveaux acceptables) pour viser des applications telles que l'alimentation de dispositifs nomades (de différents secteurs du marché, mobiles, du monde médical, en passant par celui du jouet et autres dispositifs tels que les réseaux de capteurs).

Cette activité a permis de développer trois projets collaboratifs :

PEPS Bactricité : L'objectif de ce projet est d'étudier théoriquement et expérimentalement l'adhésion de bactéries électroactives sur différentes surfaces conductrices et de déterminer les conditions les plus favorables à leur adhésion.

PEPS GEPAM : Gestion d'énergie de pile autonome microbienne issue de la mangrove Guyanaise. Il s'agit d'utiliser une nouvelle technologie de production d'énergie renouvelable : la pile à combustible microbienne benthique.

Partenaire : Laboratoire des Matériaux et Molécules en Milieu Amazonien (L3MA) /UMR Ecologie des Forêts de Guyane (Ecofog), Université des Antilles et de la Guyane.

PEPS ELMFC - Electrodes for Microbial Fuel Cell en 2012 sur les matériaux d'anode des piles microbiennes.

Projet MOM : Valorisation de la biodiversité microbienne des sols de mangroves de Guyane en tant que source d'énergie renouvelable pour l'alimentation de capteurs autonomes.

Partenaire : Laboratoire des Matériaux et Molécules en Milieu Amazonien (L3MA) /UMR Ecologie des Forêts de Guyane (Ecofog), Université des Antilles et de la Guyane.

○ Champs électromagnétiques et Bio

L'interaction champ électromagnétique/matériau biologique est abordée sous différents angles :

- *Caractérisation des propriétés électromagnétiques des organismes vivants*

La démarche adoptée par l'équipe consiste à faire le lien entre les propriétés électromagnétiques de la cellule élémentaire et les entités de niveau supérieur en terme de complexité (tissus, organe...).

Thèses : Julie LAFORET-AST (2010), Amal EL GADDAR (2013).

- *Le développement de modèles macroscopiques et de méthodes permettant de connaître l'effet des champs électromagnétiques sur les êtres vivants.*

Cette action permet par exemple d'évaluer les effets de l'exposition non volontaire aux champs électromagnétiques ($f < 1$ GHz). Elle vise également à optimiser des méthodes thérapeutiques exploitant l'effet des champs électromagnétiques au niveau cellulaire. Citons à titre d'exemple l'ANR MEMOVE (INRIA, IGR, Ampère).

- Le développement de microsystèmes permettant de manipuler et trier sans contact des cellules élémentaires. Ces systèmes utilisent les techniques de diélectrophorèse, magnétophorèse en liaison directe avec l'application des champs électromagnétiques mais également d'autres techniques comme les ondes acoustiques de surface:

Thèses : Jérémy PIVETAL (2013), Osman OSMAN (2014), Sylvain TORU (2014).

Contrats : ANR EMERGENT (Ampère, Institut NEEL, G2eLab) : manipulation de cellules ayant intégré de l'ADN marqué par des nanoparticules magnétiques.

B. Profil d'activités

Unité/Équipe	Recherche académique (%)	Interactions avec l'environnement (%)	Appui à la recherche (%)	Formation par la recherche (%)
Ensemble	77	10,5	3,5	9
dont Département MIS	75	13,5	3,5	8
dont Département Energie	74,5	12,5	2	11
dont Département Bio ingénierie	72,5	6	8,5	13

Le tableau a été construit à partir des paramètres suivants :

Recherche académique	Recherche académique
Interaction avec l'environnement	Activité contractuelle, relations industrielles
Appui à la recherche	Direction Laboratoire, Direction département, Direction

	groupe, Direction Ecole Doctorale, DAS, Responsabilité de programme ANR, Autre (CNU, ...)
Formation par la recherche	Activité dans un master recherche, encadrement doctorant,...

Le laboratoire Ampère a trouvé un équilibre entre recherche académique et interaction avec le milieu industriel. Cela repose sur notre démarche générale d'ingénierie et notre profil pluridisciplinaire (Bio ingénierie, Automatique et Génie électrique).

Par ailleurs nos enseignants-chercheurs sont fortement impliqués dans l'enseignement du Génie Electrique sur nos trois établissements ECL, INSA et UCBL et de l'Automatique sur l'INSA et l'ECL. Sur l'ECL, nous participons aux enseignements de la biologie avec une approche système.

C. Ampère et son environnement

1. Positionnement local, régional, national

a. **Mise en place de structures collaboratives**

Plusieurs structures collaboratives ont été mises en place durant ce quinquennal : l'ITE Supergrid, l'Equipe de recherche commune avec LTE/Ampère, l'Unité sous contrat INRA/Ampère, le LIA James Clerk Maxwell et le LIA WIDE, le laboratoire commun IPES (SAFRAN / Ampère).

Elles seront détaillées dans le chapitre D sur les grands projets.

b. **Groupe collaboratifs locaux : Gravir**

Le Groupe de Recherche Avancée sur les Véhicules Routiers (GRAVIR) est un groupe de recherche interlaboratoires entre le LaMCoS (Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures –CNRS UMR 5259–) et le laboratoire Ampère. Il se situe dans le cadre du Programme de Partenariat Académique du groupe Volvo avec l'INSA de Lyon. Les objectifs pour les deux laboratoires LaMCoS et Ampère sont de mettre en commun leurs compétences d'une part en dynamique du véhicule, et d'autre part, en automatique.

c. **Participation aux ARC Région Rhône Alpes**

Le Laboratoire Ampère participe de manière active aux ARC 6 / TIC et usages informatiques innovants, ARC 4 / Energie.

d. **Participation aux pôles de compétitivité**

Le Laboratoire Ampère est en lien avec le pôle de compétitivité LUTB Transport and mobility systems, centré sur le transport de personnes et de marchandises en milieu urbain, et ponctuellement avec les pôles :

- Axelera, spécialisé dans la Chimie et l'Environnement
- Tenerrdis : innovation pour les énergies renouvelables.
- MOV'EO, centré sur l'Automobile et les Transports publics
- ASTech, dans le domaine de l'Aéronautique, de l'Espace et des systèmes embarqués
- ViaMeca dont les thématiques sont l'ingénierie des surfaces, les Procédés avancés de fabrication, les systèmes intelligents et l'ingénierie des usages et des services

e. **Participation aux Groupements de Recherche (GDR)**

(1) **GDR STIC/Santé**

Depuis sa création, le GDR [STIC/Santé](#), dans la logique de son rôle d'animation, a servi de point de communication entre les différentes communautés impliquées dans le domaine des développements méthodologiques et technologiques pour la médecine, ce qui nous a permis d'identifier un grand nombre de laboratoires plutôt dispersés sur le territoire et de les rassembler autour de journées de réflexion sur des thèmes communs. Ceci a conduit à la mise en œuvre d'actions spécifiques, soutenues dans le temps, ainsi que d'un certain nombre de rencontres interdisciplinaires qui sont maintenant notre fond d'investissement.

Dans ce [GDR](#), Tanneguy Redarce, co-anime le thème F. Ce thème s'articule autour de trois thématiques :
Modélisation et visualisation d'organes, Outils d'apprentissage, Interaction Homme/Machine.

(2) **GDR Seeds**

Le GDR [SEEDS](#) (Systèmes d'Energie Electrique dans leur Dimension Sociétale) fédère l'ensemble des laboratoires et équipes académiques de génie électrique (du CNRS, du Ministère de la Recherche, et d'autres organismes de recherche).

Le laboratoire Ampère s'est largement impliqué dans le GDR SEEDS. Hervé Morel a été directeur du GDR jusqu'au 1er janvier 2012. Bruno Allard et François Buret sont membres du comité de pilotage. Par ailleurs, le laboratoire Ampère a participé à la plupart des grands projets portés par ce GDR : projet Mocosymec (ANR/Cosinus), projet ISS2

Ampère gère des tutoriels et séminaires de l'organisme Européen ECPE, pour le compte du GDR SEEDS.

(3) **GDR MACS :**

Le GDR [MACS](#) est un le groupe de recherche Modélisation Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques : Co-animation du GT SAR (Systèmes à Retards : Théorie et applications), Co-fondateur du GT SYSME (Systèmes Mécatroniques). Participations régulières aux Groupes de Travail : AA (Automatique et Automobile ; organisation par Ampère des journées du GTAA 2016), CSE (Commande des Systèmes Électriques (groupe inter GDR MACS/SEEDS)), SDH (Systèmes dynamiques hybrides), SYSME (Systèmes Mécatroniques).

(4) **GDRI DELSYS :**

Créé en 2011, le GDR [DelSys](#) (Delay Systems/Systèmes à retard) est un réseau visant à organiser et coordonner la recherche en Europe dans le domaine des systèmes à retard. Un des objectifs est de mieux comprendre les effets des retards sur la dynamique des systèmes interconnectés. Participation d'Ampère dans la création de ce GDR international et présentations lors de Workshops annuels.

(5) **GDR Biopiles Enzymatiques et Microbiennes (GDR 3540)**

Le GDR est consacré de manière générale aux Biopiles avec un axe original qui concerne les piles implantables dans l'organisme humain où elles puisent directement leurs ressources énergétiques (oxygène et matière organique). Une des applications visées par ce type de pile est l'alimentation d'implant à faible consommation d'énergie, par exemple un pacemaker, afin d'augmenter leur durée de vie. Le Laboratoire a obtenu cette année une Allocation de Recherche de la Région Rhône-Alpes dans ce domaine, conjointement avec le Laboratoire de Chimie Moléculaire de Grenoble dirigé par Serge COSNIER (porteur du GDR).

f. **Labex**

(1) **Imust**

Le projet [iMUST](#) développe une recherche interdisciplinaire de la physique-chimie fondamentale à l'ingénierie des matériaux, des procédés et des écotechnologies. Dans le domaine des matériaux et procédés, la recherche est menée, de l'atome aux échelles nano, méso et macro, pour la conception et la fabrication de matériaux composites. Le domaine des écotechnologies vise à développer des solutions respectant les contraintes sociétales et environnementales au travers du contrôle et de la miniaturisation des procédés industriels et pour les transports. Les départements Bio-Ingénierie et Energie électrique participent au projet Imust.

Site Web : <http://www.labeximust.org/>

(2) **PRIMES**

Le Labex [PRIMES](#) (Physique, Radiobiologie, imagerie médicale et simulation) a pour objectif de développer de nouveaux concepts et méthodes pour l'exploration, le diagnostic et la thérapie du cancer et des pathologies associées au vieillissement. PRIMES recouvre des domaines variés allant de la physique fondamentale à l'instrumentation, de la radiobiologie à l'acquisition et au traitement de données et à la reconstruction d'images, simulation et modélisation à l'aide de l'informatique. Le groupe Bioélectromagnétisme et microsystème est impliqué dans ce labex.

Site Internet : <http://primes.universite-lyon.fr/>

(3) **GANEX**

Le Labex [GANEX](#) a pour objectif la recherche sur les matériaux « grand gap » en particulier sur les GaN.

Les objectifs scientifiques se répartissent selon 6 axes thématiques : DELs et éclairage, Laser et sources cohérentes, Electronique de puissance, Electronique avancée et haute fréquence, Capteurs et MEMS, Photovoltaïque et convertisseurs d'énergie.

Site Internet : <http://www.ganex.fr/index.htm>

g. **Autres projets d'excellence**

- Plateforme IVTV (Le projet d'Equipements d'excellence Ingénierie et Vieillessement des Tissus Vivants). Nombre de chercheurs Ampère impliqués : 9
Le Laboratoire Ampère est impliqué dans la tâche 1 « Fundamental research » du work package 6 (responsable L. Vico) « Tissue Engineering ». Le Génie tissulaire est un domaine interdisciplinaire émergent qui vise à répondre, par l'application conjointe des principes de la biologie et de l'ingénierie, aux besoins de développement de substituts viables qui permettent de restaurer et/ou maintenir la fonction des tissus humains (des os, du cartilage, des dents, de la peau, des ligaments ...). Le but de cette mission est de développer de nouveaux dispositifs permettant d'étudier la biologie cellulaire en contrôlant les paramètres environnementaux tels que la composition des biomatériaux et leur microstructure, les contraintes mécaniques ou/et électriques pour les différentes cellules impliquées dans le processus de vieillissement des tissus.
Site WEB : <http://ivtv.ec-lyon.fr/index.php>
- Le projet [GENOME/PREMIER](#) (GESTION Optimisée de l'Energie) est financé dans le cadre des Investissements d'Avenir pour l'aéronautique et son financement a débuté en 2014. Le laboratoire Ampère est impliqué à plusieurs niveaux : étude de la maturité des composants de puissance à grand gap (SAFRAN), étude de la fiabilité des assemblages de puissance (SAFRAN), modélisation des matériaux magnétiques (THALES) et optimisation d'un convertisseur SIC à haute fréquence (SAFRAN).

2. **Positionnement international**

Le laboratoire Ampère bénéficie d'une large implantation internationale. Plus 70 actions ont été entreprises à l'international avec les pays suivant : Algérie, Allemagne, Belgique, Brésil, Canada, Cameroun, Colombie, Espagne, Etats-Unis, Finlande, Indonésie, Irlande, Israël, Italie, Liban, Maroc, Pays Bas, Pologne,

République Tchèque, Russie, Slovaquie, Suède, Tunisie. Elles portent soit sur des contrats Européens, des projets internationaux, des thèses en cotutelle, ou des collaborations bilatérales directes entre laboratoires.

Le laboratoire Ampère est fondateur de deux Laboratoires Internationaux Associés : LIA franco-brésilien James Clerk Maxwell et LIA franco-espagnol WIDE.

Il est membre du :

- Centre de compétence européen en électronique de puissance (ECPE),
- Réseau d'excellence européen du Fluid Power (FPCE <http://www.fpce.net>)
- Consortium international pour la métagénomique du sol Terragenome.

Pour une liste exhaustive de nos collaborations internationales, on se référera aux alinéas « Liste des collaborations internationales » de l'annexe 6, paragraphe B.1.a pour le département MIS, B.2.a pour le département Energie électrique et B.3.a pour le département Bio ingénierie.

a. **LIA**

(1) **LIA franco-brésilien James Clerk Maxwell**

Créé en 2009 et renouvelé pour 2013-2016 (voir le [dossier de renouvellement](#) et les [Actualités](#)), le LIA James Clerk Maxwell (LIA-817 Maxwell) comporte une cinquantaine de chercheurs permanents de deux laboratoires français (G2ELab UMR5269 et Ampère UMR5005) et de 3 équipes de recherche brésiliennes réparties sur les Universités Fédérales de Santa Catarina et de Minas Gerais, et à l'Ecole Polytechnique de l'Université de São Paulo. Les principaux thèmes de recherche concernent **les modèles numériques pour l'électromagnétisme**, les **méthodologies de conception et d'optimisation** de dispositifs et systèmes, la construction de **modèles des matériaux complexes**.

(2) **LIA franco espagnol WIDE-Lab**

Le laboratoire International associé « [WIDE-Lab](#) », regroupe trois partenaires : Ampère et le LAAS ainsi que le IMB/CNM du CSIC Barcelone autour des technologies Grand Gap. Les axes de recherche sont la conception et la fabrication de composants avancés, l'intégration fonctionnelle, le développement de technologies spécifiques permettant l'augmentation des températures de fonctionnement au niveau composants et système et l'encapsulation de composants actifs et passifs.

b. **Réseaux et consortium**

(1) **Centre de compétence européen en électronique de puissance**

Le laboratoire Ampère est partenaire d'ECPE et représente très largement le pôle ISP3D (Intégration des Systèmes de Puissance) du GDR Seeds. Il apporte ses compétences autour de la conception, du suivi de fabrication et de la caractérisation spécifique des composants à base de semiconducteur à large bande d'énergie interdite. Le laboratoire Ampère participe à des projets de recherche amont et organise annuellement des tutoriels et des séminaires. Il possède des équipements spécifiques dédiés notamment au SiC, GaN et Diamant (logiciel par éléments finis, bancs de caractérisation).

Les partenaires internationaux : LIA Wide-Lab, CPES (Virginia Tech), Fairchild (S), IMM de Bologne (I), CNM de Barcelone (E), SEEDS (F).

(2) **Réseau d'excellence du Fluid Power**

Le laboratoire Ampère est membre fondateur du réseau européen du Fluid Power Centre in Europe (FPCE : <http://www.fpce.net>), organisation rassemblant les principaux laboratoires ou institutions européens dans le domaine, ayant pour objectif la coordination des conférences et congrès scientifiques, la formation (masters, PhD et post-doctorats), ainsi que la réponse coordonnée à des appels d'offre européens ou industriels.

Partenaires : le Laboratoire Ampère, Tampere Univ. of Technology - Department of Intelligent Hydraulics and Automation, Warsaw Univ. of Technology - Institute of Automatic Control and Robotics, Rheinisch-Westfälische-Technische Hochschule - Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen, TU Braunschweig - Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, TU of Hamburg-Harburg - Institute of Product Development and Engineering Design, Johannes Kepler Univ. Linz - Institute of Machine Design and Hydraulic Drives, Linz Center of Mechatronics GmbH - Advanced Electrical and Hydraulic Drives and Actuators, Istituto Italiano di Tecnologia - Department of Advanced Robotics, TU Darmstadt - Fluid Systems Technology.

(3) **Consortium international pour la métagénomique du sol Terragenome**

Le laboratoire Ampère est membre fondateur du consortium international [Terragenome](#). Ce consortium a pour objectif l'étude du microbiote des sols en utilisant principalement l'approche métagénomique et le séquençage massif de l'ADN directement extrait de l'environnement. Initialement développé pour le séquençage du métagénome d'un sol de référence localisé à Rothamsted (UK) les objectifs du projet Terragenome se sont élargis pour prendre en compte les travaux réalisés sur les sols à l'échelle mondiale. Soutenu par la NSF (USA) dans le cadre d'un RCN (research coordination network), Terragenome est actuellement coordonné par le Pr David Myrold du Dpt of Crop and Soil Science à Oregon State Univ. (USA). Terragenome est un réseau très actif avec l'organisation de nombreux [congrès et ateliers](#).

Partenaires fondateurs: Laboratoire Ampère ; Lawrence Berkeley National Lab., Berkeley, USA ; Rothamsted Research, Harpenden, UK ; Michigan State Univ., East Lansing, USA; Univ. of Groningen, Haren, The Netherlands; Oxford Univ., Wallingford, UK; INRA/Univ. de Bourgogne ; Oregon State Univ., Corvallis, USA.

c. Contrats Européens

Contrat	Objet	Etablissement Porteur	Correspondant Ampère
I-smart	Réalisation de détecteurs de neutrons en SiC sur la base des développements technologiques pour les composants de puissance. Intégration en SiC de l'électronique de commande pour un fonctionnement à haute température.	INSA	Lazar Mihai
Thor	Ce projet CATERENE/EURIPIDES a pour but de démontrer avec un haut niveau de finition l'intérêt des composants de puissance à semi-conducteur grand gap dans 3 domaines applicatifs (automobile, aéronautique, médical).	INSA	Allard Bruno
Metaexplore	Ce projet regroupe 18 participants du Pays Bas, Danemark, France, Suède, Grande Bretagne, Allemagne, Belgique, Finlande, Italie, Slovaquie et Argentine. L'objectif est de développer et appliquer un outil permettant de cloner et séquencer les métagénomes de la communauté microbienne de sol et habitats aquatiques, et cible en particulier des enzymes impliqués dans la biodegradation de molécules xénobiotiques récalcitrantes.	C'innov	Vogel Timothy
Misafe	Ce projet vise à déterminer si l'analyse du microbiote tellurique peut être utilisée comme méthode <i>forensique</i> pour résoudre des questions d'ordre légal / criminel.	C'innov	Simonet Pascal
Nora	Application des approches métagénomiques appliquées sur l'ADN extrait des micro-environnements de sol pour comprendre la régulation des activités bactériennes impliquées dans le cycle de l'azote et la production de gaz à effet de serre.	ECL	Simonet Pascal
Trainbiodiverse	Trainbiodiverse est un projet Européen Marie Curie impliquant 18 participants dont le but est d'évaluer et améliorer la qualité de la biodiversité de sols européens, ainsi que de fournir une information pertinente aux décideurs (corps administratif, politiques) afin d'améliorer la législation concernant l'écosystème et la production agricole en Europe.	ECL	Vogel Timothy
Osiris	Osiris est un projet impliquant 31 participants dont l'objectif est de développer une stratégie de tests intégrée (ITS) conformes avec REACH (règlement sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques), permettant aux décideurs d'augmenter de manière significative l'utilisation d'informations autres que celle issue de tests chez l'animal – et donc de réduire d'autant le nombre de ces derniers.	CNRS	Vogel Timothy
Powerswipe	Le projet a pour objectif le développement d'un convertisseur DC-DC haute fréquence (200 MHz). Le système associera des composants passifs intégrés et des composants CMOS dans un concept d'intégration de système in package.	UCB	Martin Christian
Openprod	Développement d'un environnement de modélisation et de simulation ouvert intégrant Eclipse et l'outil OpenModelica.	INSA	Marquis-Favre Wilfrid
Modrio	Environnements de modélisation et simulation basée sur des normes ouvertes pour augmenter l'énergie et la sécurité des systèmes de transport, la fiabilité et la performance tout au long de leur cycle de vie.	INSA	Marquis-Favre Wilfrid

3. Participation aux instances nationales ou internationales

Le laboratoire Ampère a un rayonnement reconnu tant à travers les structures d'animation que la diffusion des connaissances. Un tableau synthétique de l'implication de nos membres dans les différentes instances, à toutes échelles (locale, nationale, internationale) figure en annexe 6 paragraphe B1a pour le département MIS, B2a pour le département énergie électrique et B3a pour le département bio-ingénierie.

En particulier nous pouvons citer :

- H. Morel a été le Responsable du programme PROGELEC de l'ANR du 01/01/12 au 01/04/14
- L. Nicolas est Directeur adjoint scientifique CNRS / INSIS depuis 2012

4. Relations industrielles

Le laboratoire Ampère est largement impliqué dans le tissu industriel régional et national. Citons à titre d'exemple des coopérations avec :

Areva, Adeneo, EDF, IRISBUS, Libragen, NEXANS, PSA Peugeot-Citroën, Renault, Safran, Siemens, SNCF, Sanofi Pasteur, Schneider Electric, ST Microelectronics, VALEO, Volvo Trucks, Alstom (Transport, Grid), SICAME, ...

Par ailleurs nous adhérons aux pôles de compétitivité : Axelera, LUTB Transport & Mobility Systems, MOV'EO, Tennerdis.

Une liste exhaustive de nos contrats est donnée en annexe 7.

a. Répartition des ressources de l'Unité en euros¹

	2010	2011	2012	2013	Moyenne
Subvention Etat	206 480	251 067	203 265	188 844	212 414
FEI (CNRS)	66 532	93 879	69 676	76 650	76 684
Dotation ministère TOTAL	139 948	157 188	133 589	112 194	135 729,75
UCB	37 999	74 738	79 152	60 674	63 140,75
ECL	52 427	59 591	45 659	41 392	49 767,25
INSA	49 522	22 859	8 778	10 128	22 822
PRES/établissement/GDR	20 000	27 550	48 714	100 461	49 181
CARNOT/C-Innov	66 289	63 283	65 260	35 580	57 603
Ressources contractuelles	4 253 035	2 415 977	3 290 316	3 932 944	3 473 068
Contrat industriel dont Cifre	446 795	450 690	336 372	464 195	424 513
Prestation	0	75 254	41 569	0	29 206
ANR	154 0638	739 255	611 414	108 9884	995 298
ADEME/INRA	0	45 001	140 708	45 556	57 816
Région Rhône-Alpes	86 944	367 669	144 965	63 396	165 744
FUI/FRAE	0	417 262	106 3914	641 325	530 625
Europe	794 453	96 300	715 074	691 128	574 239
Ministère/DGA	0	224 546	236 300	378 958	209 951
Investissement d'avenir	0	0	0	558 502	139 626
Autres	138 4205	0	0	0	346 051
Total	4 459 515	2 667 044	3 493 581	4 121 788	3 685 482

b. Répartition des crédits par département - moyenne annuelle (2009 - 2013) Moyenne sur 5 ans

	Département Energie électrique	Département Bio-Ingénierie	Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes
Contrats industriels (Cifre, Contrats industriels, prestation, autres)	310 799	49 836	353 698
Contrats institutionnels hors ANR (ADEME, FUI, FRAE, Région, Ministère, DGA Investissement d'avenir, Carnot, Feder)	1 428 248	176 000	581 479
ANR	358 874	412 983	294 080
Contrats Européens	264 997	350 717	0 ^{*1}
Total	2 362 918	989 536	1 229 257

^{*1} Contrats Européens désigne l'origine du financeur. Dans les contrats institutionnels on retrouve des projets Européens.

¹ Les ressources sont comptabilisées à la date de signature

c. **Répartition de la gestion des crédits par tutelle**

Gestion des crédits (k€)*	2010	2011	2012	2013	Moyenne annuelle	%
CNRS	1 312 345	1 361 161	1 361 843	1 018 978	1 263 582	26%
ECL	2 429 585	1 173 027	869 165	1 279 893	1 437 917	30%
INSA	742 616	1 093 589	3 140 895	1 689 642	1 666 685	34%
UCBL	423 416	534 118	465 624	457 795	470 238	10%

* Gestion des crédits avec ECL & C'INNOV, INSA & INSAVALOR, UCB & EZUS

d. **Synthèse**

- Crédits : 4 838 K€ (moyenne annuelle 2010-2013), plus de 80 % sur projets
- Crédits industriels directs avec l'industrie : 12%,
- Répartition selon les sources (moyenne 2010-2013) :

Subventions Ministère - CNRS	Europe	Région	ANR	Institutionnel (ADEME, FUI, Ministères...)	Industriel	Autres
8,5%	15,5%	4%	26,5%	21%	12%	12,5%

5. **Publications**

a. **Evolution globale sur la période 1^{er} janvier 2009 au 1^{er} janvier 2014**

	2009	2010	2011	2012	2013	Total	Moyenne
RICL	49	51	71	75	67	313	63
CICL	84	71	124	92	76	447	89
INV	10	6	3	1	5	23	6
Autres	51	31	24	19	23	148	30
Brevets	4	2	3	8	3	20	4
TH	11	17	25	21	28	102	20.4

b. **Publication par département du 1^{er} janvier 2009 au 1^{er} janvier 2014**

	Bio-Ingénierie	Energie électrique	MIS
RICL	79	97	134
CICL	45	140	282
INV	16	1	9
Autres	50	24	24 + 10
Brevets	1	9	11
TH	13	35	54

D. **Les grands projets**

Le laboratoire Ampère s'est engagé dans la structuration d'un ITE, de deux équipes communes et d'un laboratoire commun Safran/Ampère.

1. **ITE Supergrid**

L'ITE Supergrid (Institut pour la Transition Energétique), porté par Alstom Grid, regroupant les partenaires privés Alstom Grid, Alstom Power, Alstom Hydro, Nexans, RTE, Vetinner, Novasic, IBS et les partenaires publics CNRS, UCBL, INSA Lyon, ECL, INP, Supélec représentant les laboratoires publics : Ampère, Institut Camille Jordan, L2S (Supelec) et Cremhyg (Grenoble), G2Elab. SuperGrid concerne le système de transport de l'énergie électrique ultra haute tension continu et alternatif (jusqu'à 1 million de volts), capable d'acheminer et d'interconnecter l'énergie produite par des fermes éoliennes ou photovoltaïques éloignées des centres de consommation. Cet ITE implique les départements Energie électrique et Méthodes pour l'ingénierie des systèmes.

2. **Equipe de recherche commune LTE (IFSTTAR) / Ampère**

Cette équipe de recherche commune intègre des personnels du département MIS et de l'équipe de recherche Véhicules Electriques et Hybrides (VEH) du LTE-IFSTTAR.

Les recherches de l'équipe commune visent à réduire la consommation de l'énergie fossile et la pollution des véhicules à travers deux thèmes qui sont : la gestion de l'énergie embarquée, le stockage et la génération de l'énergie pour les transports.

Le stockage, la gestion de l'énergie et la durée de vie des composants restent trois des problématiques principales et interdépendantes des véhicules innovants. L'optimisation des véhicules hybrides et électriques en termes de commande globale, de taille et de durée de vie des composants est primordiale pour une possibilité

d'introduction massive. Les critères d'optimisation, jusque-là axés essentiellement sur la consommation d'énergie en utilisation (équivalent aux émissions de CO₂ pour les énergies fossiles), doivent intégrer progressivement d'autres aspects tels que les émissions de polluants et la durée de vie des composants en allant vers une démarche de type Analyse de Cycle de Vie (ACV) incluant la disponibilité et le coût de certains matériaux comme le lithium pour les batteries et le néodyme pour les moteurs à aimants permanents.

3. Unité sous contrat Ampère / INRA

Plusieurs des problématiques scientifiques abordées par le groupe « GME » sont en accord avec les thématiques du département SPE de l'INRA et plus globalement des métaprogrammes. L'Unité sous contrat vise à renforcer significativement le potentiel de recherche de l'équipe « GME » du laboratoire Ampère (UMR CNRS 5005, ECL, INSA et UCBL) et le département Santé des Plantes et Environnement (SPE) de l'INRA.

Trois thématiques de recherche du groupe GME remplissent ce critère de complémentarité avec les actions conduites à l'INRA.

La première thématique est liée au décryptage du potentiel taxonomique et fonctionnel du sol.

La seconde thématique concerne la bioremédiation des sols pollués avec une application à la dégradation de la chlordécone (produit phytosanitaire désormais interdit pour sa toxicité et sa persistance, mais utilisé lourdement aux Antilles françaises par le passé).

La troisième thématique « Evaluation du potentiel de transfert de l'ADN des transgènes des plantes transgéniques aux bactéries de l'environnement et impact de ces plantes sur la structure des communautés bactériennes du sol » a trait à une problématique concernant directement l'INRA mais qui y est peu soutenue.

4. Laboratoire commun Safran / Ampère : IPES

Ce laboratoire commun est une unité de recherche CNRS, réunissant le partenaire industriel SAFRAN et le laboratoire Ampère. Il affiche une thématique stratégique. Nous avons choisi comme thématique : Intégration de Puissance en Environnement Sévère, IPES.

De nombreuses collaborations existent déjà entre SAFRAN et le laboratoire Ampère.

Les axes de recherche sont :

1. Modules de puissance pour environnement sévère
2. Circuits de commande de convertisseurs en environnement sévère
3. Composants passifs pour le filtrage, l'isolation des commandes ou les filtres CEM
4. CEM des systèmes de puissance
5. Diagnostic et pronostic

Certains points ont une portée « horizontale » dans la mesure où ils interagissent dans plusieurs axes de recherche, nous avons noté en particulier :

- La caractérisation et la modélisation des (nouveaux) composants de puissance en SiC
- La caractérisation et la modélisation des éléments passifs
- La CEM

En pratique, la mise en place d'IPES s'est traduite par le financement, par Safran, d'un poste d'ingénieur à temps plein, affecté à Ampère, et le co-financement d'un second poste par Safran et Ampère (également affecté à Ampère). Les deux postes sont pourvus depuis avril 2014. Ces ingénieurs de recherche vont renforcer la collaboration entre partenaires, le transfert de technologie, et apporter à Ampère une partie des moyens humains qui lui font actuellement défaut.

E. Organisation et vie de l'unité de recherche

Notre Laboratoire est réparti sur deux Campus : Campus Lyon Ouest (Ecully) et le campus LyonTech à la Doua (Villeurbanne). Il est implanté sur 4 bâtiments : le bâtiment H9 sur l'Ecole Centrale de Lyon, le bâtiment Omega sur l'Université Lyon 1 et les bâtiments Léonard de Vinci et St Exupéry pour l'INSA de Lyon.

1. Structuration scientifique

a. Structuration en départements

Le Laboratoire est structuré en 3 Départements scientifiques :

- ❖ Méthodes pour l'Ingénierie des Systèmes (MIS) dont l'objectif général est de développer des méthodologies d'analyse et de synthèse pour une conception maîtrisée intégrant les contraintes de commande, de fiabilité et de suivi des systèmes multi-physiques, en relation avec leur environnement.
- ❖ Energie électrique (EE) dont l'objectif est de créer et optimiser les dispositifs de transport, de distribution et de conversion de l'énergie électrique, en prenant en compte leur environnement).
- ❖ Bio Ingénierie (BIO) dont le projet scientifique est de faire émerger des concepts fondamentaux, des méthodes et des applications en bio-ingénierie, par une synergie entre le Génie électrique, la Science des microsystèmes et la Biologie

b. Interdisciplinarité

Le socle de compétence du Laboratoire Ampère repose sur trois disciplines, le Génie Electrique, l'Automatique, et la Microbiologie Environnementale, avec une volonté forte de développer des recherches aux interfaces, tout en conservant une excellence dans les 3 disciplines de base.

Nous avons démarré ou poursuivi plusieurs projets montrant notre volonté de conforter cette pluri- et inter-disciplinarité, véritable caractéristique du Laboratoire Ampère. Citons, entre autres :

- **Biopile** : Les recherches sur les piles à combustibles microbiennes (ou biopiles) nécessitent des compétences en microbiologie pour la compréhension des phénomènes fondamentaux et l'étude des couples bactérie - nutriment, en physicochimie pour les électrodes, et en génie électrique pour la valorisation électrique et leur insertion dans un système électrique.
- **ELEXC** : Le projet ELEXC propose la conception et le développement d'un prototype en totale rupture technologique de mini-excavatrice 100% électrique, optimisée pour une consommation d'énergie minimale. Il vise à démontrer la faisabilité de l'usage des technologies mécatroniques au sein d'un engin de construction en réalisant un prototype de mini-excavatrice électrique. Les axes principaux du travail s'articulent autour du développement d'actionneurs électriques adaptés au besoin du secteur des équipements de construction et de solutions de stockage d'énergie basées sur la technologie de batterie lithium-ion et/ou encore de pile à combustible PEM (Polymer Electrolyte Membrane). Il met en œuvre des compétences en mécatronique, électrotechnique, automatique.
- **Tri bactérie** : Les groupes GME (génomique microbienne environnementale) et B&M (bio électromagnétisme et microsystème) du laboratoire Ampère développent en collaboration avec l'Institut Néel de Grenoble une nouvelle technologie pour isoler spécifiquement certaines bactéries présentes dans un mélange, en exploitant le principe d'hybridation in-situ magnétique. Le concept consiste à cibler des séquences d'acides nucléiques dans des bactéries fixées à l'aide d'une sonde marquée magnétiquement. Les bactéries sont acheminées par voie microfluidique au-dessus d'un réseau de microaimants, ce qui permet leur tri (élution des bactéries non marquées). Cette approche offre de nombreuses perspectives pour l'exploration de la diversité microbienne dans le sol, car elle permet d'isoler des bactéries appartenant à l'immense réservoir des bactéries non cultivables, représentant plus de 99% des espèces présentes dans l'environnement. L'outil développé peut trouver d'autres applications, telles que la détection de microorganismes pathogènes dans un échantillon. Ce projet fortement pluridisciplinaire fait appel à des compétences dans les domaines de la microbiologie, du magnétisme, des microsystèmes et de la chimie (greffage des nanoparticules sur les sondes nucléotidiques).

Deux indicateurs montrent que pluri- et inter-disciplinarité sont bien une réalité à Ampère:

- Des projets communs à plusieurs départements :

	Bio-Ingénierie	Energie électrique	MIS
Bio-Ingénierie		CHIC 234 K€ PEPS ENERGIE 15K€ DCNS 20 K€	MEMOVE 57 K€ DONUT 142 K€
Energie électrique			ACCITE 196 K€ CHIC 234 K€ ST ERICSSON 69 K€ ADR RONDON 100 K€
MIS			

- Indicateur sur les revues internationales sur la période 01/01/ 2009- 31 /12/2013 :

	Energie Electrique	MIS	Bioingénierie
Energie Electrique		20	10
MIS			12
Bioingénierie			
EE + MIS + Bio :	3		

c. *Animation et diffusion scientifique*

Un effort particulier a été porté sur l'animation scientifique de l'unité

- Par le développement de notre Extranet et la création en particulier d'un espace doctorant et de pages personnelles professionnelles pour les permanents

Adresse WEB : <http://www.ampere-lab.fr/>

Contact : [Laurent Krähenbühl](#).

- Par la création d'un Intranet

Développée par la société Intuitiv Technologie, l'application a été ouverte en Mars 2012. Elle offre une base de documents commune et accessible par tous les membres du laboratoire. Le volume de données actuellement stockées dépasse 50 Go.

- Par la création d'une lettre interne

Depuis décembre 2012, une lettre interne hebdomadaire « flash hebdo » a été mise en place de façon à diffuser à l'ensemble des membres du laboratoire, toutes informations susceptibles de les concerner : appels à projet, annonces de colloques, séminaires, offres d'emploi (postdoc...), recherches de thèses, de stages, divers (formation, prix...).

- Par l'organisation de séminaires et congrès

Des séminaires scientifiques sont organisés régulièrement soit par des membres du laboratoire soit par des invités. Par ailleurs de nombreux séminaires se font en commun avec la communauté automatique sur Lyon et des liens se sont établis entre les laboratoires Ampère et LAGEP via le réseau Control@Lyon <https://sites.google.com/site/controlatlyon/>

Liste des séminaires pour 2011 : [27 séminaires](#)

Liste des séminaires pour 2012 : [16 séminaires](#)

Liste des séminaires pour 2013 : [17 séminaires](#)

Par ailleurs, le laboratoire a organisé les manifestations régionales, nationales et internationales suivantes :

Année	Organisateur	Titre
2011	Simonet S.	Colloque Génomique
2011	Clerc G.	L'ion Rallye : Colloque sur le véhicule électrique
2012	Clerc G.	L'ion Rallye : Colloque sur le transport industriel électrique
2012	Buret F.	Journées SEEDS (28 29 juin)
2011	Allard B.	tutorial sur le packaging ou les composants grands gaps pour le "Power Electronics Packaging" European Center for Power Electronics (ECPE)
2011	Hispano	Symposium SPEC (Safran Power Electronics Center)
2014	Beroual A.	Cigre : International Colloquium on Lightning and Power Systems
2014	Allard B.	Tutoriel "Power Electronics" dans le cadre de l'European Centre on Power Electronics

2. Pilotage et Organisation administrative

a. Pilotage et structures administratives

(1) Organisation générale

Directeur et directeur adjoint

Le laboratoire Ampère a, conformément aux dispositions incluses dans les conventions des Unités Mixtes de Recherche CNRS, un directeur. La nomination du directeur de l'unité est prononcée conjointement par les tutelles pour 5 ans, renouvelable 2 fois au maximum, après avis des instances statutairement compétentes. Quel que soit son établissement d'affectation, il est responsable des relations stratégiques avec l'ensemble des tutelles dont il est l'interlocuteur principal. Il est également responsable de la communication du laboratoire et de son organisation. Il est assisté d'un directeur adjoint, de responsables de sites chargés des relations administratives avec les établissements et de responsables de départements de recherche chargés de l'animation scientifique.

Comité de Direction

Le Comité de direction est un organe consultatif qui réunit autour du directeur, les responsables de département et les responsables de sites. Le Comité de direction se réunit 2 fois par mois. Il assiste le Directeur dans ses réflexions et sa gestion. Le Comité de Direction est notamment en charge de l'application de la politique scientifique et il prépare des propositions motivées à soumettre au Conseil de laboratoire et lui transmet tous les éléments nécessaires à sa réflexion.

Conseil de laboratoire

Le laboratoire est doté d'un conseil, organe consultatif. Il se compose de 15 membres sous la présidence du directeur de l'unité ou à défaut du directeur adjoint. Il se réunit 1 fois par mois et assiste le directeur. Le conseil de laboratoire est notamment en charge de la politique scientifique générale du laboratoire et de son orientation.

Assemblée générale

Une assemblée générale est organisée une fois par an, ou plus si le directeur de l'unité l'estime nécessaire. Elle a pour but de présenter les informations clés, passées, présentes et/ou futures concernant le fonctionnement, la structure et/ou la politique scientifique de l'unité.

(2) Organigramme

Organigramme général



Pôle administratif et financier

Le pôle administratif et financier réunit l'ensemble des gestionnaires de l'Unité (toutes tutelles confondues) sous l'autorité de la responsable administrative et financière.

On se reportera à l'annexe 4 pour l'organigramme fonctionnel.

(3) Commission informatique

La commission informatique, composée de 9 membres, est chargée de conseiller le directeur sur la politique informatique du laboratoire : mutualisation des moyens informatiques, achat ou création d'outils informatiques, traçabilité... Elle a été créée en juin 2012.

(4) Qualité

La commission qualité est chargée de proposer une amélioration des procédures administratives et financières, la mise en place de nouveaux outils de gestion et de pilotage.

Des premières procédures (demandes d'achats et demandes de missions) ont été réalisées. Sont en cours d'élaboration les procédures relatives aux demandes de recrutement et le dépôt de projets. Elle est aussi chargée de proposer des améliorations dans le fonctionnement et la traçabilité de nos recherches.

b. Relations avec les tutelles

(1) Organisation des relations

Chaque année est organisé un dialogue gestion avec nos tutelles CNRS, INSA, UCBL et ECL où sont présentées nos demandes budgétaires et nos besoins en ressources humaines.

Par ailleurs, le directeur ou son représentant est invité une fois par mois aux comités de direction de l'ECL et de l'INSA.

Le conseil scientifique de l'UCBL réunit, 2 à 3 fois par an, une assemblée générale des directeurs de laboratoires. La Faculté des Sciences et Technologies, UFR de rattachement du laboratoire est doté d'un collège des directeurs.

(2) Formation initiale et continue

Les enseignants-chercheurs du laboratoire Ampère sont rattachés à 3 établissements de l'Université de Lyon.

A l'université Claude Bernard Lyon 1, les EC font partie du Département GEP (Génie Electrique et Procédés) et enseignent du L1 au M2 essentiellement dans les parcours EEA.

A l'INSA de Lyon les EC participent à l'enseignement en premier cycle (L1, L2) puis au sein des départements de cycle ingénieur GE (Génie Electrique), GMC (Génie Mécanique) et GI (Génie industriel).

A l'Ecole Centrale la formation d'ingénieur est de type généraliste post-classes préparatoires ; les EC du laboratoire Ampère y organisent les enseignements d'Electrotechnique, d'Automatique et Traitement du signal et participent à des enseignements d'ouverture et transdisciplinaires sur la biologie, la mécanique, l'électronique, etc...

Les enseignants-chercheurs du laboratoire Ampère sont fortement impliqués dans la vie de leurs établissements respectifs aussi bien au niveau administratif que pédagogique. Les tableaux ci-dessous résument cette implication.

Responsabilités dans un CA, CEVU, CS ou UFR

	Direction de Département d'enseignement ou UFR	Membre du CA	Membre du CE ou CEVU	CS
ECL	G. Scorletti	C. Vollaire	F. Morel (jusqu'en 2013) /G. Scorletti	L. Krähenbühl (DR) Et Samia MENAD (Doctorants)
UCBL	G. Clerc : Directeur UFR jusqu'en 2009 N. Siauve : Directeur Dept. jusqu'en 2013			
INSA	T. Redarce			

Autres (non exhaustif)

D. TOURNIER	INSA	Responsables des OT (Option Transversale) de 5 ^{ème} année de l'INSA (environ 600 étudiants)
B. ALLARD	INSA	Directeur du centre Interuniversitaire de Formation en microélectronique Responsable du module EC1 en GE et GEA. Membre élu au CHSCT depuis 2011 à l'INSA. Responsable de l'Option Transversale 5A (SETRE) à l'INSA de la rentrée 2009 jusqu'à la rentrée 2013
P. BROSELARD	INSA	Responsable de l'option de 5ème année SEI (Système Electronique Intégrée)
N. BURAI	UCBL	Responsable de la spécialité Génie Electrique du master EEAP
A. YAHOU	UCBL	Responsable du parcours pro Energie Renouvelable du master EEAP
T. VOGEL	UCBL	Responsable du Master Pro Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire, au Biomédical et à l'Environnement
F. BURET	ECL	Adjoint à la Direction des Etudes – Responsable de l'organisation du parcours électifs (S8-S10)
E BOUTLEUX	ECL	Responsable du semestre 8 de la formation d'ingénieur
E. BLANCO	ECL	Responsable de l'option Energie (3 ^{ème} année ingénieur)

3. Ressources matérielles et équipements lourds

Le Laboratoire Ampère dispose de 6 plateformes de recherche regroupant nos équipements lourds. Ils sont décrits dans l'annexe 3.

Le montant des acquisitions des équipements >10k€ sur ce quinquennal est de 1 434 439 €.

4. Ressources humaines

a. En quelques chiffres

(1) Répartition des personnels par organisme de rattachement au 30 juin 2014

La répartition des personnels est décrite dans l'annexe S2_01_4_UR_donnees_du_contrat_en_cours feuille « 3.1. Recap personnels ».

(2) Evolution des personnels du 1er janvier 2010 au 1 janvier 2014

	1/01/2010	1/01/2011	1/01/2012	1/01/2013	1/01/2014
Enseignants chercheurs	47	47	52	55	57
PU	18	18	18	18	18
MCF	29	29	34	37	39
Chercheurs CNRS	11	11	11	11	12
DR CNRS	4	4	4	4	4
CR CNRS	7	7	7	7	8
ITA	19	19	19	19	20
BIATOSS	11	12	11	12	12
ITA CNRS	8	7	8	7	8
Autres EPST					
Total permanents	77	77	82	85	88
Doctorants	83	64	81	76	68
CDD et Post-docs	10	6	11	11	13
Autres	3	3	2	2	2
Total Non permanents	96	73	94	89	83
Total	173	150	176	174	171

(3) Répartition des personnels par département scientifique au 30 juin 2014

Département	Professeurs	Maîtres de conférences	Directeurs de recherche	Chargés de recherche	Autres enseignants chercheurs et chercheurs (PREM)	ITA, IATOS et non cadres EPIC	Autres ITA IATOS	Personnels temporaires (post-doctorants - ATER)	Doctorants	Total
Méthodes pour l'Ingénierie des systèmes (MIS)	11	21	1	1	1	2	2	3	27	69
Energie Electrique	4	11	1	3	1	2	1	2	31	56
Bio Ingénierie	3	6	2	3		5	1	2	10	32
Services communs						9	2			11
Total	18	38	4	7	2	18	6	7	68	168

(4) Répartition des doctorants par établissement d'inscription au 30 juin 2014

<i>Etablissement</i>	<i>Année d'inscription</i>					<i>Total</i>
	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>D5</i>	
ECL	6	7	4	3	0	20
INSA	14	8	13	3	0	38
UCBL	6	1	3	0	0	10
Total	25	16	20	6	0	68

(5) Répartition des doctorants par département scientifique au 30 juin 2014

<i>Département</i>	<i>Année d'inscription</i>					<i>Total</i>
	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>D5</i>	
MIS	8	5	10	4	0	27
Energie Electrique	14	7	8	2	0	31
Bio Ingénierie	4	4	2	0	0	10
Total	26	16	20	6	0	68

(6) Origine des doctorants au 30 juin 2014

Pays	Nb	Pays	Nb
Algérie	5	France	32
Albanie	1	Indonésie	1
Autriche	1	Liban	6
Bolivie	1	Mali	1
Brésil	1	Maroc	3
Canada	1	Roumanie	1
Cameroun	1	Syrie	1
Chine	2	Tunisie	4
Colombie	2	Venezuela	1
Salvador	1	Vietnam	2
Espagne	2	TOTAL	68

(7) Soutenances de thèses

<i>Département</i>	<i>Soutenances de thèses</i>				
	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>
MIS	2	12	11	10	16
Energie Electrique	6	5	12	8	8
Bio Ingénierie	3	2	2	3	4
Total	11	19	25	21	28

(8) Durée des thèses (soutenance entre 01/2009 et 12/2013)

Durée en mois	Nombre	Durée moyenne en mois
Moins de 40 mois	49	36,60
De 40 à 51 mois	43	44,44
De 52 à 72 mois	10	57,60
Supérieure à 6 ans	2	81,00
TOTAL	104	42,72

(9) Financement des thèses

Allocation de recherche du ministère	13	Bourse prélevée sur un contrat de recherche européen	2
Bourse attribuée par un gouvernement étranger ou le M.A.E.	4	CDD	19
Bourse attribuée par un ministère (hors allocataire de recherche)	1	CDD BDI-PED	
Bourse attribuée par un organisme (INSERM, CEA, INRA, DRET, ...)	1	CDD DGA	
Bourse attribuée par une collectivité territoriale	1	CIFRE	25
Bourse attribuée par une fondation, association ou institution privée	1	Salarié	1

(10) Soutenance des HDR

<i>Département</i>	<i>Soutenances HDR</i>					
	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>
MIS		X. Brun				X. Bombois (TU Delft)
Energie Electrique			M.A. Raulet		D. Tournier	P. Brosselard et D. Bernagone
Bio Ingenierie						
Total	0	1	1	0	1	3

(11) Répartition des HDR par département scientifique

Départements	Nbre HDR
MIS	14
Energie Electrique	8
Bio Ingénierie	5
Total	27

b. Formation PERMANENTE au sein de l'Unité

Afin de mieux gérer les besoins en formation de ses personnels et conformément aux souhaits du CNRS, un plan de formation pour le laboratoire est établi chaque année. Pour assumer cette charge un correspondant de formation a été nommé par le Conseil de Laboratoire : Olivier Fabrègue. L'une de ses missions est d'identifier et recenser les besoins en formation des personnels à partir des objectifs scientifiques du laboratoire et des plans de carrière des chercheurs ou techniciens. Une autre de ses missions est de tenter de mesurer la qualité des formations et le retour sur l'unité ou la personne.

Dans un premier temps un entretien avec le directeur de l'unité permet de dégager les objectifs prioritaires du laboratoire pour l'année à venir qui seront validés par le conseil de laboratoire.

Dans un deuxième temps, l'analyse des besoins est réalisée au moyen d'un questionnaire sous forme d'email auprès des responsables d'équipe et de tout le personnel du laboratoire. Un entretien individuel est possible pour les agents qui le désirent.

Le tableau regroupant ces besoins est alors présenté en conseil de laboratoire afin de les classer en fonction des objectifs.

	Nombre de jours- hommes			Nombre de jours- hommes			
	Total	Enseignants/ chercheurs	ITA	Technique et scientifique	gestion	Sécurité	Qualité
2009-2010	68,5	12	56,5	25	18	25,5	
2010-2011	35	18	17	17	17	1	
2011-2012	43	17	26	21	17	2	6
2012-2013	37	9	28	11	9	7	10

5. Hygiène et sécurité

Dans notre laboratoire les thématiques de recherche se développent principalement aux frontières du domaine du génie électrique. Ainsi outre la présence principale des risques électriques, notre personnel peut être exposé à d'autres types de risques, notamment chimiques et biologiques.

Pour l'identification de ces risques, un travail permanent de sensibilisation du personnel est conduit par l'équipe du service d'hygiène et sécurité, répartie sur tous les sites du laboratoire: ECL, INSA et UCBL. Suite à l'évaluation des risques faite ensemble avec les utilisateurs, ils sont classés dans le « document unique » et traités en vue de leur maîtrise et de leur prévention. L'annexe 8 présente les différents documents uniques et la politique menée par le laboratoire en termes d'hygiène et sécurité.

Chaque site (ECL, INSA et UCBL) a son correspondant agent de prévention qui travaille en contact direct avec le responsable de site. Ils exercent notamment un travail de sensibilisation et d'information conduisant à l'analyse des risques et à la mise en place des règles de sécurité. Un agent de prévention pour l'ensemble du laboratoire est chargé de coordonner et diriger cette activité avec le directeur de l'unité.

Assistant de prévention	Correspondants de prévention	
Mihai Lazar	ECL	Sébastien Cecillon
	UCBL	Younes Zitouni
	INSA St Exupéry	Jacques Joly

Au niveau de chaque site, les agents de prévention s'appuient également sur les chargés d'hygiène et sécurité de chaque établissement d'accueil ainsi que sur l'ingénieur régional de prévention et de sécurité du CNRS.

Un service d'infirmerie avec un médecin du travail existe sur chaque site ainsi qu'à la délégation régionale CNRS.

Le laboratoire ne dispose pas d'un comité hygiène et sécurité, en revanche l'agent de prévention coordinateur est invité régulièrement au conseil de laboratoire. Un temps de parole lui est réservé en début de séance.

F. **Faits marquants inter départements**

Un certain nombre de faits marquants sont reportés en annexe 11, dont un certain nombre est le résultat d'un travail mené en synergie entre plusieurs départements :

- **Développement de Piles à Combustible Microbiennes (PCMs)**, qui utilisent le métabolisme de micro-organismes pour générer de l'énergie électrique à partir de matière organique « peu noble » (voir annexe A11.7),
- **Electromobilité** : De nombreux résultats de recherche ont porté sur le stockage de l'énergie (projet Hybus - d'un système de stockage par supercondensateurs 50 kW, 1 MJ récupérant l'énergie de freinage d'un trolleybus hybride, ...) ou la gestion de l'énergie (-projet Elexc -Développement et gestion de l'énergie d'une pelleteuse électrique destiné à être utilisée dans les zones zéro émission, ...) (voir annexe A11.6).

- **Veille sans consommation et réveil à distance de dispositifs** : L'objectif est d'éliminer la consommation d'énergie de ces appareils pendant la veille, qui sur l'ensemble du parc de dispositifs en Europe est estimée à l'équivalent de la production de 2 centrales nucléaires. (voir annexe A11.8)

II. Réalisations de l'unité de recherche

Ce paragraphe fait référence à deux concepts :

- *Actions de la recherche* : thématiques récurrentes portées par un nombre significatif de permanents et de doctorants. Elles sont décrites en détail dans les fiches actions de l'annexe 10
- *Faits marquants* : actions, résultats ou faits remarquables du quinquennal. Ils sont décrits en détail dans les fiches de l'annexe 11

A. Département MIS : Méthodes pour l'Ingénierie des Systèmes

1. Présentation du département

Le Département MIS s'est beaucoup développé durant les 4 dernières années. Il comprend (05/2014) 37 permanents, répartis sur les 3 sites du laboratoire et dans 3 groupes opérationnels de travail. Cet effectif va encore progresser d'ici la fin du contrat en cours (plus 2 postes 61^{ème} INSA en 09/14, plus un DR2 s07, moins un départ en retraite fin 2015/16).

Trois quarts de ces permanents relèvent de la section 61 du CNU (9 sont CNU63/CoNRS08 « Génie Electrique », 1 dépend de « biodiversité, évolution et adaptation biologique », CoNRS29).

	ECL		INSA		UCBL		Total	
Années	2009	05/2014	2009	05/2014	2009	05/2014	2009	05/2014
Nbre personnes	7	10	16	22	4	5	27	37

Du fait de ces recrutements, l'âge moyen (43 ans) a peu augmenté en 4 ans (+1,5), et l'expérience médiane reste suffisante (1 sur 2 a plus de 15 ans d'expérience après son doctorat).

La forte proportion de non-HDR (2 pour 1), liée aux nombreux recrutements des dernières années, se rééquilibrera avec les 5 soutenances de HDR prévues sous 3 années.

23 non HDR	IR (Docteur / non Docteur)	1 / 1	14 HDR	MCF	1
	MCF	20		PR	12
	CR	1		DR	1

Le nombre de doctorants est de 2 à 3 par habilité, ce qui est beaucoup dans l'absolu, mais est pondéré par notre politique volontariste de co-encadrements par les jeunes Maîtres de Conférences. Nos 30 à 40 doctorants représentent naturellement un point fort !

a. Objectif scientifique

L'objectif général est de participer au développement des méthodologies d'analyse et de synthèse pour une conception optimisée, intégrant les contraintes de commande, de fiabilité et de suivi des systèmes multi-physiques, en relation avec leur environnement.

Cet objectif méthodologique s'appuie en interne sur des compétences disciplinaires fortes en automatique et génie électrique (ainsi qu'en mécanique et biologie, et mathématiques appliquées via des collaborations fortes et pérennes), et sur des projets de recherche qui vont le plus souvent jusqu'à la mise en œuvre concrète par des partenaires industriels des méthodes développées. Nous mettons ainsi à profit des synergies, d'une part entre disciplines, d'autre part entre méthodes et applications.

Etant donné le nombre important de ses personnels permanents, le département est structuré en 3 groupes de recherche, qui rassemblent des compétences et motivations méthodologiques, tout en dépassant les frontières disciplinaires habituelles. Leurs intitulés permettent d'afficher plus finement les objectifs scientifiques amont du département :

- [Groupe « Automatique, Commande, Mécatronique »](#) (ACM), qui développe des méthodes et des outils liés à l'Automatique pour la conception et la commande des systèmes électriques, mécatroniques et fluid-power, dans le cadre du transport, de la robotique médicale, des systèmes nomades, de l'aéronautique et de l'aérospatial.
- [Groupe « Modélisation Multi-échelle pour la Conception »](#) (MMC), autour des problématiques de simulation numérique multiphysique et multiéchelle, de prototypage virtuel avec optimisation paramétrique, et de l'aide au choix d'architecture et au dimensionnement des systèmes de transmission de puissance.
- [Groupe « Fiabilité, Diagnostic et Supervision »](#) (FDS), qui regroupe les compétences dans les domaines de l'analyse de la physique des défaillances, le traitement de l'information correspondante faisant en particulier appel à la reconnaissance de formes, l'automatique des systèmes à événements discrets et la synthèse de contrôle par supervision.

Les quatre plates-formes expérimentales liées au Département illustrent notre volonté de confronter systématiquement méthodes et expérimentation :

- [Centre d'essais Fluid Power](#) (site INSA), auquel est également rattachée la robotique médicale et qui dépend des groupes ACM et MMC ;
- [Centre d'essais CEM](#) (site ECL), qui dépend du groupe MMC ;
- [Centre de caractérisation et de fiabilité des systèmes de stockage \(site UCBL\)](#)
- [Plate-forme diagnostic](#) (site UCBL), qui sont rattachées au groupe FDS.

Elles représentent un moyen privilégié pour établir et pérenniser des contacts industriels.

b. Production scientifique

Sur la période 2010-2014 (chiffres du 6 juin 2014, voir aussi la [liste dynamique](#) tirée de HAL) :

50 thèses soutenues, 147 RICL, 275 CICL, 11 brevets depuis 2009 (plus 2 en cours) **soit par an environ : 10 thèses, 30 revues, 55 congrès internationaux avec Actes, et 2 brevets.**

En Génie Electrique, nos publications sont ciblées sur quelques revues, principalement chez IEEE (10 Trans. on Magnetics, 7 Trans. on Ind. Electronics, 5 Trans. on Power Electronics).

Par ailleurs, nos recherches trans- et pluridisciplinaires en Automatique nous conduisent à publier sur un spectre large d'une cinquantaine de revues différentes (IEEE Control Systems Techn., Control Engineering Practice, ...).

c. **Rayonnement et attractivité académique**

Un indicateur fort de notre attractivité est la qualité et la quantité des candidats attirés par nos postes :

- en moyenne, 29 candidatures recevables, et 8 à 10 candidats auditionnés pour chacun des dix concours de MCF depuis 2009.
- 2 enseignants-chercheurs et un IR arrivés hors concours (« transferts »)
- candidatures CNRS en progrès en section 07 : 0 avant 2011, 1 (2011), 1 (2012), 0 (2013), 2 (2014), dont une « externe » en DR2, classé premier au CoNRS (décision en juin 2014).

De même, nous avons un flux régulier de Professeurs et/ou chercheurs étrangers « titulaires » en séjour à Ampère, département MIS, associé à de véritables collaborations scientifiques pérennes qui se traduisent en particulier par une vingtaine de publications co-signées (et plus de 40 congrès avec Actes), des encadrements de thèses partagés, des jurys communs, etc. : 16 personnalités de 12 institutions (Brésil, Canada, Belgique) sont concernées, pour une durée cumulée de quatre années, soit 20 séjours avec des financements très variés : LIA Maxwell (4 séjours financés), 6 sur postes de Professeurs invités à l'ECL (dont il faut souligner le soutien très fort, 2 mois par an en moyenne) et un à l'INSA, Etablissements d'origine (5 financements), autres programmes internationaux (4 financements).

Nos permanents sont par ailleurs sollicités pour les tâches académiques internes et externes ; ci-dessous quelques chiffres donnés en *moyennes annuelles* :

- Comités de sélection : participations (22) / présidences (2).
- Plus de 60 participations à des Jurys de thèses et HDR *hors* « Ampère » : simple membre (45), rapporteurs (20), présidence (7), à l'international (2).
- Mission d'expertise France (3 à 4) ou international (2).

d. **Interactions avec l'environnement social, économique et culturel**

Milieus économiques :

- Il faut souligner que nos interactions avec le tissu économique, en particulier local, est très fort. Il est rendu visible par une moyenne de 10 thèses CIFRE simultanées. *Entreprises concernées* : Volvo, Renault, Safran, Thalès, ST-Ericsson, Valeo, Sagem, Emerson, STMicro, Hispano, EDF, Terex, Alstom, APC (Schneider Electric), ...
- Ces travaux de thèse sont souvent initiés par des contrats « légers » réalisés avec l'appui de projets de fin d'études ou de Master dont le cumul représente une véritable interaction avec les entreprises. Ces interactions sont importantes aussi parce qu'elles permettent d'insuffler dans les entreprises une manière plus rigoureuse d'aborder des questions techniques, et qu'elles participent à la formation industrielle de nos étudiants les plus brillants scientifiquement.
- Plusieurs permanents sont aussi sollicités comme formateurs en entreprise.
- S. Sesmat est membre de la commission de normalisation sur les caractérisations de composants pneumatiques (exemple des normes 2013 [ISO 6358-1](#) et [ISO 6358-2](#)).
- Présence dans des Conseils d'administration, comme le Musée Ampère, EZUS ou l'ITE SuperGrid ; dans des conseils scientifiques (LUTB, Etablissements, ...)

Culture scientifique et relation au grand public :

- Participations régulière à la [Fête de la science](#) et à des journées scientifiques en milieu scolaire
- En 2010, organisation d'un séminaire véhicule électrique : intervenants de PSA, Renault, Siemens, INRETS, musée Malartre. En 2012, séminaire sur les camions et bus électriques, avec la Fondation Berliet, l'IFSTTAR, IFPEN (LUTB 2015), Renault Trucks et IVECO (100 personnes pour chacune de ces manifestations).
- En co-organisation avec le Musée Malartre et la SEE : [L'ion Rallye](#), sur la voiture électrique, 2011 et 2013.
- Journées LUTB - 2013 : présentation par les doctorants du département à l'association pôle de compétitivité LUTB : « Rhône-Alpes automotive cluster ».
- Présentations invitées dans des congrès « grands public » ou « industriels ».

Prix et distinctions scientifiques.

Nous donnons ci-dessous deux exemples de prix pour des doctorants (voir détails et distinctions de quelques permanents et doctorants sur le [site Internet](#) d'Ampère) :

- Décembre 2011 : Prix de l'innovation JCCE décerné à [A. Soualhi](#),
- « Best Paper Award » décerné à [R. German](#) à REVET (*First International Conference on Renewable Energies and Vehicular Technology*), Hammamet, Tunisie, 2012.

2. **Actions de la recherche**

a. **Présentation**

Pour notre département nous pouvons identifier une dizaine d'actions de recherche principales : *pérennes* (elles durent au minimum depuis le début de la période d'évaluation) et *de bon volume* (au minimum 5 équivalents temps plein depuis 2010, en comptant les doctorants, soit plus de 20 années-homme par action). Comme pour les autres Départements, ces « actions de recherche » principales sont présentées de manière détaillée en Annexe 10 au travers de « fiches actions ». Nous en donnons au paragraphe « principales actions de recherche » ci-dessous une liste synthétique commentée.

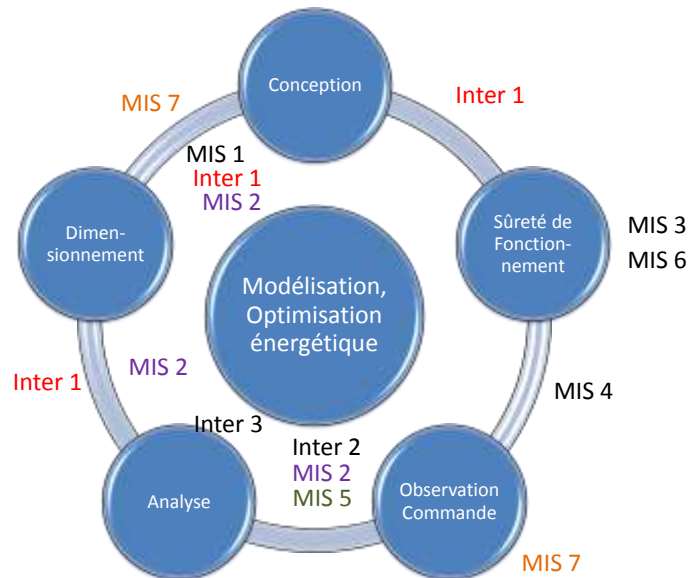
Certains de nos travaux n'entrent pas dans ces actions de recherche principales, soit parce qu'ils mobilisent moins de forces humaines en interne (recherche en réseau, avec participation forte d'un ou deux personnels d'Ampère seulement), tout en participant fortement à la renommée du Laboratoire ; soit parce qu'il s'agit d'actions émergentes. Nous en présenterons trois au paragraphe « autres actions de recherche ».

Comme les autres départements, nous mettrons ensuite en exergue quelques « faits marquants » dans un paragraphe spécifique renvoyant pour les détails à l'Annexe 11.

Un autre éclairage est enfin donné par le chronogramme des projets institutionnels ou industriels traités. Ces projets sont décrits par ailleurs : nous ne les reprenons donc pas en détail dans ce texte, mais indiquons les liens Internet qui permettent de les documenter.

b. **Principales actions de recherche**

Sept « actions » sont spécifiques au département MIS, trois sont inter départements (voir l'Annexe 10). Elles participent aux [objectifs scientifiques généraux du Département](#) suivant le schéma :



MIS 1 - Méthodes et outils multi-échelles pour l'analyse et la commande des systèmes multi-physique. L'objectif est d'explorer et de proposer de nouvelles approches en modélisations multi-échelles (spatiale, temporelle) en vue de l'analyse du comportement dynamique de systèmes multi-physiques (mécaniques, électriques, fluidiques, thermiques, ...), permettant d'optimiser le dimensionnement du système physique ou de conduire la synthèse d'une commande ou d'un observateur.



MIS 2 - Méthodes et Outils pour la Conception et la Commande Robuste de Système. Cette activité « amont » s'intéresse aux propriétés structurales et comportementales des modèles, avant toute simulation numérique. Le but est le développement et la démonstration théorique de méthodologies permettant la détermination de propriétés intrinsèques et génériques de systèmes physiques multi-énergies. Les applications visées à Ampère sont la mécatronique, les composants de stockage électrique, ou les systèmes à fluide sous pression.



MIS 3 - Diagnostic, pronostic et supervision. Ces activités de recherche visent à augmenter la durée de vie des systèmes complexes par la maîtrise des phénomènes physiques ou logiques de propagation de fautes : identification et diagnostic des défauts, méthodes sûres de conception tolérante aux fautes, avec des applications pour les entraînements électriques, les systèmes de contrôle/commande embarqués et l'assistance à la supervision.



MIS 4 - Identification, Observation & Capteurs Logiciels. L'objectif est de développer 2 types de méthodes : (i) des méthodes générales d'identification de modèles et d'observation en prenant explicitement en compte l'incertitude et/ou le caractère temps variant / non linéaire / commuté des systèmes ainsi que la finalité des modèles et observateurs obtenus ; (ii) des méthodes adaptées d'estimation et d'observation pour les applications phares du laboratoire Ampère, avec validation expérimentale : diagnostic et commande de systèmes électriques, commande des systèmes électropneumatiques, robotique, etc.



MIS 5 - Commande et gestion d'énergie de système mono ou multi-sources. Il s'agit de développements effectués en Automatique non linéaire, en termes de commande et de gestion d'énergie pour des applications complexes utilisant différentes sources d'énergies : pneumatique (air, hélium, gaz médical), hydraulique (huile, fluide frigorigène), électrique (batterie, supercondensateur).

Ces travaux sont à caractères méthodologiques et appliqués.



MIS 6 - Amélioration de la Sûreté de Fonctionnement des SSEE. Les systèmes de stockage de l'énergie électrique (SSEE : batteries, supercondensateurs et condensateurs) présentent des durées de vie limitées ; leurs défaillances peuvent engendrer des risques en matière de sécurité des biens et des

personnes. L'étude sur leurs comportements électrothermiques et leurs mécanismes de vieillissement ont permis de développer des modèles de grande précision, utilisés afin d'estimer leur durée de vie et de pronostiquer leur état de santé, pour améliorer leur sûreté de fonctionnement.



MIS 7 - Robotique médicale, apprentissage et assistance aux gestes médico-chirurgicaux. La robotique médicale au laboratoire Ampère s'intéresse principalement aux gestes médicaux en développant depuis 2001 des simulateurs (robots) pour l'apprentissage et des méthodes d'analyse des gestes en vue de leur évaluation objective.

Deux « actions » sont partagées avec le département énergie électrique:



Inter 1 - CEM des convertisseurs d'électronique de puissance. Cette activité permet d'établir un lien entre les développements méthodologiques (modèles pour la CEM, traitement des incertitudes) et leur mise en œuvre au sein de convertisseurs de puissance sûrs et efficaces, intégrant des composants SiC.



Inter 2 - Commande en électronique de puissance pour la gestion d'énergie

Cette activité concerne principalement la recherche, l'élaboration et la mise en œuvre d'algorithmes de commande pour des convertisseurs statiques, en vue d'améliorer leurs performances et leur efficacité énergétique. L'objectif consiste à développer des outils d'automatique qui lèvent des verrous industriels en tenant compte de contraintes technologiques.

Une « action » est partagée avec le département Bioingénierie :



Inter 3 - Modélisation et dosimétrie numérique des champs électromagnétiques

La modélisation numérique pour l'électromagnétisme est une activité historique fondatrice du laboratoire. Notre expertise pour la résolution locale numérique efficace des EDP (équations aux dérivées partielles), particulièrement en présence de singularités géométriques ou de milieux hétérogènes, d'incertitudes de données ou de grands maillages, est reconnue et conduit à d'intenses collaborations nationales et internationales, souvent à notre initiative. Ces compétences « amont » sont particulièrement adaptées à la problématique de la dosimétrie numérique dans le corps humain. Cette activité se poursuit depuis 15 ans [en collaboration](#) avec l'UFMG et l'USP (Brésil), l'Université de Liège et plusieurs équipes françaises de mathématiques appliquées (ICJ à Lyon, INRIA Bordeaux, Univ. de Pau et Rennes).

c. **Autres actions de recherche**

- **Robots et structures mécaniques complexes**

Nos *activités de recherche amont* sur le dimensionnement de systèmes mécatroniques et l'analyse structurelle de systèmes sont quotidiennement confrontées à des *applications développées au laboratoire*. Un nouveau domaine de collaborations industrielles émerge dans le domaine des engins de chantier, avec le démarrage de plusieurs thèses (FUI [ELEXC](#)).

Nous travaillons sur la modélisation cinématique et dynamique (directe et inverse) et le dimensionnement énergétique, afin de développer un simulateur de conduite pour un engin de chantier [Thèses Chauvin et Gendrin] ou la simulation en vue d'optimiser l'énergie [Th. Schaep].

Une autre application concerne la commande et l'optimisation des performances d'une chaîne de robots « pick and place » [Thèse Humbert]. Enfin, un projet sur la conception et la commande d'un robot inspecteur de pont est également en cours, avec deux ingénieurs (informaticien et mécanicien) spécifiquement embauchés [projet [Intelio](#)].

- **Transmission d'énergie sans contact par induction**

Plusieurs de nos projets applicatifs récents sont centrés sur la transmission d'énergie électrique par induction, pour les transports urbains (bus électrique sans caténaire, rechargeant ses batteries/surpercapas aux arrêts), mais aussi dans d'autres contextes. L'un des projets phares auquel nous participons concerne l'alimentation sans contact d'un cœur artificiel d'assistance ventriculaire, en lien avec l'EP-USP. Démarré en 2008 avec un séjour invité au Brésil de L. Krähenbühl, ce projet s'est poursuivi en 2012 dans le cadre du LIA Maxwell et en collaboration avec le département énergie électrique d'Ampère par la thèse de [D. Wolter](#), qui a travaillé de manière *systémique* les aspects d'électronique de puissance et la conception des inducteurs pendant plusieurs séjours longs à Ampère. La modélisation électromagnétique a été l'occasion de tester (avec réalisations et mesures) les méthodes numériques avancées les plus récentes développées avec l'université de Liège, qui permettent de prendre en compte finement les pertes dans les inducteurs aux fréquences « intermédiaires » difficiles².

² Fréquences pour lesquelles les hypothèses simplificatrices « quasi-statiques » et « haute fréquence » ne s'appliquent ni l'une ni l'autre avec suffisamment de précision.

- **Modélisation de la transmission de l'information génétique chez les bactéries.**

La diversité spécifique et fonctionnelle des organismes biologiques est définie au niveau de leur génome. Elle repose sur l'existence de mécanismes moléculaires générateurs de variabilité dont les produits sont soumis au double crible de l'environnement et du temps. Leurs génomes témoignent ainsi des forces évolutives les façonnant.

Notre travail repose sur des analyses bio-informatiques de données des bases publiques et vise à comprendre l'organisation de l'information génétique sous forme de chromosome, au travers de la modélisation de la transmission de l'information génétique héréditaire chez les bactéries (Thèse Poirion). La nature intrinsèque du matériel génomique et les phénomènes impliqués dans sa construction sont abordés. L'approche systémique par modélisation et classification permet d'insérer naturellement cette activité dans le Département MIS.

d. **Faits marquants**

Certains événements constituant des faits marquants étroitement liés au Département MIS sont décrits par ailleurs dans ce rapport, nous les citons ici sans autre commentaire :

- évolution positive spécifique des effectifs, montée de la section 61
- création en 2009 et renouvellement (2013) du [LIA Maxwell](#) (CNRS LIA817) ;
- mise en place en 2013 de l'équipe de recherche commune « [GEST](#) » (Gestion, Energie et Stockage pour les Transports) avec le LTE de l'IFSTTAR ;
- avec le département énergie électrique, mise en place du laboratoire commun avec Safran : « [IPES](#) » (Intégration de Puissance en Environnement Sévère), dirigé par C. Voltaire.

Nous pouvons mettre en avant notre reconnaissance internationale – unique en France – pour le « Fluid Power », et 3 réalisations « médiatiques » (dont 2 sont en collaboration avec le Département Energie Electrique d'Ampère) ; elles sont détaillées en Annexe 11 :

- **Automatique et Fluid Power (A11.4)**

Ampère est aujourd'hui le seul laboratoire français membre du réseau européen [Fluid Power Centres in Europe](#). La communauté scientifique internationale en Automatique et en Fluid Power, et les milieux industriels avec lesquels nous avons développé de nombreuses collaborations, reconnaissent ainsi notre expertise en termes de modélisation, dimensionnement, simulation, observation et commande des systèmes complexes utilisant l'huile ou l'air sous pression. Ampère démontre ainsi, au-delà du Génie Electrique, sa maîtrise méthodologique et applicative de vecteurs énergétiques variés.

- **ELEXC : Electric Excavator (A11.5)**

Les constructeurs d'engins de travaux publics cherchent à proposer des produits innovants pour mieux répondre aux exigences des marchés en termes de nuisances sonores, d'émissions polluantes et d'efficacité énergétique. Le projet ELEXC propose la conception et le développement d'un prototype en rupture technologique : une mini-pelle mécanique 100% électrique, optimisée pour une consommation d'énergie minimale, permettant néanmoins à l'opérateur de retrouver les sensations de pilotage habituelles d'une pelle mécanique classique.

- **Electromobilité (A11.6)**

Ces travaux, en collaboration avec le Laboratoire Transport et Environnement de l'IFSTTAR (ERC [GEST](#)) visent à participer à la réduction de la consommation d'énergie et de la pollution des véhicules : gestion de l'énergie embarquée, stockage et génération de l'énergie.

- **Veille sans consommation et réveil à distance de dispositifs électroniques.(A11.8)**

Ce travail (mené avec le Satie et d'autres partenaires) se place dans le contexte [RWU](#) (Remote Wake Up) et vise à réduire la consommation en veille des appareils télécommandés, l'enjeu européen d'économie d'énergie estimé équivalant à deux centrales nucléaires.

e. Bilan des activités contractuelles

Ci-dessous le chronogramme des contrats liés au Département, sur la période 2009-2014 :

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ANR								
Sympa 2								
Migrer (ADEME)								
O2M/SP4 (75k€)								
Secure								
CAP (225k€)								
SUPERCAL (220k€)								
E-CEM (340k€)								
REC-EM (210k€)								
AIDS (262k€)								
Memove (49k€)								
UMEPS (58k€)								
SAGA (160k€)								
ACCITE (219k€)								
iMUST-BioF. (167k€)								
FUI / GDR / Ministères ...								
... / Européens / Région								
WARTHE - Marie Curie								
MACA (Pôle MTA)								
Picosatellites (80k€)								
Hybus (Etat R. 431k€)								
Cinéma2 (FCE 311k€)								
OpenProd (FUI, 300k€)								
RWU (FUI, 204k€)								
FerroCOTS (FUI, 177k€)								
ISS P&C (Etat, 387k€)								
Bilboquet (FUI, 300k€)								
ELEXC (FUI, 800k€)								
INTELO (FEDER, 139k€)								
MODRIO (Etat, 180k€)								
Autres (15k€/an)								
Industriels								
Terex (255k€)								
CIFREs (100-150k€/an)								
Autres (180k€/an)								
Coop. institutionnelles								
LIA Maxwell								
ERC "GEST" IFSTTAR								
IPES (Safran)								

3. Positionnement, collaborations et partenariats

Participation à des réseaux scientifiques :

- Le réseau **FPCE** (Fluid Power Centres in Europe), le **LIA Maxwell** (laboratoire franco brésilien), l'**IPES** (Laboratoire commun Ampère-Safran), **GEST** (Labcom IFSTTAR) et l'institut d'excellence « **Supergrid** » sont présentés par ailleurs dans ce document.
- **GDR SEEDS** : Participations au groupe de travail « conception », socle méthodes et outils ; au projet Dimocode (2007-2011) ; à l'organisation en 2012 de la Journée « Incertitudes de données » et des « Journées SEEDS » à Lyon ; à la rédaction du document de prospective.
- **GDR MACS** : Co-animation des groupes de travail « Systèmes à retards » et « Systèmes à événements discrets », co-fondateur du groupe de travail « systèmes mécatroniques ». Participations aux groupes de travail : Automatique et Automobile (organisation des journées du GTAA 2016), Commande des Systèmes Électriques (groupe inter GDR MACS/SEEDS), Systèmes dynamiques hybrides, Systèmes Mécatroniques.
- **GDR DELSYS** : Le GDRI « Delay Systems » est un réseau créé en 2011, visant à organiser et coordonner la recherche en Europe dans le domaine des systèmes à retard, pour mieux comprendre les effets des retards sur la dynamique des systèmes interconnectés. Participation d'Ampère dans la création de ce GDR international et présentations lors des Workshops.
- **GDR STIC Santé** : Co-responsabilité du thème « Apprentissage et assistance aux gestes médico-chirurgicaux » qui a pour vocation de favoriser les interactions entre les communautés médicales et scientifiques, d'améliorer leur visibilité par les milieux socio-économique, de répondre aux appels d'offres de l'ANR et de réaliser des plates-formes de démonstration. Co-organisation de [l'école d'été 2014](#) « Conception de simulateurs médico-chirurgicaux ».
- **Un réseau international informel franco-belge-brésilien**, très **productif**, fait le lien avec les mathématiques appliquées (EDP, éléments finis), en s'appuyant d'une part sur le GDR SEEDS et sur le LIA Maxwell, d'autre part sur certaines des « actions » (en particulier ANR) décrites à l'Annexe 10. En plus des

partenaires du LIA Maxwell, il concerne l'Université de Liège et quelques mathématiciens (enseignants-chercheurs ou INRIA) à Lyon (ICJ), Toulouse, Pau, Bordeaux et Rennes. A titre d'exemple, ses travaux sur les coins, impulsés par Ampère, ont conduit en 2011 à des [résultats](#) en totale rupture avec la bibliographie « reconnue », pour les courants de Foucault.

- **Le réseau [Control@Lyon](#)**, créé en 2013, a pour vocation de rassembler les automaticiens de la place lyonnaise (Ampère et [LAGEP](#)) en encourageant les séminaires pluri-mensuels (intégration d'une grande partie des séminaires Ampère), et en organisant un workshop annuel.

Au travers de ces réseaux, nous avons donc de nombreuses collaborations nationales et internationales, avec co-production académique, ce qui montre que nous apportons nos pierres à la progression scientifique de nos domaines, au meilleur niveau, sans pour autant prétendre à l'autosuffisance.

4. **Pertinence et Originalité**

Notre spécificité principale se situe dans la capacité à traiter, au sein du Département, la plus grande partie des aspects scientifiques et techniques d'un projet industriel, dans une démarche système interdisciplinaire. L'exemple type est celui de l'hybridation dans les transports (de l'étude des sources d'énergie, en passant par la commande rapprochée des actionneurs, jusqu'à la gestion globale du système complet : conception, dimensionnement, modélisation, commande, diagnostic, ...). Dans cette démarche intégrée, la recherche amont enrichit à terme les solutions proposées aux industriels, tandis que les problématiques industrielles nourrissent la réflexion amont.

B. **Département Energie électrique**

1. **Présentation du département**

a. ***Objectif scientifique***

Le département Énergie Électrique est constitué de deux groupes : « Matériaux du Génie Électrique » (MGE) et « Électronique de Puissance et Intégration » (EPI). Les personnels rattachés au département sont répartis sur les trois sites : École Centrale de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1 et INSA de Lyon. L'effectif global est de 20 enseignants-chercheurs et chercheurs et 3 ITA.

La répartition des chercheurs et enseignants-chercheurs entre groupes et sites est la suivante :

Groupe	MCF	PR	CR	DR	MCF	PR	MCF	PR
EPI	1		2	1	6	2	1	1
MGE		1					5	
Total	1	1	2	1	6	2	6	1

Le département Energie Electrique a pour objectif la création, l'optimisation des dispositifs de transport, de distribution et de conversion de l'énergie Électrique en prenant en compte leur environnement.

Les travaux de recherche s'inscrivent dans un contexte de contraintes environnementales toujours plus fortes, et ce dans les deux sens du terme :

- **Diminution de l'empreinte écologique** : diminuer les dommages causés à l'environnement passe d'abord par les économies d'énergie qui se traduisent à la fois par l'**amélioration des rendements** de conversion – ce qui implique **caractériser et modéliser** plus finement **les pertes dans les matériaux**, ainsi qu'utiliser des composants actifs qui présentent de meilleures performances, tels les **composants grands gaps** - et par une meilleure **gestion de l'énergie**. En outre, il est nécessaire de remplacer les matériaux diélectriques utilisés actuellement par des matériaux **plus biodégradables et moins nocifs**, mais qui restent à caractériser.
Enfin, l'utilisation de sources d'énergies renouvelables éloignées (éolien offshore) impose l'utilisation de **lignes de transport de l'énergie électrique, en courant alternatif et continu, à forte tension (HT, THT et UHT)**. Sur un volet encore différent, les systèmes de **grappillage d'énergie** permettent de simplifier et rendre moins polluante (utilisation de matériaux nocifs, déchets...) l'alimentation des systèmes basse puissance (capteurs, transmetteurs...).
- **Contraintes de fonctionnement sévères** : l'utilisation de l'énergie électrique se développe, pour des applications où **la température ambiante est élevée**. Cela impose de concevoir des **convertisseurs** qui puissent travailler à **haute température** (200°C). En outre, les besoins en terme de compacité nécessitent des progrès au niveau de l'**intégration de puissance**, notamment **en trois dimensions**. La cohabitation entre dispositifs de conversion de puissance et électronique de signal imposent une **maîtrise des perturbations électromagnétiques**.

Il est à noter que les deux points présentés ci-dessus sont en partie liés : quand on est capable de réaliser des dispositifs plus fiables, même en environnement sévère, et/ou plus compacts, on réduit par voie de conséquence l'empreinte écologique liée à la fabrication et au remplacement.

b. ***Production scientifique***

Voir la description générale commune aux trois départements (annexe 6).

c. **Rayonnement et attractivité académique**

(1) **Participation à des réseaux scientifiques**

- GDR SEEDS : les membres du département EE ont participé et participent encore activement à l'animation de ce GDR. Hervé MOREL en a été Directeur, et deux membres sont encore au Comité de Pilotage. Il est à noter qu'une Journée a été organisée en janvier 2013 à l'INSA. Par ailleurs, nous avons accueilli plusieurs fois les journées annuelles ISP3D.
- Plateforme/GIS 3DPhi. Cette plateforme est utilisée pour les activités dans le domaine du packaging/intégration 3D en électronique de puissance et des matériaux magnétiques et leur intégration. Elle sert ainsi de support à trois projets ANR (ECLIPSE, 2009-2012 ; ETHAER, 2013-2015 ; ANR MICONET 2, 2010-2014) impliquant Ampère. Un membre du laboratoire (Bruno Allard) est dans le comité de pilotage du GIS, et un autre (Cyril Buttay) est co-responsable de la plateforme.
- Le laboratoire International associé "WIDE-Lab", présenté par ailleurs dans ce document.
- Le laboratoire commun Ampère-SAFRAN (IPES), présenté par ailleurs dans ce document.
- L'institut d'excellence en matière d'énergies décarbonées (ITE) « Supergrid », présenté par ailleurs dans ce document.

(2) **Implication dans des projets nationaux ou internationaux**

Les chercheurs du département Energie électrique croient beaucoup à l'aspect fédératif de la recherche. Ils sont impliqués dans de multiples projets régionaux, nationaux et internationaux. Une liste des principaux projets a été donnée pour chaque thème, ci-dessous. On peut rappeler que :

- deux projets européens sont en cours (PowerSWIPE et THOR), impliquant des collaborations universitaires et industrielles dans plusieurs pays : Irlande, Espagne, Allemagne, Autriche, Pays-Bas.
- des collaborations régulières existent avec les laboratoires de Génie Électrique français tels que le SATIE (intégration de puissance), le G2ELab (intégration, packaging, matériaux magnétiques), le LAPLACE (intégration, packaging, matériaux magnétiques), IFSTTAR-LTN (packaging), IMS, etc...
- des échanges et collaborations ponctuelles existent avec différentes universités et organismes de recherche en Europe (Nottingham, Barcelone), aux USA (CPES, UTK), ainsi que dans d'autres pays (Algérie, Belgique, Tunisie, Cameroun, Indonésie, Canada).

Il est à noter que plusieurs chercheurs du département entretiennent des liens avec des collègues de disciplines plus éloignées du Génie Électrique. Ce rapprochement **interdisciplinaire** est souvent lié à des problématiques environnementales ou sociétales particulières. Ainsi :

- Olivier ONDEL, qui travaille sur la récupération d'énergie, collabore avec des collègues issus du domaine de la biologie (membres d'Ampère ou non), notamment concernant les aspects de récupération et d'utilisation de l'électricité issue de biopiles. Certaines cultures bactériennes produisent en effet de faibles différences de potentiel qu'il est possible d'exploiter, à l'aide de couplages et de convertisseurs appropriés. L'intérêt peut être la création de micro-sources autonome. C'est l'objectif du projet déposé en collaboration avec l'Institut Méditerranéen de Biodiversité & d'Écologie marine et continentale (Marseille) et le Laboratoire des Matériaux et Molécules en Milieu Amazonien (Université des Antilles et de la Guyane).
- Laurent MOREL travaille sur la caractérisation et la modélisation des matériaux magnétiques. Il a été amené naturellement à s'intéresser aux capteurs de champ magnétique. Cela l'a conduit à créer des capteurs destinés aux cavités (« grottes ») karstiques. Il collabore maintenant avec des chercheurs du laboratoire ADESS (Aménagement, Développement, Environnement, Santé et Sociétés – UMR 5185 – Bordeaux) et EDYTEM (Environnements, DYnamiques et TErritoires de la Montagne – UMR 5204 – Chambéry) sur des problématiques d'instrumentation.
- Plusieurs actions sont menées avec des laboratoires du PRES Lyon-Saint-Etienne de mécanique, thermique et matériaux, laboratoires partie prenante du CARNOT INGENIERIE@LYON : croissance cristalline, modélisation thermo-mécanique, fabrication de substrats céramique, ...

(3) Prix et distinctions reçus par les membres de l'unité

- Hervé MOREL : Médaille GENELEC 2010, Concordat GENELEC (ce concordat rassemble tous les dix ans les institutions, les académies, les industriels du secteur génie électrique aussi bien civils que militaires.) organisé par le Ministère de la Défense le 27 janvier 2011.
- Rémi ROBUTEL, doctorant : "Outstanding Student Paper Award" pour son article « Effect of High Temperature Ageing on Active and Passive Power Devices », conférence HiTEC 2010 (**International Conference on High Temperature Electronics**) Albuquerque (USA) 11-13 mai 2010.
- Fabien DUBOIS, doctorant : « Best student paper Award » pour son article « High Temperature Inverter for Airborne Application » conférence HiTEC 2010.
- Jean-François MOGNIOTTE, doctorant : prix "Centralp", décerné le 19 juin 2013 par l'Association des amis de l'Université de Lyon, pour ses travaux sur la réalisation d'un convertisseur de puissance intégré avec sa commande en SiC.
- Dominique BERGOGNE : prix 2012 de la recherche appliquée délivré par la FIEEC (Fédération des Industries Électroniques, Électroniques et de Communication) lors des journées Carnot à Lyon. Les travaux récompensés portent sur l'électronique de puissance et la gestion de l'énergie.
- Abderrahmane BÉROUAL : nommé « Fellow IEEE » au 1er janvier 2011.

d. *Interactions avec l'environnement social, économique et culturel*

Les membres du département Énergie Électrique ont été des pionniers par les recherches qu'ils ont menées, en particulier sur les composants grand gap. Les résultats obtenus ont fini par attirer l'attention d'industriels, très intéressés par les applications haute température ou haute tension. C'est la raison pour laquelle de forts liens se sont développés entre autres avec Safran, pour l'électronique de puissance haute température, et Alstom, pour les aspects d'appareillage et de conversion d'énergie haute tension.

Dans le même ordre d'idée, le laboratoire s'intéresse à la gestion des très faibles énergies électriques où il a été un des premiers laboratoires à investir une problématique maintenant essentielle pour les capteurs sans fils ou tout appareil nomade. Ceci a donné lieu à un lien fort avec la société ST-Microelectronics dans le cadre d'une continuité de thèses CIFRE assorties de plusieurs dépôts de brevets.

Outre les projets avec les grands groupes, les liens avec le tissu économique local sont bien présents. On peut citer, dans le cadre du pôle de compétitivité LUTB (Lyon Urban Truck & Bus), la collaboration entre la société Adetel et Ampère dans le cadre d'un projet FUI qui a abouti à un système de récupération d'énergie de freinage de systèmes électriques de transport de personnes (Trolley, tramways).

Concernant les liens avec les instances de normalisation, Abderrahmane BÉROUAL est membre du Bureau Français de Normalisation (Union Technique de l'Électricité - UTE) auprès de l'IEC – Commission UF 10 - Comité Technique MT30 (depuis janvier 2009).

2. Actions de la recherche

a. *Présentation*

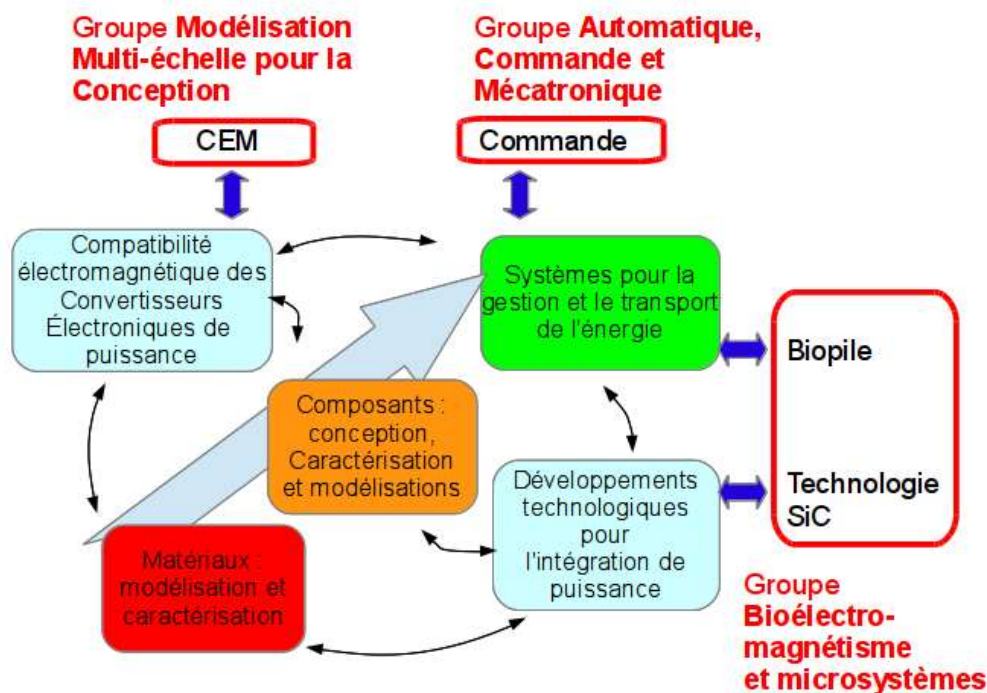
Le département Énergie Électrique revendique une position originale au sein de la communauté GE nationale qui est d'adresser des problématiques liées aux cœurs de puissance, avec une double échelle :

- matériau – composant – association – système et packaging – technologie
- modélisation – caractérisation – identification – conception

Une particularité du département EE est d'adresser des verrous sur une large gamme de puissances (récupération / HVDC), de contraintes d'environnement (haute température, haute tension) et de niveaux d'intégration.

Il y a donc plusieurs lectures possibles des activités du département EE. Il a été fait le choix de présenter ces activités en 5 catégories, qui tentent de rapprocher les compétences des problématiques :

1. Matériaux : modélisation et caractérisation
2. Composants (actifs et passifs) : conception, caractérisation et modélisation
3. Systèmes pour la gestion et le transport de l'énergie
4. Développements technologiques pour l'intégration de puissance
5. Compatibilité Électromagnétique des Convertisseurs



Les collaborations intergroupes (Bioélectromagnétisme et microsystèmes, Automatique, commande et Mécatronique, Modélisation Multi-échelle pour la Conception) sont aussi représentées dans la figure ci-dessus (flèches bleu foncé).

Les titres des activités présentées font référence aux différentes fiches action.

(1) **Matériaux : modélisation et caractérisation (A10 - EE 3)**

Mots-clefs : Caractérisation ; Modélisation des pertes ; Modèles à haute température ; Modélisation de la décharge ; Interface solide-gaz ; Huiles isolantes ; Caractérisation de matériaux écologiques.

Verrous adressés : diminution des pertes ; haute température ; élargissement du spectre d'utilisation de matériaux (nanocristallins) ; amélioration du dimensionnement de l'appareillage électrique ; utilisation de matériaux plus écologiques ; élaboration de nouveaux matériaux (huiles végétales, nano-fluides en particulier).

Originalités :

Les caractérisations dans un spectre de température étendu sont spécifiques d'Ampère. Nous utilisons et adaptons des modèles de comportement, et renseignons les paramètres de ces modèles à partir des caractérisations.

Les travaux menés sur les phénomènes de décharges aux interfaces solide/liquide et solide/gaz tant au niveau amont que pour les applications industrielles sont une spécificité du laboratoire reconnue mondialement.

(2) **Composants : conception, caractérisation et modélisation (A10 – EE2)**

Mots-clefs : Composants actifs et passifs ; Carbure de Silicium (SiC) ; Nitrure de Gallium (GaN) ; diamant ; Caractérisation ; Packaging haute tension ; Conception de composants magnétiques ; Composants des systèmes haute tension.

Verrous adressés : conception et réalisation de composants actifs à base de nouveaux matériaux (Diamant, GaN) ; composants magnétiques haute température ; analyse de défaillance.

Originalités :

Le laboratoire Ampère est un des rares laboratoires où sont rassemblées des compétences à la fois sur :

- les composants actifs
- les composants passifs
- les composants des systèmes haute tension (transformateurs, isolateurs, câbles ...)

Concernant les composants actifs, le département a fait office de pionnier, dans les années 1990, avec les travaux entrepris sur les composants SiC. Le travail continue sur la conception et caractérisation de composants à base de nouveaux matériaux (GaN, Diamant).

Les modèles prédictifs de contournement d'isolateurs pollués sont l'une des spécificités de notre département, le seul travaillant au niveau national sur ce sujet d'importance pour la qualité du transport et de la distribution de l'énergie électrique.

(3) **Systèmes pour la gestion et le transport de l'énergie (A10 – EE4)**

Mots-clefs : Packaging et convertisseurs haute température ; Gestion de l'énergie dans les microsystèmes ; Grappillage d'énergie ; Economies d'énergie ; Mobilité.

Verrous adressés : convertisseurs complets (puces + packaging + commande + passifs) à 200°C ambiant et plus ; valorisation des faibles énergies ; convertisseurs à bandes passantes très élevées (plusieurs MHz).

Originalités :

- savoir-faire concernant l'ensemble des étapes nécessaires à la réalisation de convertisseurs haute température (techniques de fabrication, de caractérisation de composants de puissance, systèmes de conversion, technologie de report)
- dans le domaine de la conversion et gestion des faibles énergies : compétences reconnues au niveau national (réfèrent de STMicroelectronics)
- Le laboratoire Ampère est fortement impliqué dans le workshop PwrSoC <http://pwrsoC2014.org/>, au sein de la société IEEE Power Electronics. Ce comité classe notre laboratoire dans le « top 10 » des équipes internationales.

(4) Intégration de puissance (A10 – EE1)

Mots-clefs : Prototypage virtuel ; Compatibilité Électro-magnétique ; Packaging 3D ; Réalisation de microinductances et composants magnétiques ; Composants intégrés grand gap.

Verrous adressés : technologies de fabrication monolithiques ; technologies de fabrication hybride ; technologies d'assemblage.

Originalités :

On peut citer parmi les réalisations spécifiques :

- un convertisseur intégré monolithique en SiC ainsi que des composants spécifiques (limiteur de courant). La spécificité vis-à-vis du G2ELab est que le G2ELab s'intéresse principalement aux fonctions d'auto-alimentations.
- une technologie de fabrication d'inductances intégrées. Par rapport aux travaux d'autres équipes, ces inductances intégrées sont réalisées par électrodéposition, ce qui permet d'obtenir des conducteurs épais. Il s'agit d'une technologie relativement standard, permettant d'envisager plus sereinement une mise en œuvre industrielle. Un objectif à plus long terme est la réalisation de composants hybrides LCT. En outre, il est recherché un fonctionnement à haute fréquence, notamment en lien avec la réalisation de convertisseur de faibles énergies, mais à bande passante élevée (voir ci-dessus). L'aspect « intégration à haute température » est aussi traité, en liaison avec l'électronique haute température.

(5) Compatibilité électromagnétique (A10-Inter 1)

Mots-clef : Perturbations conduites ; Couplages champs proches.

Verrous adressés : conception de filtres CEM pour convertisseurs SiC ; filtres en environnement sévère (haute température).

Originalités :

- L'étude de convertisseur incluant des composants en SiC. L'implication du département EE a notamment permis l'accès à des JFET qui ne sont pas largement disponibles, et l'utilisation de modèles de composants développés au sein du laboratoire. L'étude de l'impact sur la CEM de l'introduction de composants en SiC correspond à une attente industrielle forte. Ces travaux sont originaux dans le paysage français et peu étudiés dans la littérature en général.
- la réalisation de **filtres haute température** est une des actions qui caractérisent notre département. Cet aspect est traité par ailleurs dans le présent document.

b. Faits marquants

(1) Pile à Combustible Microbienne: L'énergie verte (A11.7)

Les Piles à Combustible Microbiennes (PCMs) utilisent le métabolisme de micro-organismes pour générer de l'énergie électrique à partir de matière organique. Elles représentent un intérêt important car elles acceptent une grande variété de matière organique comme combustible. Les applications potentielles incluent le traitement de l'eau autonome en énergie, les bio-batteries, et le grappillage d'énergie ambiante. La PCM est un générateur faible tension et faible puissance. La tension de sortie à vide d'une PCM est généralement située entre 0.6 V et 0.9 V. L'association d'un grand nombre de PCMs individuelles offre des perspectives très intéressantes notamment au niveau de la production d'énergie électrique.

Une démonstration a été faite d'un circuit de récupération spécifique pour alimenter un capteur embarqué en autonomie énergétique (30 jours pour 1 g de carburant organique dans un réacteur de 0.7 l). Des associations série avec un rééquilibrage actif à haut rendement ont également été validées.

(2) Composants haute tension (A11.3)

La réalisation de couches SiC type P à fort dopage localisé reste un talon d'Achille pour les composants de puissance SiC, de type bipolaire ou unipolaire. Pour diminuer les résistances d'accès et augmenter le taux

d'injection, des méthodes de dopage alternatives à l'implantation ionique sont recherchées pour réaliser des couches SiC.

Depuis une dizaine d'années une étroite collaboration entre les laboratoires lyonnais LMI (Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces - UMR 5615) et Ampère est centrée sur la mise en œuvre des couches VLS (Vapeur-Liquide-Solide) réalisées au LMI et leur utilisation par Ampère dans la fabrication technologique des composants grand-gap. Ces dernières années, un nombre significatif de personnels (permanents et non-permanents) en appui de plusieurs projets (dont ANR blanc VHVD) a permis d'obtenir des couches SiC d'une qualité compatible avec la fabrication de composants de puissance. Plusieurs démonstrateurs ont été réalisés (diodes PiN, JFETs). Actuellement dans le cadre du projet industriel VELSiC (thèse Cifre), nous étudions l'insertion de ces couches dans la fabrication des diodes Schottky fabriquées par STMicroelectronics Tours.

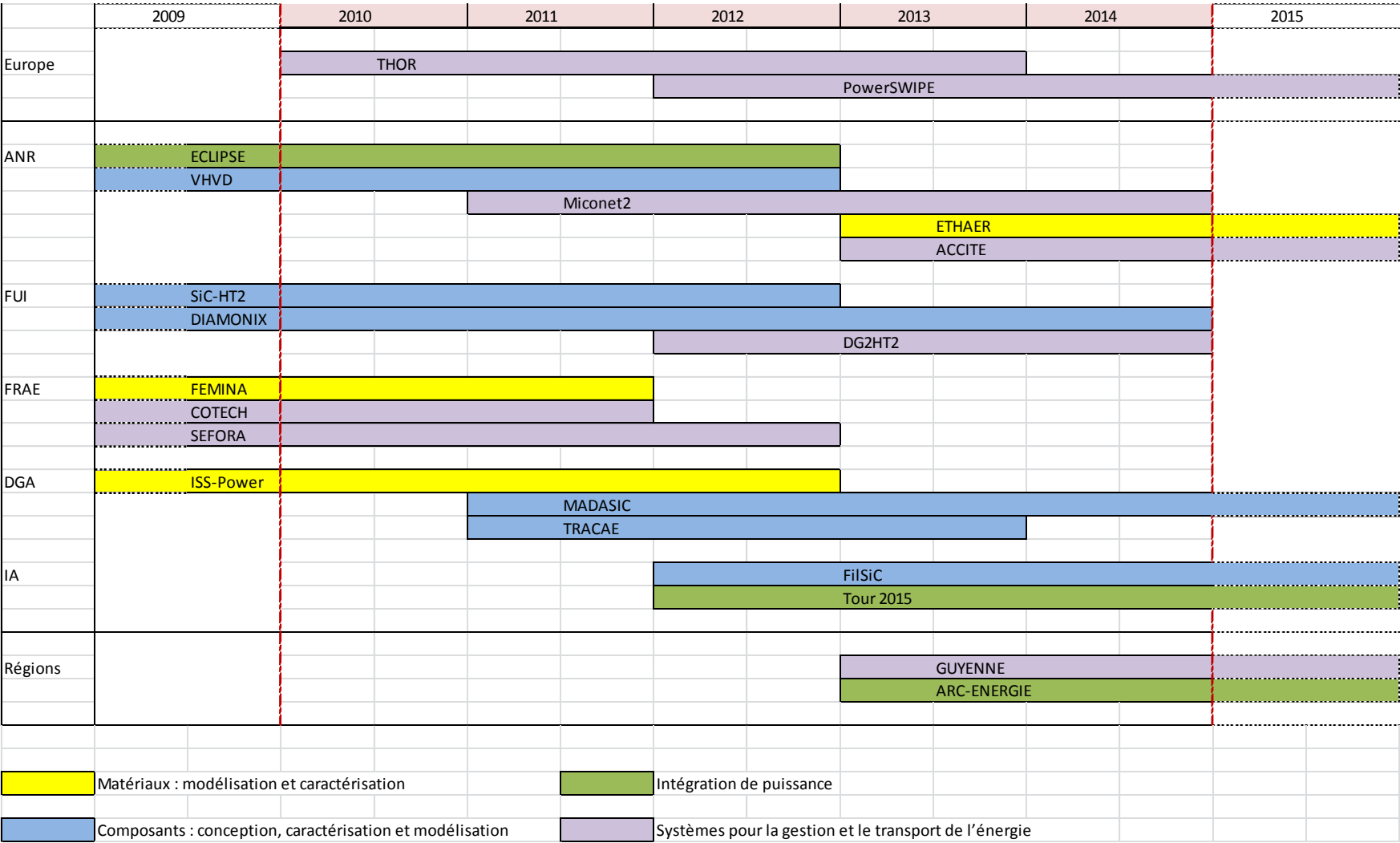
La méthode de croissance épitaxiale VLS, mise au point par le laboratoire LMI permet d'obtenir des couches SiC de type P avec un dopage autour de 10^{20} cm^{-3} . Ces couches fortement dopées P+ nous ont permis d'obtenir des contacts ohmiques avec une résistance spécifique très faible, de l'ordre de $1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}^2$. C'est un record pour la technologie SiC.

(3) Frittage argent

Le frittage d'argent est une technique alternative à la brasure pour l'assemblage des composants d'électronique de puissance. Il offre l'avantage de pouvoir fonctionner à haute température, puisque l'argent fond à plus de 900°C , là où les brasures sont limitées à environ 300°C . Il est également plus performant (de tous les métaux, l'argent est le meilleur conducteur thermique et électrique), moins toxique que beaucoup de brasures haute température (qui sont à base de plomb), et moins cher que les autres brasures haute température (qui sont à base d'or).

Plusieurs équipes industrielles et universitaires travaillent sur le frittage d'argent au niveau mondial, que ce soit pour élaborer les éléments de base, les mettre en œuvre ou les caractériser. Les travaux menés à Ampère se focalisent sur les deux derniers points, mise en œuvre et caractérisation, pour des applications d'électronique de puissance haute température. Nos résultats les plus originaux incluent l'utilisation du frittage d'argent pour la réalisation d'un convertisseur haute température complet (donc pour assembler non seulement les composants actifs de puissance, mais également les autres composants, comme les circuits de commande, les composants passifs, les substrats), ou l'étude du comportement des assemblages à long terme en conditions réelles (température et champ électrique).

C. Bilan des activités



3. Positionnement, collaborations et partenariats

Des précisions sur les collaborations ont été données dans les fiches actions. Mais pour résumer, on peut rappeler :

- les liens avec les groupements de recherche nationaux sont importants : les membres du département EE ont participé et participent encore activement à l'animation du GDR SEEDS. Plusieurs projets sont en lien avec la Plateforme 3DPHI.
- la collaboration est effective avec de nombreux laboratoires nationaux du Génie Électrique. On peut citer : LAPLACE, SATIE, IES, G2ELab, IMS, LAAS, IRSEEM, IFSTTAR-LTN, etc.
- des liens ont été tissés avec des centres de recherche européens dans le cadre de projets européens, de laboratoires internationaux associés, ou de relations directes : Tyndall National Institute (Cork, Irlande), Centro de Electronica Industrial (Université Polytechnique de Madrid), Université de Nottingham.
- on peut aussi citer des collaborations hors Europe : USA (CPES, UTK), Algérie, Belgique, Tunisie, Cameroun, Indonésie, Canada.

4. Pertinence et Originalité

Les points forts du département sont :

- l'existence au sein d'une même entité de l'ensemble des compétences du génie électrique nécessaires pour la démonstration physique de systèmes de conversion et de gestion d'énergie : matériaux, composants, systèmes, technologie, CEM ;
- des travaux et résultats sur les dispositifs sujet à des contraintes de :
 - fonctionnement à haute température
 - fonctionnement à haute tension
 - forte intégration tant hybride que monolithique. Dans ces différents domaines, le laboratoire Ampère occupe une place originale dans le contexte national, et international
- des liens avec disciplines autres que le génie électrique : on peut citer le domaine de la biologie, tant pour la création de convertisseurs adaptés aux biopiles qu'à la réalisation de capteurs destinés à fonctionner dans les réseaux karstiques.

On peut remarquer les liens forts avec le tissu industriel, tant par le nombre de contrats que par l'existence de structures mixtes (laboratoires communs, institut d'excellence ...). Pour nous, cet état de fait ne traduit pas une course aux financements au mépris de la cohérence et de la pertinence scientifique. C'est au contraire l'indicateur de l'originalité des recherches qui ont été entreprises depuis une quinzaine d'années et qui font du laboratoire Ampère un partenaire incontournable.

C. Département Bio ingénierie

1. Présentation du département

a. **Objectif scientifique**

Le Département « Bio ingénierie » est composé de 13 chercheurs et enseignants-chercheurs et 5 ingénieurs et techniciens, principalement situés sur le site de l'Ecole Centrale de Lyon (10 EC sur 13, dont 4 HDR). Le Département est organisé en deux groupes de recherche :

- groupe « Génomique Microbienne Environnementale » (GME)
- groupe « Bioélectromagnétisme et microsystèmes » (BMS)

Répartition du personnel statutaire (dont HDR) par établissement et par groupe

Groupe	ECL				UCBL				Total			
	2009		2014		2009		2014		2009		2014	
		dont HDR		dont HDR		dont HDR		dont HDR		dont HDR		dont HDR
GME	7	2	8	2					7	2	8	2
BMS	7	2	7	2	3	1	3	1	10	3	10	3
Total	14	5	15	5	3	1	3	1	17	5	18	5

L'objectif scientifique du Département est de « faire émerger des nouveaux concepts fondamentaux, de nouvelles méthodes et de nouvelles applications en bio ingénierie en s'appuyant sur une synergie entre le génie électrique, la science des microsystèmes et la biologie ». Le programme de recherche que nous avons présenté lors du dernier contrat quadriennal est structuré comme suit :

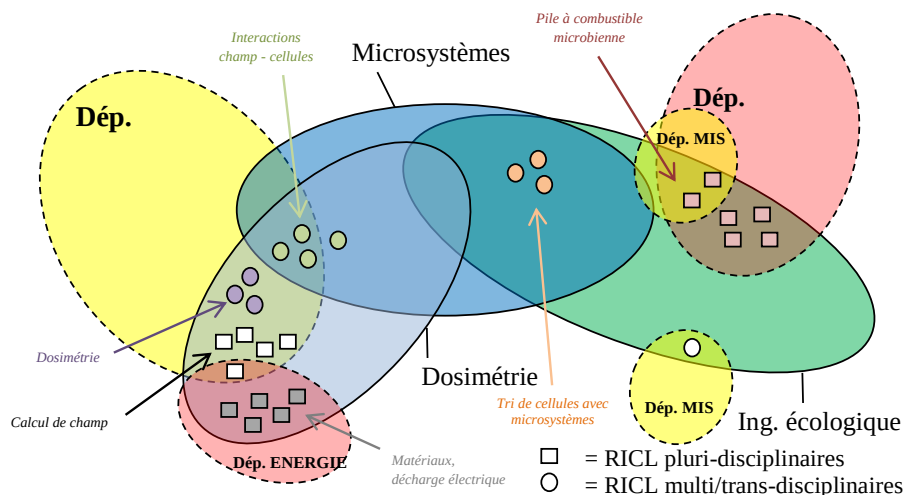
- recherche dans le domaine du **bioélectromagnétisme et microsystèmes** : elle s'articule selon deux axes :
 - **dosimétrie numérique** pour la prévention d'éventuels risques liés à l'exposition aux champs électromagnétiques et pour la thérapie (électrochimiothérapie, ablation du cancer par radio-fréquence...)
 - **microdispositifs pour la biologie** : il s'agit de développer des microsystèmes hybrides innovants dédiés à la manipulation (tri, micropositionnement) et à la caractérisation d'objets biologiques, ainsi qu'à l'étude de différents phénomènes intervenant à l'échelle cellulaire (électroporation, lyse, électrofusion, etc.).
- **ingénierie écologique** : il s'agit d'une part de comprendre les mécanismes fondamentaux à la base de l'adaptation et de la diversité du vivant, et d'autre part d'apporter des réponses à des problèmes de bioremédiation de sols pollués ainsi que l'utilisation des bactéries comme biocapteurs et pour la production d'électricité.

Notre Département possède un caractère pluridisciplinaire très marqué : pour en tirer profit, notre démarche consiste à mener à la fois des recherches propres à chaque domaine, et des projets structurants à la frontière entre plusieurs disciplines. Un équilibre entre ces deux actions est fondamental pour le bon fonctionnement du Département. On remarquera quand même une montée en puissance des actions de recherche transversales par rapport aux activités propres, comparativement à la période 2007-2010.

b. **Production scientifique**

La liste complète des publications peut être téléchargée directement depuis HAL. Le tableau ci-dessous synthétise la production de RICL du Département : concernant les seules RICL, on observe une cadence à peu près constante dans la période 2009-2013. La performance de l'activité en ingénierie écologique est exceptionnel de tout point de vue, surtout en regard du faible nombre de personnel statutaire (1 PU, 1 DR, 1 CR IRD, 2 IR et depuis 2013 un CR CNRS). L'activité microsystème affiche un nombre plus faible de RICL, ce qui est cohérent avec le nombre de permanents impliqués dans cette activité (1 PU, 2 MCF). Par ailleurs, cette activité est à l'origine du plus grand nombre de travaux pluri-disciplinaires.

Production scientifique	20—	09	10	11	12	13	Bilan
Revue Internationale à comité de lecture (RICL)	15	15	19	19	15		83
Répartition des RICL :							
Dosimétrie numérique	5	3	4	5	1		18
Microsystèmes	0	2	4	5	2		13
Ingénierie écologique	9	11	11	9	11		51
Intra-département	0	1	2	2	2		7
Inter-département	3	3	7	8	3		24



c. Rayonnement et attractivité académique

Le département est l'un des membres fondateurs du consortium international « Terragenome » (<http://www.terragenome.org>) qui a pour objectif le séquençage complet d'un sol de référence, et en particulier de faciliter les activités scientifiques autour de la métagénomique du sol. En 2011 le groupe GME constituait le comité d'organisation local pour le colloque « Génomique Environnementale Lyon 2011 » organisé par le RTP-GE de l'INEE-CNRS et Réseau Ecologie Microbienne de l'INRA (28 au 30 novembre 2011, Ecole Centrale de Lyon, Ecully). Un certain nombre d'actions de recherche menées au sein du département (et plus particulièrement par le groupe GME) ont un rayonnement international :

Responsable	Projet	AAP	Collaborations	
T. Vogel	Transbiodiverse	FP7	Univ. de Copenhague	Europe
P. Simonet	Impactance	ANSES	Agriculture Canada, Ontario	International
P. Simonet	NORA	Marie Curie	Univ. d'Oslo, Norvège	Europe
P. Simonet	MISAFE	FP7	Hebrew Univ. of Jerusalem	International
P. Simonet	Metaexplore	FP7	Univ. of Groningen, Pays Bas	Europe
E. Navarro	EC2CO	CNRS INSU	IRD Maroc	International

L'attractivité du département est confirmée par sa capacité à attirer de nombreuses candidatures de chercheurs venants de l'étranger (liste non exhaustive) :

Nom	Nationalité	Position	Divers
Catherine Larose	Canada	Candidature CR2	Recrutement 2013
Graeme Nicol	G.B.	Candidature CR1	Senior lecturer, University of Aberdeen
Josh Neufeld	Canada	Année sabbatique	Associate professor, University of Waterloo
Andrei Barkhovski	USA, Russie	Année sabbatique	Professor, Georgia college and State University, Milledgeville, GA
Alexander Anesio	Brésil, G.B.	Année sabbatique	Reader, University of Bristol

d. interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Certains membres du département sont membres de différents comités scientifiques :

P. Simonet	Réseau thématique pluridisciplinaire (RTP) Génomique environnementale (membre du bureau et du Comité Scientifique)
P. Simonet	Membre du Conseil Scientifique du Haut Conseil des Biotechnologies
E. Navarro	Réseau SICMED Environnement Miniers Méditerranéens

En ce qui concerne le monde industriel, le Département collabore depuis longtemps avec EDF. En 2008 la société Enoveo (<http://www.enoveo.com/>) a été créée : cette société, émanation du groupe GME (dont elle emploie certains ex-doctorants), fournit des services pour résoudre des problèmes liés à des problématiques environnementales (pollution, ...).

2. Actions de la recherche

a. Présentation

(1) Recherche en dosimétrie numérique (A10-Inter 3)

Les travaux menés au sein du Département portent sur la quantification des champs électromagnétiques dans le corps humain, principalement aux fréquences ELF (0 – 300 Hz) et pour la téléphonie mobile (cf. Bio-3). Les applications auxquelles nous nous intéressons sont : i) l'exposition humaine involontaire aux champs électromagnétiques dans un cadre professionnel (travailleurs sur lignes HT), ou grand public, ii) l'utilisation de champs électromagnétiques dans un cadre médical. **L'objectif est de garantir la précision des résultats numériques et de quantifier l'incertitude** qui dérive principalement de la méconnaissance des propriétés diélectriques. Pour cela, nous avons travaillé sur : i) l'utilisation d'estimateurs d'erreur, ii) la construction de maillages à partir de fantômes en voxel, iii) l'utilisation du chaos polynomial pour la quantification de l'incertitude.

Collaboration avec EDF et le L2EP sur la dosimétrie pour les travailleurs du secteur électrique.

Un verrou important en dosimétrie numérique est lié aux différentes échelles du vivant (membrane, cellule... organe). Nous travaillons sur la modélisation de l'électroporation au niveau du tissu, dans la perspective de développer des outils pour planifier de manière fiable des actes médicaux par électrochimiothérapie : cela requiert de coupler des modèles (non linéaires) d'électroporation de membranes biologiques avec des modèles macroscopiques.

Projet structurant : dans le cadre du projet ANR « Memove », nous cherchons à développer des nouveaux modèles d'électroporation à l'échelle de la membrane cellulaire, qui prennent en compte la physiologie de la cellule (échanges d'ions, création d'espèces radicalaires). Ces modèles seront transposés à l'échelle du tissu pour simuler l'acte médical. Des microsystèmes ont été développés pour quantifier par voie électrochimique le phénomène d'électroporation sur des liposomes, ce qui permettra de recalibrer les paramètres des modèles numériques à partir de données expérimentales.

Nous cherchons à orienter notre activité vers des activités médicales : i) modélisation de l'électrochimiothérapie (ANR « Memove »), ii) modélisation de l'ablation du cancer par radio-fréquences (participation au Labex PRIMES : <http://primes.universite-lyon.fr>).

(2) Recherche sur les microsystèmes (A10 – Bio 3)

Les travaux de cette activité portent essentiellement sur le développement de microdispositifs hybrides (= employant différents champs de force) pour la manipulation et la caractérisation d'objets biologiques, grâce à l'emploi synergique de forces de nature électrique, magnétique, acoustique, optique et fluïdique. **Nous nous intéressons à l'étude de l'interaction champ électrique/cellules**, à travers différents projets (cf. Bio-4). Nous avons mis au point des microsystèmes permettant la mesure des propriétés électriques de cellules isolées et d'agrégats de cellules à l'aide des techniques d'électrorotation et de micro-impédancemétrie : cela permettra de mieux comprendre les effets potentiels des champs électromagnétiques sur le corps humain, en faisant le lien entre les études conduites à différentes échelles (la cellule, le tissu, le corps entier...). A titre d'exemple, la technique d'électrorotation a été employée pour détecter une éventuelle modification des propriétés électriques de cellules HEK 29 suite à une exposition prolongée à un champ magnétique statique de 0.5 T.

Projet structurant : dans le cadre de la thèse d'Amal El-Gaddar, nous cherchons à caractériser expérimentalement du point de vue électrique des « tissus artificiels » composés d'agrégats de cellules. La démarche consiste à : 1) caractériser une cellule unique par une expérience d'électrorotation, 2) construire des agrégats d'une centaine de cellules, et les caractériser par mesure d'impédancemétrie, 3) confronter les résultats numériques obtenus par homogénéisation à partir des valeurs de conductivité/permittivité d'une cellule unique (étape 1) avec les caractéristiques mesurées à l'étape 2.

Des dispositifs microfluidiques à base de PDMS dopé au carbone ont été développés, afin d'être en mesure d'appliquer un champ électrique directement entre les parois d'un canal microfluidique, dans le but d'étudier des phénomènes d'électrofusion, de lyse et d'électroporation de cellules.

Collaboration avec l'Institut des Nanotechnologies de Lyon (thèse en cotutelle de Mathieu Brun).

Le développement de cette technologie se poursuit à Ampère (ANR « Memove ») afin de mieux comprendre le mécanisme de formation de pores dans la membrane cellulaire lors de l'application d'un champ électrique (phénomène d'électroporation). Afin d'être en mesure d'exploiter au mieux les propriétés intrinsèques des cellules pour leur manipulation (taille, densité, susceptibilité magnétique, conductivité, permittivité...), **nous travaillons également à la mise au point de microsystèmes employant d'autres champs de force (magnétique, acoustique)**. Nous travaillons depuis plusieurs années autour de la manipulation de cellules par champ magnétique. A l'occasion du projet ANR Emergent porté par Pascal Simonet (cf. Bio-1), des

systèmes microfluidiques intégrant des microaimants fabriqués à l'Institut Néel ont été mis au point pour permettre l'isolement spécifique de bactéries ciblées par hybridation magnétique *in-situ*. Ces travaux très prometteurs sont poursuivis activement (thèses de Jeremy Pivetal (soutenue en 2013) et de David Royet, débutée en septembre 2013).

Projet structurant : ces travaux ont fait l'objet d'une collaboration étroite et pluridisciplinaire au sein même du Département, et avec le G2Elab et l'Institut Néel à Grenoble – cf. « Tri de cellules par hybridation *in situ* », cf. Bio-4.

Nous avons amorcé l'étude des systèmes de manipulation de cellules par voie acoustique basée sur l'emploi des ondes acoustiques de surface (thèse de Sylvain Toru). Cette technologie, qui a vu le jour il y a environ 6 ans, offre l'avantage de pouvoir facilement modifier la répartition des nœuds et des ventres de l'onde stationnaire générée dans un canal microfluidique. Cependant, peu d'études ont été consacrées à la modélisation multiphysique de ces systèmes afin d'en améliorer les performances.

Ces travaux sont menés en collaboration avec le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique et le Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (Ecole Centrale de Lyon), et font également objet d'une collaboration avec le laboratoire LM2, Sheerbrooke (Canada).

Nous avons également amorcé une activité autour de systèmes microfluidiques intégrant des microélectrodes à base de diamant synthétique, de carbure de silicium (SiC) et de graphène (thèse de Julien Pézard), dont l'objectif est d'exploiter les propriétés électrochimiques très intéressantes de ces matériaux (large fenêtre de potentiel, faibles courants résiduels, ...) pour proposer des biocapteurs microfluidiques sensibles avec un large spectre de détection.

Ces travaux sont menés en collaboration avec le Département « Énergie ».

Ces différents projets, menés en parallèle, nous ont permis de constituer une « boîte à outils » pour la réalisation de microsystèmes hybrides permettant de s'adapter à différentes conditions expérimentales (cellules pouvant être marquées ou non, milieux conducteurs ou non, expériences menées en batch ou sous flux, etc.). **Nous souhaitons à présent donner à notre recherche une dimension plus appliquée, en l'orientant notamment vers la réalisation de systèmes de diagnostic type « point-of-care »** (ex : projet « Comet » déposé en réponse à l'AAP Jeunes chercheurs en 2013). D'autres applications des méthodes de manipulation sans contact sont également envisagées, notamment dans le domaine de la microélectronique et des capteurs : ainsi, nous étudions l'assemblage de nano particules/nanofils par diélectrophorèse ou par magnétophorèse, dans le but de procéder à la formation contrôlée de nouvelles structures suivant une approche « bottom-up ». C'est notamment l'un des objectifs de la thèse de Samia Menad, qui cherche à conférer un caractère permanent à ces structures en ayant recours à des agents de couplage chimiques. C'est également le point de départ d'une collaboration qui a été mise en place avec le Laboratoire Nanotechnologies Nanosystèmes.

(3) Recherche en ingénierie écologique (A10 – Bio 2)

Notre planète se caractérise par une très grande diversité des écosystèmes et pour chacun d'entre eux par la complexité et l'hétérogénéité de sa structure physique et de sa composition chimique : c'est particulièrement le cas pour le sol, qui présente une hétérogénéité physico-chimique considérable et constitue le plus important réservoir de diversité au niveau des microorganismes. **Nos objectifs sont d'étudier par quels mécanismes la communauté bactérienne peut évoluer et s'adapter à son environnement.** L'originalité de notre approche est de prendre en compte l'influence des facteurs biotiques et édaphiques, qui ensemble vont participer à la régulation des mécanismes adaptatifs bactériens. Les études sur les bactéries du sol sont toutefois confrontées à plusieurs difficultés liées à : i) la taille microscopique des organismes concernés, ii) la complexité de la matrice, iii) le grand nombre de cellules bactériennes, iv) l'extrême diversité tant infra qu'interspécifique, vi) le flou de la notion d'espèce bactérienne et vii) le caractère non cultivable de la plupart des bactéries. Une des premières étapes pour répondre aux questions d'évolution et d'adaptation était d'inventorier la diversité bactérienne tant en termes populationnels que fonctionnels avec un très fort investissement dans le développement de la métagénomique, des puces à ADN, du séquençage à très haut débit (cf. Bio-1). Ces approches permettent de déterminer l'évolution populationnelle de la communauté, et de définir quels groupes taxonomiques sont les plus affectés. Appliquées à des sols soumis à des concentrations élevées en éléments toxiques, comme lors de contaminations d'origine anthropique (pesticides chlorés) ou naturellement (environnements riches en nickel en Nouvelle Calédonie), ces technologies permettent de définir des bio-indicateurs de l'état perturbé comme par exemple peuvent l'être les actinobactéries dans les sols néo-calédoniens.

Collaboration avec le LSTM (Nouvelle Calédonie), le CEREGE (Aix), le MAP (Lyon), l'IGM (Paris).

La seconde étape du décryptage des mécanismes adaptatifs d'une communauté bactérienne concerne son potentiel fonctionnel en termes de gènes susceptibles d'être exprimés *in situ*. Les stratégies pour ces études fonctionnelles peuvent faire appel au clonage de l'ADN environnemental pour créer des banques d'ADN métagénomique, qui seront ensuite criblées par une technologie d'hybridation de colonies sur membranes ou phénotypiquement quand sont ciblés des gènes permettant la croissance spécifique de l'hôte en présence de

l'agent de sélection (gènes de résistance). Ces études fonctionnelles sont aussi accessibles par le séquençage direct de l'ADN extrait (pyroséquençage), nos travaux montrant que les approches par séquençage direct et criblage de banques sont complémentaires. L'étude des mécanismes d'adaptation est importante notamment pour comprendre le fonctionnement d'écosystèmes fragiles comme peut l'être l'Arctique qui a été très impacté par les activités anthropiques. Les manteaux neigeux arctiques constituent des modèles inestimables pour identifier les facteurs clés impliqués dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques des éléments comme le soufre, l'azote et le mercure. De la connaissance de ces mécanismes pourront être tirées des mesures de protection environnementale (cf. Bio-2). Les travaux sur les mécanismes d'adaptation peuvent également déboucher sur des projets plus appliqués.

Projet structurant : La pile à combustible microbienne (thèse de Nicolas Degrenne), en collaboration avec le département « Energie » est une technologie qui utilise les bactéries pour produire de l'électricité à partir de molécules organiques grâce à des réactions d'oxydo-réduction initiées par les bactéries. Cela permet d'utiliser différents substrats organiques, et notamment : effluents industriels, eaux usées des stations d'épuration,... La pile à combustible microbienne serait un moyen de traiter ces effluents tout en produisant de l'énergie !

Nos travaux visent aussi à étudier le rôle du transfert horizontal de gènes (THG) comme mécanisme bactérien d'adaptation et d'évolution. Nous avons pu montrer comment le transfert d'informations génétiques peut permettre à une bactérie d'acquérir de nouvelles fonctions qui jusque-là leur étaient inutiles, par exemple des enzymes pouvant dégrader des composés xénobiotiques. Ces résultats nous ont motivé à comprendre comment peuvent être régulés les échanges de gènes entre bactéries dans l'environnement terrestre, et si ces transferts *in situ* sont effectivement dus aux seuls mécanismes connus.

Projet structurant : nous avons étudié l'effet de la foudre sur la diversité bactérienne, en partant de l'hypothèse qu'elle favorise le THG par électrotransformation entre bactéries caractérisées par un potentiel d'électro-compétence extrêmement élevé (thèse de Laurine Blanchard).

Les avancées spectaculaires récentes des technologies de séquençage et de la bioinformatique confirment qu'un inventaire bactérien populationnel et fonctionnel quasi exhaustif du sol est possible, comme nous l'avons envisagé dès 2009 en nous investissant dans les projets « Metasoil » (national, ANR GMGE) et « Terragenome » (international).

Ces deux projets, pour lesquels le groupe GME est porteur, regroupent un grand nombre d'universités tant françaises qu'étrangères : **ensemble, ils représentent le plus grand effort d'extraction, séquençage et analyse d'ADN environnemental jamais réalisé sur un seul et même sol.**

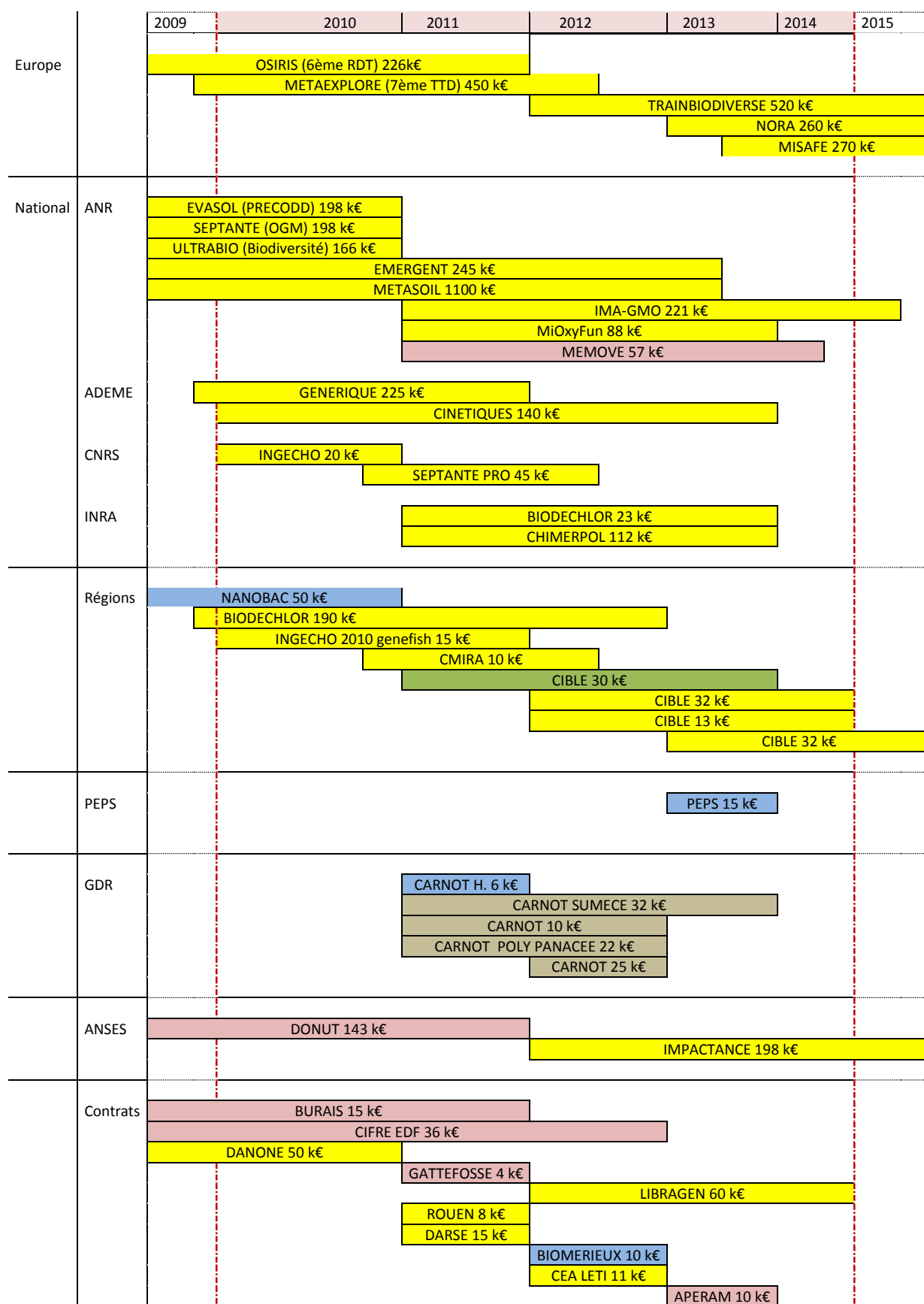
Ces projets ont produit une mine d'informations sur le nombre réel d'espèces différentes présentes, leur répartition, la diversité des gènes fonctionnels, leur niveau de redondance, l'importance des éléments génétiques mobiles... Toutes ces données sont en cours d'exploitation et sont déjà le point de départ d'autres projets. Différents sites naturels ou anthropisés sont étudiés par la combinaison des approches expérimentales métagénomiques et conventionnelles, avec une attention particulière apportée au rôle spécifique du THG. Il existe de nombreuses **retombées appliquées de nos recherches**, par exemple pour la découverte de nouveaux biocatalyseurs pour l'assainissement d'écosystèmes pollués (projets « Valosoil » et « Imagine »), pour la forensie environnementale (projet « Honoree »). **Nos recherches permettent aussi de répondre à des préoccupations sociétales** comme l'impact des plantes OGM sur l'environnement : c'est par exemple le cas du projet « IMA GMO », qui étudie les potentialités du transfert à la microflore du sol du gène de résistance à un antibiotique de cultures OGM, et des projets « Générique », « Impactance » et « Antind », visant à étudier la diversité naturelle des gènes de résistance à des antibiotiques dans les sols, leur évolution et leurs potentialités de dissémination. Ces objectifs sont en lien direct avec nos programmes sur le rôle des THG dans l'adaptation bactérienne.

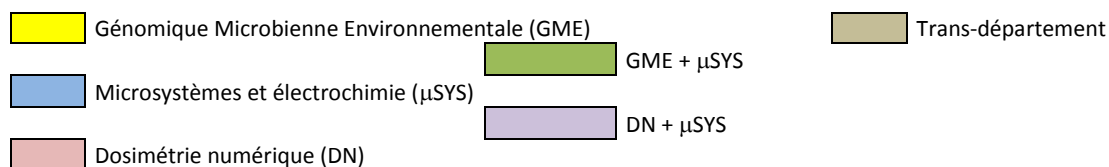
b. **Faits marquants**

Certaines réalisations décrites par ailleurs (cf. annexe 11) constituent des faits marquants pour le département : i) notamment les projets « Metasoil » et « Terragenome », qui ont mis en évidence l'extraordinaire diversité taxonomique et fonctionnelle bactérienne du sol, qui s'est avérée supérieure à toutes les prévisions, ii) le développement d'une technique très originale pour explorer cette diversité, complémentaire à l'approche métagénomique, qui consiste à trier sur réseau de microaimants des bactéries ayant incorporé des sondes marquées magnétiquement : ceci permet d'effectuer un criblage fonctionnel ou taxonomique sans passer par une étape de culture (souvent impossible), iii) l'utilisation de micro-organismes pour générer de l'énergie à partir d'effluents industriels et/ou eaux usées : des réactions REDOX sont réalisées pendant le catabolisme bactérien, ce qui permet la dégradation de composés xénobiotiques, tout en réalisant des économies d'énergie.

c. *Bilan des activités*

Un tableau synoptique des activités du Département est présenté ci-dessous.





3. Positionnement, collaborations et partenariats

Le détail des collaborations est donné dans les fiches actions (cf. annexe 10). On peut rappeler des collaborations avec de nombreux laboratoires européens (Institut de Nanotechnologies de Lyon (INL), l'Institut Montefiore (Belgique), le UMB Nitrogen Group (Norvège)...), et les nombreuses collaborations hors Europe : USA, Israël, Canada, Brésil ...

4. Pertinence et Originalité

Le point fort du Département est la présence de plusieurs disciplines en son sein. Ceci rend possible des recherches qui ne peuvent être menées (ou très difficilement) autrement : parmi d'autres, nous pouvons citer : i) l'effet de la foudre sur la diversité et l'adaptation bactérienne (1 thèse soutenue), ii) la *Single-cell genomics* (2 thèses soutenues, avec des résultats très encourageants), iii) les piles à combustibles microbiennes (1 thèse soutenue, 1 thèse en cours).

III. Implication de l'unité dans la formation par la recherche

Le personnel permanent du Laboratoire Ampère est majoritairement composé d'enseignant-chercheurs des trois établissements de tutelle (ECL, INSA, UCBL) qui enseignent du L1 aux formations doctorales. Les enseignements diffusés dans les dernières années du cycle universitaire bénéficient très naturellement des activités de recherche.

A. Les masters

Nous sommes impliqués dans deux mentions de masters en tant que formateur et/ou porteur des formations: le master EEAP (Electronique, électrotechnique, automatique, procédés) pour les disciplines liées au génie électrique et à l'automatique et le master EM (écoscience et microbiologie) au travers du parcours recherche écologie microbienne.

Le master EEAP est cohabilité par les trois établissements de tutelles ; il comporte 6 parcours recherche dans les spécialités Electronique et Systèmes Embarqués (ESE), Génie des Procédés (GP), Génie Electrique (GE), Systèmes et Images (SI), Télécommunications (TC) et Génie des Systèmes Automatisés (GSA). Ce master est adossé aux 4 laboratoires de la région lyonnaise qui travaillent dans les thématiques concernées : INL, LAGEP, CREATIS et Ampère.

Les chercheurs du Laboratoire Ampère interviennent essentiellement dans les parcours GE, GSA et le parcours écologie microbienne ce qui représente un vivier d'environ 26 étudiants par an dans lequel nous pouvons recruter une partie de nos doctorants.

En termes de pilotage et d'animation de la structure, nous pouvons citer le Prof. A.Beroual qui est porteur du parcours de recherche GE, le Prof. E. Niel et le Dr. M. Di Loreto qui ont été correspondants de la mention master à l'INSA respectivement jusqu'à 2013 et depuis 2013, et le Prof. G. Scorletti qui a été le correspondant de la mention master à l'ECL de septembre 2007 à septembre 2012.

Statistiques sur le nombre d'inscrits et de diplômés

	Nombre d'étudiants inscrits sur la période 2009-2013	Nombre d'étudiants diplômés sur la période 2009-2013
Parcours GE Recherche	40 sur les 4 ans	38
Parcours GSA Recherche	60	56
M2R Ecosciences, Microbiologie	10 (*)	
M2R Infectiologie Fundamentale	1 (*)	1
M2R Modélisation Statistique (Université de Franche Comté)	1 (*)	1

(*) ce chiffre correspond au nombre d'étudiants en M2 Ecologie microbienne qui ont effectué leur stage à Ampère

Nombre de crédits ECTS dispensés par les EC d'Ampère dans les parcours recherche (M2)

	Nb ECTS
Parcours GE Recherche	30 ECTS

Parcours GSA Recherche	18 ECTS
Parcours Ecologie Microbienne	2 ECTS

B. La formation doctorale

Tous les doctorants du laboratoire Ampère, y compris ceux qui proviennent des formations en microbiologie, sont inscrits à l'Ecole Doctorale EEA de Lyon (ED 160, Ecole Centrale de Lyon, INSA de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1) qui est dirigée depuis 4 années par le Prof. G. Scorletti qui a pris la suite du Prof. A. Nicolas, qui était également un enseignant-chercheur du Laboratoire Ampère. Nous avons veillé à mettre en place un suivi régulier des doctorants en liaison avec l'Ecole Doctorale afin que la relation entre le laboratoire et chaque doctorant relève d'un engagement réciproque clair. Une procédure de suivi des doctorants sur les 3 années de la thèse a été mise en place dans le cadre d'une démarche qualité en recherche. Par exemple, chaque doctorant doit présenter en fin de première année un bilan de ses premiers travaux devant l'assemblée générale du Laboratoire. Cette présentation a pour but de faire connaître à l'ensemble des membres les activités menées par les différentes équipes mais également de détecter les problèmes éventuels et de les corriger.

Le laboratoire Ampère est particulièrement impliqué dans la formation scientifique organisée par l'Ecole Doctorale EEA (tutoriales EEA) puisque plus de 40% des tutoriales sont assurées par des chercheurs et enseignants-chercheurs volontaires du laboratoire, les habilités à diriger des recherches du laboratoire représentant 28% du nombre total des HdR rattachés à l'ED EEA. Ce dynamisme se traduit par un poids important dans l'encadrement doctoral de l'ED EEA puisque 36% des doctorants appartiennent au laboratoire Ampère, avec une très large variété de financements (ANR, CIFRE, FUI, Région, etc.).

La qualité de notre formation a permis à nos doctorants de se distinguer au niveau national et international : F. Dubois et R. Robutel respectivement *Best Student Paper Award* et *Outstanding Student paper award* à la Conférence HiTec 2010, N. Degrenne *Best Poster Presentation* à UE-ISMET 2012, R. Germain *Best Paper Award* à Revet 2012, M. Makdessi *Best Oral Presentation* IECON 2012, S. Hajjar Prix de la Meilleure Communication de Doctorant à CIEL 2013, J-F. Mognotte a obtenu le Prix Centralp 2013 (Université de Lyon), A Souahli a obtenu le Prix de l'Innovation JCGE 2011 et S. Toru, le prix de la thèse académique JCGE 2013.

Le Laboratoire Ampère est fortement impliqué au niveau national dans l'animation de la communauté des doctorants. Charles Joubert préside le comité scientifique de JCGE. Christian Vollaire a été plusieurs fois membre du jury de la meilleure thèse en Génie Electrique décernée conjointement par le Club EEA et le GDR SEEDS

La liste des thèses est présentée en annexe 7.

IV. Stratégie et perspectives scientifiques de l'unité

A. Projets et objectifs scientifiques du Laboratoire

1. Déclaration de politique générale

La gouvernance du laboratoire sera reconduite à ceci près que 2 Directeurs-Adjointes travailleront étroitement avec le DU afin de tenir compte de la réalité des tutelles. L'UMR souhaite insuffler davantage de qualité, jouer le jeu de l'intelligence économique, le tout formalisé par des procédures : quoiqu'a priori contraignante, cette manière d'agir doit pouvoir atténuer l'écart qu'il existe entre le volume de travail généré aux plans administratif et financier par les très nombreux projets emmenés par les chercheurs et la ressource humaine limitée en IATOS. Un défi du prochain quinquennal est de parvenir collégialement à consacrer davantage de temps tant à la réflexion et aux échanges scientifiques, qu'à adopter de bonnes pratiques sur les plans administratifs et financiers comme sur les plans de la sécurité ou des activités expérimentales. L'UMR doit continuer à se doter des outils techniques pour travailler dans le sens de ces objectifs.

Les modifications dans les modes de fonctionnement du laboratoire découlent de la synthèse de l'analyse SWOT résumée dans le tableau ci-dessous, et explicitée juste après.

Le projet en cours structure le travail des chercheurs par compétences et disciplines au sein de trois départements. Les conclusions de l'analyse SWOT poussent à adopter une structuration par grandes priorités scientifiques, afin de répondre à plusieurs écueils comme l'hétérogénéité des groupes, et proposer la déclinaison d'une certaine politique scientifique, plutôt qu'avancer par opportunisme de projets. Dans un souci de positionnement plus visible et pour maintenir la structuration aux frontières des disciplines, sans oublier les exigences propres à chaque discipline, l'idée est de faire porter l'effort des ressources du laboratoire sur 7 priorités scientifiques, explicitées plus loin.

FORCES • Interdisciplinarité et pluridisciplinarité • Thématiques reconnues • Positionnement scientifique original • Forte activité contractuelle • Animation de la recherche • Nombreux moyens expérimentaux	FAIBLESSES • Diminution prévisible en ressources humaines sur certaines compétences (63^{ème} section) • Laboratoire multi-sites
OPPORTUNITES • Interactions avec différents partenaires • Thématiques en phase avec les besoins industriels et SNR (Stratégie Nationale de la Recherche) • Forte croissance récente des personnels en 61^{ème} section	RISQUES • Déséquilibre en HDR dans un contexte de forte sollicitation • Départ par manque de visibilité de carrière pour des chercheurs confirmés • Pilotage par projets • Absorption dans le quotidien administratif • Difficultés de recrutement aux frontières des disciplines

Le laboratoire est identifié pour ses activités structurantes aux frontières des disciplines Automatique, Génie Electrique et Bio-ingénierie. Le laboratoire Ampère a su enrichir ses actions pluridisciplinaires tout en maintenant l'excellence dans certaines disciplines. Le prochain quinquennal veillera à renforcer ces synergies qui concourent à l'excellence disciplinaire et multidisciplinaire.

Sur le plan des ressources humaines, le bilan montre l'essor du laboratoire particulièrement en 61^{ème} section, signe du fort soutien des établissements. D'un autre côté, des départs sont programmés et des compétences particulières, qu'il faudrait pouvoir maintenir au sein de l'unité, vont partir avec eux, surtout en 63^{ème} section. L'unité soutient par ailleurs les initiatives de création de start-up sur la base de résultats et savoir-faire acquis en son sein. Cela pose le problème d'une privation immédiate de compétences ; ceci vaut pour les délégations et disponibilités (3 permanents concernés au total à très court terme) ainsi que pour les départs en retraite (3 enseignants/chercheurs). Ceci aura pour conséquence une pression plus forte induite sur les permanents seniors dans le quotidien administratif.

En contrepartie, cela offre l'opportunité au laboratoire de recruter à moyen et long termes sur les priorités scientifiques et aux frontières des disciplines.

La politique de l'UMR doit donc immédiatement tenir compte de cette analyse dans un contexte où le laboratoire est particulièrement sollicité puisque ses thématiques correspondent à une réalité socio-économique, formalisée à travers 9 défis de la Stratégie Nationale de Recherche (SNR) où l'UMR se positionne de manière très visible.

Cette stratégie scientifique vise à renforcer la pluridisciplinarité à travers des objectifs en nombre réduit. L'animation de la recherche à Ampère en tiendra compte et visera un brassage plus régulier et plus productif entre les chercheurs. La structuration actuelle du laboratoire en départements reste inchangée mais pour répondre à certains défis de la SNR, des priorités scientifiques sont mises en place. La notion de groupe de recherche regroupant des compétences intra-département, laisse donc place à des priorités scientifiques inter-département. Ces priorités scientifiques visent à renforcer les domaines d'excellence de l'UMR et à enrichir les collaborations intra et inter départements.

Sur le plan de l'animation scientifique, l'UMR va continuer à jouer un rôle incitatif avec des projets internes (API), financés par un prélèvement équitable sur les contrats et projets. Malgré des difficultés de mise en œuvre, le bilan montre que cet outil a permis l'émergence d'actions pluridisciplinaires qui ont débouché avec succès sur des propositions à différents appels locaux, nationaux et internationaux. Les projets internes concerneront les actions émergentes inscrites dans les 7 priorités du laboratoire.

Les grands projets et collaborations fortes en cours (ITE SuperGrid, laboratoire commun IPES, équipe de recherche commune GES) s'inscrivent de manière naturelle dans les priorités scientifiques de l'UMR présentées ci-dessous.

Ampère maintiendra et développera sa présence dans les GdR et dans les collaborations internationales. Citons par exemples la volonté partagée avec le G2ELab de créer une UMI franco-brésilienne à partir du LIA Maxwell et l'intérêt à collaborer à une plateforme technologique sous la forme de la création d'une USR (Unité de Service et de Recherche) à Toulouse (3DPHI).

2. Actions prévues et mise en œuvre

L'émergence de projets structurant aux frontières des disciplines et l'intégration rapide des jeunes chercheurs demandent des actions dans le sens d'un plus grand brassage au sein de la communauté des chercheurs et des personnels techniques et administratifs.

a. Séminaires Ampère

Les séminaires sont le lieu privilégié pour l'échange et la confrontation d'idées.

Lors du prochain quinquennal, le laboratoire souhaite intensifier les séminaires existants dans les départements (essentiellement consacrés à des travaux relativement aboutis de chercheurs du laboratoire ou de l'extérieur), et mettre en place des séminaires spécifiques aux « priorités », qui auront comme objectif de développer des collaborations transversales. Ces séminaires agissent comme « brain storming ».

b. Journées des doctorants de 1ère et 2ème année

Ces journées répondent à un triple objectif d'une démarche qualité, de suivi des travaux doctoraux et de partage interne de ces travaux.

Le suivi de chaque thèse sera formalisé, autant que faire se peut, au sein d'un Comité de thèse. Ce comité inclut les encadrants de la thèse et veut adjoindre le regard de un ou plusieurs chercheurs extérieurs à la thèse. Ce comité de thèse accompagne, à l'occasion de jalons importants, l'analyse de l'avancement de la thèse le plus globalement possible. Après une première année de thèse, chaque doctorant(e) doit présenter son travail devant le laboratoire, en séance plénière (un rapport écrit remis en juin est soumis à des rapporteurs qui doivent apprécier l'appropriation des travaux, leur originalité comme leur risque). L'audition du candidat(e) 1A ouvre sur la discussion collégiale des différents travaux, et permet le cas échéant au Comité de Direction du laboratoire de décider de mettre fin à un doctorat (jusqu'à deux cas chaque année).

En fin de seconde année de thèse, ce type d'échanges scientifiques est pratiqué au sein des départements dans le cadre de « journées de département », résolument conviviales.

c. Ouverture vers l'extérieur

L'UMR saisit les diverses occasions institutionnelles qui lui sont offertes d'illustrer des travaux, des compétences ou des savoir-faire. Ces événements, locaux ou régionaux, n'ont pas tous la même portée. L'adhésion du laboratoire aux problèmes sociétaux liés à la mobilité le fait participer à la Journée L'Ion Rallye par exemple. Plusieurs journées sont organisées par les tutelles, le Carnot I@L sur Lyon ou Minalogic sur Grenoble, par les entités d'enseignement (FST UCBL, GIP CNFM) également.

L'UMR participe aux activités de LIAs et de GdRs où se pratiquent des discussions et des confrontations scientifiques utiles à l'animation de la recherche. L'UMR favorise également les interactions avec des « experts externes » en visite au Laboratoire.

d. Comité de direction

La conduite du laboratoire repose sur le Comité de Direction et le Conseil de Laboratoire. Le Comité de Direction (DU, 2 Directeurs-Adj., responsables de département, responsable administratif) s'intéressera aux dossiers à caractères administratif et financier et orchestrera les dossiers à caractère scientifique : tous dossiers présentés et validés par et pour le Conseil de Laboratoire. Une session conjointe, par semestre, du Comité de Direction et du Conseil de Laboratoire concernera l'animation scientifique et la politique d'accompagnement. Les coordinateurs des priorités scientifiques -expliquées à la suite-, y seront entendus. L'analyse critique de l'évolution des travaux, projets et contrats aura une incidence sur la politique du laboratoire au besoin. Un Conseil de Laboratoire semestriel ciblant la vie des priorités, complétera la discussion et l'analyse.

e. Personnels IATOS-BIATOS

L'UMR Ampère regroupe ses forces en personnels administratifs et financiers sous 2 pôles (administratif et technique). Ces pôles sont chargés de travailler à la meilleure organisation, à la meilleure répartition des

missions et à faire correspondre le besoin généré par les chercheurs aux ressources humaines limitées dont l'UMR est dotée. Le laboratoire attachera d'autant plus d'importance au suivi des personnels IATOS-BIATOS.

3. Evolution de la structure du Laboratoire en départements et priorités scientifiques.

Le projet structure l'effort des ressources du laboratoire en 7 priorités scientifiques. La notion d'équipe de recherche est transformée en celle qu'il est nécessaire de rassembler pour mener à bien une priorité scientifique. Des chercheurs mettront tout ou partie de leurs compétences au service d'une ou plusieurs priorités. Il sera par ailleurs plus aisé d'évaluer la pertinence d'un projet en se référant aux priorités scientifiques et de proposer de nouveaux projets dans le cadre de ces priorités plutôt que sur la base de compétences ou d'équipes constituées a priori.

Chaque priorité a vocation à rassembler un large panel des compétences présentes au laboratoire, à mobiliser au mieux l'outil expérimental et à permettre des échanges fructueux par diffusion et consolidation d'un savoir-faire commun.

Les défis retenus par la SNR et la construction de grands projets ont guidé la définition de ces priorités, qui ont vocation à dépasser les seuls objectifs applicatifs ou les spécifications de tel ou tel projet. Chacune des priorités est explicitée dans le cadre du département qui porte la majorité des ressources y participant.

(M1) Systèmes et performances
(M2) Systèmes et multi-énergies
(M3) Systèmes et Energies sûrs

MIS

EE

(E1) Composants haute-tension et constituants de réseaux
(E2) Conversion sous contraintes sévères

(B1) Exploration des communautés bactériennes en relation avec leur environnement
(B2) Manipulation à l'échelle micro/nanométrique

Bio

Le LIA Maxwell et le réseau FPCE se retrouvent derrière les priorités **M1** et **M2**. L'ERC GEST contribuera aux priorités **M2** et **M3** et le LIA WIDE se reconnaît derrière les priorités **E1**, **E2** et **M3**. Les travaux labellisés par le laboratoire commun IPES trouveront leur place dans les priorités **E2** et **M3**. La priorité 2011-2015 « Intégration de puissance en SiC » se retrouve principalement dans la priorité **E2**. La priorité 2011-2015, « biopiles microbiennes », est maintenue au sein d'un projet phare, attaché aux priorités **M1**, **E2**, **B2**. L'ITE SuperGrid, projet auquel contribuera fortement le laboratoire, génèrera des actions relevant des priorités **M1** et **M3** (programme P1) puis **E1** (programme P2) et **E2** (programme P3). Ces exemples ont pour but de faire sentir la structuration forte proposée par la proposition en 7 priorités.

Les projets et opportunités ne font pas les priorités, mais celles-ci ont été construites pour répondre aux défis SNR de manière pertinente et seront alimentées par des projets dont il sera plus facile d'assurer une continuité et une cohérence, que sur la base de compétences et savoir-faire.

Ces 7 priorités remplacent les actuelles actions inter-départements mais avec l'ambition d'une meilleure synergie avec les actions actuellement qualifiées intra-département, c'est-à-dire pour l'enrichissement des disciplines.

Le tableau ci-dessous positionne les 7 priorités en face des défis SNR et H2020, ainsi que les coordinateurs qui ont accepté d'en gérer la cohérence. Les défis 2 et 6 sont les cibles fortes des efforts de recherche du laboratoire. Des croix mineures indiquent une contribution significative mais moins ambitieuse. Il n'est pas inutile d'indiquer que l'essence des travaux du département MIS ne rend pas l'exercice simple : le lien entre une méthode et une contribution à un défi est lointain donc ténu. Une approche méthodologique ambitionne un large périmètre applicatif, qui ne peut pas être complètement réduit à 2 défis (au sens de la SNRI). Pour autant une grande partie des applications ou des collaborations font sens avec les défis considérés.

		1. Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique	2. Une énergie, propre, sûre et efficace	3. Stimuler le renouvellement industriel	4. Santé et bien-être	5. Sécurité alimentaire	6. Mobilité et systèmes urbains durables	7. Société de l'information et de la communication	8. Sociétés innovantes, intégrantes et adaptatives	9. Une ambition spatiale pour l'Europe
MIS	Systèmes et performances (M. Di Loreto)		x	x			x	x		
	Systèmes et multi-énergies (X. Brun)		x	x	x		x	x		x
	Systèmes et Energies sûrs (P. Venet)		x	x			x	x		
EE	Composants haute-tension, constituants de réseaux (A. Beroual)		x							
	Conversion sous contraintes sévères (C. Joubert)		x				x			
Bio	Exploration des communautés bactériennes en relation avec leur environnement (P. Simonet)	x			x					
	Manipulation à l'échelle micro/nanométriques (M. Frenea)	x			x					

4. Moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs affichés

L'ensemble des chercheurs adhère à une structuration compacte de la recherche proposée dans le cadre du prochain quinquennal. Des coordinateurs ont pour rôle de vérifier la cohérence des projets qui émergeront durant le quinquennal et peser sur l'orientation et les choix. L'animation scientifique au quotidien, par petits groupes, restera inchangée mais ne constitue pas l'essentiel : les séminaires, ciblés, auront vocation au brassage d'idées, nécessaires pour maintenir le niveau de projets multidisciplinaires.

L'API, outil incitatif financier du laboratoire, soutiendra les actions proposées dans le cadre de la structuration et mettant en œuvre la pluridisciplinarité. Les projets ayant reçu une aide financière interne seront prétextes à discussion pour vérifier la pertinence des choix et prendre le cas échéant des actions correctives.

L'UMR est destinataire de 3 à 4 contrats doctoraux par an jusqu'à présent. Ceux-ci seront destinés à ouvrir des actions émergentes en lien avec les priorités affichées.

Le Comité de Direction agira pour aider les coordinateurs des priorités, sur une base trimestrielle. Les discussions et ajustements qui pourraient en découler seront proposés au Conseil de Laboratoire, sur une base semestrielle.

L'UMR a un intérêt particulier pour un projet transversal, rattaché aux priorités **M1**, **E2** et **B1** notamment, et qui est présenté comme un projet phare: récupération d'énergie ambiante et gestion de la basse puissance.

La biopile microbienne reste une activité représentative en terme pluridisciplinaire, à cheval entre les départements Bio et EE. Par ailleurs au sein du département EE, s'est développée une action forte autour de la gestion de la basse puissance, à forte intégration. En parallèle, l'activité sur la transmission sans fil (département MIS) a conduit à la récupération d'énergie électromagnétique ambiante, à l'interface entre MIS et EE. Ceci conduit à la construction d'un projet particulier que le laboratoire souhaite poursuivre, avec les actions suivantes :

- la biopile microbienne doit profiter d'une meilleure synergie entre les aspects microbiologiques et de valorisation électrique ;
- la récupération de champ électromagnétique ambiant ouvre des perspectives importantes vis-à-vis des objets de faible puissance ;
- les compétences en électronique de puissance et en physique du semiconducteur donnent à Ampère une position originale en gestion très intégrée de la faible puissance. Cette spécificité accompagne les 2 premiers points et permet d'aborder avec pertinence l'autonomie énergétique des systèmes nomades.

Ce projet devrait profiter d'un soutien par les programmes institutionnels, d'un partenariat industriel soutenu (cadre CIFRE) mais l'ambition forte est de participer à des propositions FP8 H2020.

B. Département MIS

1. Présentation générale

Ce département a pour ambition « *le développement de méthodologies d'analyse et de synthèse pour une conception maîtrisée intégrant les contraintes de commande, de fiabilité et de suivi des systèmes multi-physiques* ». Sa raison d'être est ainsi de promouvoir auprès de ses membres la réflexion méthodologique amont, et sa fécondité à moyen-long terme pour l'ingénierie. Notre enracinement dans le contexte industriel et dans les établissements d'enseignement, et nos propres bancs d'essai, nous conduisent à travailler sur les applications qui fertilisent cette réflexion amont. Le département MIS sera le porteur de recherches réparties en trois priorités.

2. Analyse SWOT

1. Forces

Nos forces apparaissent :

- dans la très forte croissance de notre effectif de permanents dans les 5 dernières années (12 arrivées pour seulement 2 départs), qui traduit notre attractivité, tout particulièrement pour de jeunes automaticiens, et la confiance des établissements ;
- dans notre interdisciplinarité interne, équilibrée en automatique et génie électrique, avec aussi des compétences reconnues en mathématiques appliquées et en mécanique ;
- dans les forts liens qui existent, en interne, avec les autres départements du laboratoire (chose logique pour un département « méthodes ») et, en externe, tant avec des équipes académiques françaises et internationales (ERC GEST, création / direction d'un [LIA](#)), qu'avec l'industrie ([IPES](#), laboratoire commun Safran).

2. Faiblesses

Nos faiblesses sont le miroir de nos forces, puisqu'elles résultent d'une part de notre croissance, d'autre part de la volonté que nous avons eue de créer des interdisciplinarités internes :

- La forte croissance récente de nos effectifs a touché surtout le groupe ACM, qui atteint fin 2014 une taille critique vers le haut, avec 22 permanents (dont 8 présents depuis moins de 3 ans), ce qui implique de modifier notre animation scientifique ;
- L'une des thématiques « méthodes » historiquement forte d'Ampère (« modélisation numérique » de type EF) concerne surtout des chercheurs qui sont depuis 4 ans dans le département bio-ingénierie et paradoxalement peu de chercheurs du département MIS.

3. Opportunités

- Possibilités d'interactions plus fortes avec le [LAGEP](#) (UMR5007) grâce à l'impulsion des jeunes chercheurs automaticiens, avec déjà la création du réseau [Control@Lyon](#).
- Possibilités de collaborations industrielles locales, en particulier dans le domaine des transports (hybrides) avec Renault Trucks, Volvo, Iveco-Irbus (Pôle LUTB) ; le montage récent de l'équipe de recherche commune [GEST](#) avec l'IFSTTAR renforce cette opportunité.

4. Risques

Le Département devrait d'ici 5 ans compter 6 MCF habilités alors que les possibilités de promotion locales ne seront pas à un tel niveau. Des départs sont donc prévisibles, avec des conséquences pas uniquement négatives (rajeunissement des équipes, opportunités de collaborations); cela reste néanmoins une question humaine difficile, avec aussi des risques sur la continuité de certaines actions, et de pertes de compétences, qui nécessitent d'être anticipés.

3. (M1) Systèmes et performances

Cette priorité concerne le *développement de méthodes et d'outils pour répondre aux contraintes de performance sur les systèmes dynamiques complexes, en lien avec les spécifications d'un cahier des charges*. La coordination sera assurée par [Michael di Loreto](#). Les principaux mots-clefs sont:

- **performance non linéaire** : gain incrémental, contraction, validation du cahier des charges, identification et commande LPV, incertitude
- **systèmes distribués et en réseau** : hiérarchisation, systèmes à paramètres répartis interconnectés, approximation et réduction, incertitude
- **modélisation inverse et spécifications du cahier des charges** : bond graph, inversion non linéaire, optimisation paramétrique, aide à la rédaction du cahier des charges
- **modélisation numérique pour la simulation** : systèmes à paramètres répartis et/ou de grande dimension, techniques de semi-discrétisation pour la CEM avec des géométries complexes, schémas énergétiques conservatifs pour la discrétisation en temps.

Cette priorité regroupe 24 permanents (8.1 ETP annuels) pour un nombre prévisible total d'ETP de 88.5 hommes-année sur le quinquennal.

MIS	EE	Bio	non permanents	total	total
-----	----	-----	----------------	-------	-------

Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc	permanent	ETP
22	7,6			2	0,5	16		24	88.5

Centrée sur l'automatique pour l'analyse, la conception et la commande de systèmes complexes, cette priorité est étroitement liée à la priorité M2. La conception de systèmes complexes nécessite le développement de nouvelles méthodes pour répondre aux spécifications hétérogènes d'un cahier des charges. Ces méthodes, génériques pour une classe de modèles, permettent de poser, valider et satisfaire un cahier des charges en exploitant des modèles simplifiés ; elles contribuent au processus de conception : modélisation (identification, approximation/incertitude, simulation), choix d'une architecture (approche structurelle), détermination paramétrique de sous-systèmes et dimensionnement (approche entrée-sortie, optimisation), aide à la rédaction de spécifications, et synthèse pour la vérification de performances.

Les méthodes développées et les cadres théoriques choisis ont comme ligne directrice l'obtention d'un bon compromis entre leur conservatisme, leur complexité algorithmique et leur adéquation pour leur exploitation aux domaines applicatifs visés. Cette priorité s'appuie sur une synergie de différentes approches afin de répondre au mieux aux problématiques posées, et sur l'expertise de l'Unité dans certains domaines applicatifs, source interne de nouveaux défis méthodologiques et scientifiques.

Les 4 axes de recherche ci-dessus permettront de renforcer la cohésion entre les méthodes génériques développées et nos champs applicatifs, sources de nouveaux problèmes auxquels cette priorité se doit de répondre. Ils permettront de mieux identifier les synergies internes, tout en garantissant l'intégration cohérente des permanents recrutés récemment.

4. (M2) Systèmes et multi-énergies

Cette priorité concerne *l'amélioration des performances énergétiques des systèmes complexes*. La coordination sera assurée par [X. Brun](#). Les principaux mots-clefs sont :

- **Automatique pour le Fluid Power** : développement de méthodes pour concevoir des composants pneumatiques et piloter des systèmes électropneumatiques hautes fréquences ; développer des commandes pneumatique et hydraulique digitales ; mettre en œuvre un contrôle actif des écoulements par jet pulsé ; concevoir et commander des actionneurs « compliant » pour la robotique médicale ; améliorer le rendement énergétique des actionneurs fluides.
- **Automatique pour l'électronique de puissance** : défis sur la conception et le pilotage de nouvelles structures de convertisseurs liées à l'évolution des réseaux électriques vers le HVDC, et ses exigences de stabilité et sécurité ; aspects liés à la haute tension (Supergrid) et à la haute température.
- **Automatique pour les systèmes multi-sources d'énergie** : conception, modélisation, simulation, analyse, commande et observation des systèmes fluid power et électrique appliqués particulièrement au véhicule hybride (planification de trajectoire pour une conduite écologique et économique); à l'hybridation d'actionneurs pour des performances dynamiques et énergétiques meilleures; au développement des robots multi-sources d'énergie pour l'apprentissage de gestes médicaux.

Cette priorité regroupe 23 permanents (6.9 ETP annuels) pour un nombre prévisible total d'ETP de 84.5 hommes-année sur le quinquennal.

MIS		EE		Bio		non permanents		total permanent	total ETP
Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc		
20	6,7			3	0,2	16	2	23	84,5

Les approches énergétiques sont au cœur du département MIS pour les problématiques de modélisation, de conception, de dimensionnement, de commande et d'observation des systèmes multi-physiques. Liée à la priorité [M1](#), cette priorité M2 prétend développer et mettre en œuvre de nouveaux concepts visant une utilisation plus rationnelle et efficace de l'énergie. Elle s'inscrit dans la continuité de deux domaines de compétences historiques fortes du laboratoire en automatique: le fluid power et l'électronique de puissance. La collaboration des chercheurs travaillant sur ces deux domaines convergent aujourd'hui vers le développement d'activités transversales motivées par des applications multi-sources, tirant le meilleur profit des différentes technologies fluides et électriques.

Trois axes sont privilégiés qui permettront de confronter à la pratique les recherches à caractère méthodologique ([M1](#)) et à les alimenter en problématiques issues de l'ingénierie. L'objectif visé à moyen-long terme est d'aller vers des systèmes intelligents incorporant actionneurs, électronique de puissance et électronique de commande, et pouvant travailler dans un environnement sévère avec un haut niveau de performances.

5. (M3) Systèmes et Energies sûrs

Cette priorité concerne *l'amélioration de la sûreté de fonctionnement des systèmes*. La coordination sera assurée par [P. Venet](#).

Les principaux mots-clés :

- Fiabilité, mécanismes de défaillance, vieillissement des composants, des constituants et systèmes (batteries, super-condensateurs, condensateurs, composants grand gap, constituants des réseaux)
- Diagnostic, pronostic, health monitoring, observateur, reconnaissance des formes, maintenance prédictive
- Supervision, systèmes à événements discrets, reconfiguration, conception sûre.

Cette priorité regroupe 22 permanents (8.2 ETP annuels) pour un nombre prévisible total d'ETP de 89 hommes-année sur le quinquennal.

MIS		EE		Bio		non permanents		total permanent	total ETP
Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc		
16	7	6	1,2			15	3	22	89

Cette priorité s'identifie clairement dans l'assurance d'une continuité de service. Il convient donc d'évaluer la durée de vie du système ou du composant pour estimer son état fonctionnel, de détecter l'installation ou la présence d'une panne ou d'un défaut avéré ou progressif pour expliquer voire prédire le dysfonctionnement et enfin en cas de défaut majeur, d'autoriser des fonctionnements tolérants aux fautes. Les travaux sont appréhendés au niveau physique, informationnel et commande, avec des compétences relevant du génie électrique et de l'automatique, pour des applicatifs liés au transport et à des équipements industriels.

Ces activités menées à Ampère depuis sa création, en particulier pour l'étude des mécanismes de vieillissement des systèmes de stockage d'énergie (batteries, super-condensateurs, condensateurs), pour les méthodes de diagnostic et la reconfiguration des systèmes défaillants seront renforcées notamment par l'étude des mécanismes de défaillance des composants haute-tension et des constituants des réseaux, et du pronostic de l'état de santé des actionneurs et convertisseurs.

C. Département énergie électrique

1. Présentation générale

Le département va continuer à cultiver la pluridisciplinarité vis-à-vis de la génération, du transport et de la conversion d'énergie électrique. Le département défend une vision particulière de « l'intégration » allant du matériau au système, en incluant le composant et le constituant. Par ailleurs, le département est original au sens où il adresse des problématiques sur une échelle très large de tension et de puissance. Le département énergie électrique portera des recherches réparties selon trois priorités.

2. Analyse SWOT

Par rapport à l'image générale, les particularités du département EE sont les suivantes :

1. Forces

« L'énergie » en tant que thématique correspond à un verrou sociétal indubitable et au défi numéro 2 de la Stratégie Nationale de la Recherche comme du H2020. Le département EE est reconnu comme un acteur fort dans cette thématique.

2. Faiblesses

Les faiblesses du département sont en grande partie liées à des problématiques de ressources humaines :

- La diminution programmée de personnels pour la thématique « haute tension-diélectriques » (départ en retraite) et pour la partie « composants haute tension SiC » (mise en disponibilité longue pour création de start-up)
- L'absence de cadre A pour la thématique « matériaux magnétiques ».

3. Opportunités

Les opportunités du département sont :

- le développement de l'intégration de puissance et de l'aspect « haute température » ; cette thématique, transverse au département, est porteuse. Le laboratoire est l'un des tous premiers au niveau mondial à travailler sur l'intégration de la commande des composants de puissance grand gap.
- le développement de l'aspect « haute tension » : composants à grand gap, packaging, convertisseurs haute tension, ingénierie haute tension. Cette thématique s'inscrit dans l'importance grandissante du transport haute tension, notamment pour les réseaux et le développement des énergies renouvelables. Le laboratoire Ampère, qui regroupe des chercheurs spécialistes autant en structures de l'électronique de puissance, qu'en composants à grand gap ou en phénomènes de décharges haute tension est peut-être le mieux placé dans le contexte national.
- le développement de convertisseurs et d'algorithmes de gestion de l'énergie dans les systèmes embarqués. Cette thématique de recherche est prometteuse, elle correspond à l'appui d'activités déjà présentes dans le laboratoire Ampère et elle possède une composante transverse pertinente.

4. Risques

Un département, en quelque sorte victime de son succès, dans lequel le nombre important de projets, notamment industriels, empêcherait :

- une prise de recul ;
- une recherche plus fondamentale ;
- une évolution à long terme.

La conclusion de cette analyse SWOT se traduit par trois priorités qui entendent positionner l'originalité que la pluridisciplinarité permet au sein du département.

3. (E1) Composants haute-tension et constituants de réseaux

Cette priorité concerne un champ élargi *du matériau aux systèmes haute-tension, pour le transport de l'énergie électrique*. La coordination sera assurée par Abderrahmane Bérroual.

Les principaux mots-clefs sont:

- Composants à semiconducteur grand gap (carbure de silicium, diamant) ;
- Composants des réseaux haute tension (transformateurs, Gas-Insulator Switchgear, Gas Insulated Transmission Line, traversées, isolateurs de support)
- Commande rapprochée (optique, RF, autoalimentée) ;
- Packaging (céramique métallisée, interconnexion, passivation) ;
- Nouveaux matériaux (isolants à faible impact environnemental, nanomatériaux) ;
- Protection (surtension, surintensité) ;
- Convertisseurs (avec leurs éléments passifs, CEM) ;

La priorité E1 regroupe 14 permanents (5 ETP annuels) pour un nombre total prévisible d'ETP de 58 hommes-année sur la durée du quinquennal.

MIS		EE		Bio		non permanents		total permanent	total ETP
Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc		
		13	4,6	1	0,4	10	3	14	58

Ampère cultive historiquement une triple compétence à propos des phénomènes haute-tension et en particulier dans les isolants pour l'appareillage HT, des composants actifs à semi-conducteur grand gap, et de l'approche de haut niveau de supervision des réseaux. L'ambition est d'ordonner une synergie des efforts autour de projets visibles. Un de ces projets sera l'ITE SuperGrid où les chercheurs sont impliqués dans plusieurs programmes. D'autres objectifs seront atteints pour contribuer au transport et à la conversion d'énergie électrique sous haute tension avec des actions larges autour des diélectriques organiques comme l'intégration de composants ou la maîtrise des émissions électromagnétiques.

4. (E2) Conversion sous contraintes sévères

Cette priorité concerne *les constituants de convertisseurs embarqués compacts*. La coordination sera assurée par Charles Joubert.

Les principaux mots-clés :

- Mise en œuvre de composants grand gap (caractérisation, vieillissement, packaging, modélisation, commande rapprochée, conception de convertisseurs) ;
- Electronique de puissance haute température (packaging, éléments passifs et actifs) ;
- CEM (couplages, éléments passifs).

La priorité E2 regroupe 19 permanents (8.2 ETP annuels) pour un nombre prévisible global d'ETP de 120 hommes-année sur la durée du quinquennal.

MIS		EE		Bio		non permanents		total permanent	total ETP
Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc		
2	0,2	17	8			25	4	19	120

La conception du seul composant grand gap est à l'origine en grande partie d'une visibilité des actions de recherche du département EE. L'ambition est d'aller vers la conception de dispositifs de conversion aboutis (puces, packaging, passivation, commande rapprochée, composants passifs) : ceci est permis par la large pluridisciplinarité des compétences rassemblées, réparties sur les départements MIS et EE.

Le département EE entend profiter de son positionnement dans le domaine de l'électronique pour environnement sévère, notamment la haute température (ambiante et/ou de fonctionnement) ou les contraintes émanant d'un couplage fort. Ceci doit se traduire par une continuité de projets dans le cadre du FP8 H2020, d'une plus forte

présence dans les réseaux comme le labex GANEX ou bien le LIA WIDE. Les activités de recherche débouchant sur les problématiques de fiabilité et de robustesse seront mutualisées au sein de la priorité M3 (énergie sûre). La priorité E2 contribue aux défis 2 et 6 de la SNR.

D. Département Bio-Ingénierie

1. Présentation générale

Les activités du département vont aller dans le sens d'une synergie plus grande avec les autres composantes du laboratoire. La problématique du décryptage des mécanismes adaptatifs des bactéries continuera à être le socle de l'activité de recherche : cette problématique s'orientera tantôt vers des recherches à caractère fondamental, tantôt vers des projets de nature plus appliquée comme la pile à combustible microbienne ou le développement de systèmes micro-fluidiques pour la *single cell genomics*. Les deux priorités retenues mettent en œuvre cet objectif.

2. Analyse swot

En particulier, l'analyse SWOT du département présente les points saillants suivant:

1. Forces

Le caractère multidisciplinaire est fortement marqué. Il permet d'adresser des thématiques très originales, qu'il ne serait pas possible de traiter autrement (ou alors très difficilement).

2. Faiblesses

Le recrutement de personnel statutaire est difficile, en partie dans la mesure où la tutelle qui nous héberge est une école d'ingénierie. Par ailleurs, la microbiologie du sol est du ressort de l'Institut INEE alors que la plus grande partie du laboratoire relève de l'INSIS. Du fait de sa taille, un nombre proportionnellement important du personnel du département est très impliqués dans le quotidien administratif.

3. Opportunités

La multidisciplinarité constitue notre atout principal : à développer sans négliger nos socles de compétence respectifs. Notre ambition pour la période à venir est de renforcer davantage notre effort autour des activités multidisciplinaires que nous avons identifiées.

4. Risques

Le risque principal est l'équilibre délicat à trouver entre activités liées aux compétences fondamentales et celles relevant de la pluri/multidisciplinarité.

Dans la prochaine période de contractualisation nos priorités seront les suivantes :

3. (B1) Exploration des communautés bactériennes en relation avec leur environnement

Cette priorité concerne la *compréhension de la diversité biologique du sol*. La coordination sera assurée par Pascal Simonet.

Les principaux mots-clefs :

- diversité biologique (méta-génomique, phylogénie)
- évolution (transfert horizontal de gènes, adaptation)
- développement durable (dépollution, chimie verte)

La priorité B1 regroupe 10 permanents (6.4 ETP annuels) pour un nombre prévisible global d'ETP de 58 hommes-année sur la durée du quinquennal :

MIS		EE		Bio		non permanents		total permanent	total ETP
Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc		
				10	6,4	8	2	10	58

Le sol, avec son immense diversité biologique, est un environnement extrêmement important, qui subit de plus en plus les effets des activités humaines et du changement climatique : il est donc crucial de mieux comprendre les conséquences de ces modifications, afin de le préserver et de l'exploiter de manière durable. Les applications que nous visons : i) découverte de nouvelles enzymes pour la dégradation de polluants, la synthèse de biocarburants ou médicaments..., ii) utilisation (plus) rationnelle des ressources agricoles, iii) utilisation de bactéries pour des procédés industriels innovants (en lien avec la priorité E3).

Cette priorité regroupe la majorité des forces vives du département, ainsi qu'une partie de chercheurs des autres départements sur des sujets à caractère plus transdisciplinaire, comme l'effet de la foudre sur le transfert horizontal de gènes ou la pile à combustible microbienne.

4. **(B2) Manipulation à l'échelle micro/nanométrique**

La priorité concerne *l'utilisation de forces hétérogènes pour le tri, l'assemblage ou la détection de micro/nano-objets*. La coordination sera assurée par Marie Robin-Frénéa.

Les principaux mots-clefs :

- systèmes microfluidiques (diélectrophorèse, Lab-On-Chip)
- détection électrochimique (biocapteurs, Point-Of-Care)
- électroporation (modélisation, électrochimiothérapie)

La priorité B2 regroupe 14 permanents (3.8 ETP annuels) pour un nombre prévisible global d'ETP de 38 hommes-année sur la durée du quinquennal :

MIS		EE		Bio		non permanents		total permanent	total ETP
Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre	ETP	Nbre Thèses	ETP post-doc		
		2	0,3	12	3,5	5	1	14	35

La technologie microfluidique peut être utilisée pour construire des systèmes qui dans beaucoup d'applications permettent de remplacer des équipements lourds (et coûteux !) : les dispositifs qui réalisent le tri de cellules bactériennes par hybridation *in situ* avec des sondes marquées magnétiquement en sont un exemple. Nous allons poursuivre ces recherches en diversifiant les applications, parmi lesquelles : i) manipulation de cellules bactériennes en vue de l'approche *single cell genomics*, ii) développement de systèmes de type « Point of Care » permettant la détection à haute sensibilité, faible coût de bio-marqueurs, pour des applications médicales (y compris pour la recherche, comme c'est le cas dans le projet « Memove »).

ANNEXES

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005

Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications

Annexe 1

Présentation synthétique Département Méthode pour l'ingénierie des systèmes



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

Présentation synthétique de l'entité

(dans le cas d'unités subdivisées en équipes internes,
on donnera une présentation synthétique par équipe)

Unité de recherche Ampère

Département Méthode pour l'ingénierie des systèmes

Vague A : campagne d'évaluation 2014-2015

(la présentation ne devra pas dépasser un recto-verso)

Intitulé de l'unité : Département Méthodes pour l'Ingénierie des Systèmes (MIS)

Nom du directeur de l'équipe pour le contrat en cours : Laurent Krähenbühl

Nom du directeur de l'équipe pour le contrat à venir : Laurent Krähenbühl

Effectifs de l'entité (au début du contrat en cours ; préciser si l'entité a été créée au cours de la période d'évaluation).
23 enseignants-chercheurs ; 2 chercheurs ; 2 techniciens, ingénieurs et autres personnels ; 50 post-docs et doctorants.

Personnels ayant quitté l'entité pendant le contrat en cours (et nombre de mois cumulés passés dans l'entité au cours de cette période).

2 statutaires (57 mois) ; 48 doctorants (600 mois) ; 22 post-docs (240 mois).

Nombre de recrutements réalisés au cours de la période considérée et origine des personnels

Total : 12. 9 recrutements de MCF, 1 CR d'un autre Département d'Ampère, 1 MCF et un IR venant d'autres Laboratoires/Etablissement. Plus 2 MCF section 61 (et probablement 1 DR2 section 07) avant fin 2014.

Réalisations et produits de la recherche au cours de la période écoulée (1^{er} janvier 2009 – 30 juin 2014) :

Indiquer les **résultats majeurs** obtenus par l'entité (une à trois lignes par résultat, au maximum 5 résultats majeurs). Ces résultats peuvent correspondre à tout type de production scientifique ou technique (publications, brevets, licences, logiciels...).

- 1 démonstrateur et 2 brevets liés au RWU (veille sans consommation d'énergie et réveil à distance de dispositifs électroniques), projet réalisé avec le Département Energie.
- 9 autres brevets (3 brevets liés au contrôle du couple et gestion du glissement sur les roues des véhicules, 2 brevets liés à la caractérisation des batteries, ...).
- Pour illustrer l'électromobilité, réalisation en grandeur nature sur une ligne de trolleybus « réelle » d'un système de stockage par supercondensateurs 50 kW, 1 MJ, récupérant l'énergie de freinage d'un trolleybus hybride.
- Réalisation en cours des études et du prototype d'un mini excavateur entièrement électrique, capable donc de réaliser des travaux sans bruit (de l'engin lui-même), ni émissions polluantes.

Bilan quantitatif des publications de l'entité.

RICL	CICL	INV	Autres	Brevets	Autres
<u>134</u>	<u>282</u>	<u>9</u>	<u>24 + 10</u>	<u>11</u>	54

Indiquer les **5 publications majeures** de l'entité (avec leur titre et en soulignant, dans le cas de publications communes, le nom du ou des membre(s) de l'entité).

[1] Alaa Hijazi, Paul Kreczanik, Eric Bideaux, Pascal Venet, Guy Clerc, Michaël Di Loreto. [Thermal Network Model of Supercapacitors Stack](#). *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 2012, 59 (2), pp. 979 - 987. [doi 10.1109/TIE.2011.2158769](#)

[2] Mariem El Feki, Audrey Jardin, Wilfrid Marquis-Favre, Laurent Krähenbühl, Daniel Thomasset. [Structural analysis by bond graph approach: Duality between causal and bicausal procedure](#). *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 2012, 226 (1), pp. 82-100. [doi 10.1177/0959651811407708](#)

[3] Olivier Dupuis, Evelyn Decullier, Jessica Clerc, Richard Moreau, Minh Tu Pham, Sylvie Bin-Dorel, Xavier Brun, Michel Berland, Tanneguy Redarce. [Does forceps training on a birth simulator allow obstetricians to](#)

[improve forceps blade placement?](#). *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 2011, pp. 305-309. [doi 10.1016/j.ejogrb.2011.09.002](#)

[4] Anne Goelzer, Vincent Fromion, Gérard Scorletti. [Cell design in bacteria as a convex optimization problem](#). *Automatica*, 2011, 47, pp. 1210-1218. [doi 10.1016/j.automatica.2011.02.038](#)

Karla Quintero, Eric Niel, Laurent Piétrac. [Scheduling Operations in a Flow Network with Flexible Preventive Maintenance: A \(max, +\)](#). *Engineering Letters*, 2014, 22 (1), pp. 24-33

[5] Moises Ferber De Vieira Lessa, Christian Vollaie, Laurent Krähenbühl, Jean-Louis Coulomb, Joao Vasconcelos. [Conducted EMI of DC-DC Converters With Parametric Uncertainties](#). *IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility*, 2013, 55 (4), pp. 699 - 706. [doi 10.1109/TEM.2012.2235443](#)

Indiquer **au maximum 5 documents majeurs** (autres que les publications) produits par l'entité (par exemple : rapport d'expertise, logiciel, corpus, protocole, brevet en licence d'exploitation...).

1. Développement de l'outil BoGiE pour l'analyse structurelle et la simulation de la représentation Bond Graph d'un modèle dynamique
2. 16 brevets sur le quinquennal dont par exemple « Motorisation de véhicule automobile incluant une pile à combustible et un système de stockage de l'énergie - <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00973923> - FR2993226 (A1) 2014-01-17

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant le rayonnement ou l'attractivité académiques** de l'entité (par exemple : invitations à donner des conférences, organisation de colloques nationaux ou internationaux, réseaux collaboratifs, cofinancements, prix et distinctions...).

- Le Département est à l'origine du réseau collaboratif international dont le noyau est le LIA franco-brésilien Maxwell, qui déborde aujourd'hui du cadre original, avec de nouvelles collaborations au Brésil (SP : USP, Unicamp, UNESP ; Paraná : UTFPR ; Rio Grande do Sul : UFRGS) et en Belgique (Univ.de Louvain en plus de Liège), et de nouvelles thématiques en particulier liées à l'automatique.

- Le réseau [FPCE](#) (réseau Fluid Power Centres in Europe).
- [IPES](#) (Laboratoire commun Ampère-Safran), GEST (Labom Ampère-Ifsttar) et l'institut d'excellence « **Supergrip** », sont présentés par ailleurs dans ce document.
- Le Département dispose en moyenne d'un plein-temps d'invité étranger « senior », avec 16 professeurs invités sur des périodes significatives et des publications communes.
- Les recrutements, nombreux, ont donné lieu à des concours fructueux (30 candidatures en moyenne, avec beaucoup d'excellents candidats (8 à 10 auditions par concours) ; notre candidat (international) classé 1^{er} sur le concours (externe) DR2 2014 en section 07.

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant les interactions de l'entité avec son environnement socio-économique ou culturel** (par exemple : contrat industriel, collaboration à une exposition majeure, émission audiovisuelle, partenariats avec des institutions culturelles...).

- Montants des contrats industriels et CIFRE, hors contrats institutionnels (>300K€/an), nombre moyen des thèses Cifre (10/an).
- Le projet [RWU](#) a fait l'objet d'une grande attention médiatique (voir [lien](#)). Un tournage pour la télévision est en cours au printemps 2014 (contact C. Vollaie).

Indiquer **les principales contributions de l'entité à des actions de formation** (par exemple : conception et coordination de modules de formation en master et en doctorat, accueil et suivi des doctorants, conception d'outils à vocation pédagogique, action de formation continue...).

Des membres du département assurent les tâches suivantes, en relation avec l'enseignement :

- Direction de l'Ecole Doctorale EEA de Lyon (150 doctorants)
- Directions de départements : EEA à l'ECL, GE à l'INSA (400 étudiants).
- Direction des Etudes du département GMC, INSA
- Responsabilité du Master EEAP (INSA de Lyon, 56 étudiants en 2013)
- Coordination de 4 modules de Master, des « doctoriales »
- Responsabilités au niveau des RI de l'INSA
- Ouvrages pédagogiques imprimés (2) ou cours en ligne (2), Chapitres d'ouvrages (4), autres participations à des ouvrages imprimés (6)

Le **directeur d'unité/le responsable de l'équipe** peut indiquer ici brièvement **3 points précis** sur lesquels il souhaite obtenir l'expertise du comité.

Annexe 1 : Présentation synthétique département Energie Electrique

Laboratoire Ampère

UMR CNRS 5005

Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications

Annexe 1

Présentation synthétique Département Energie Electrique



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

Présentation synthétique de l'entité Unité de recherche Ampère

Département Energie électrique

Vague A : campagne d'évaluation 2014-2015

(la présentation ne devra pas dépasser un recto-verso)

Intitulé de l'unité : Département Énergie Électrique

Nom du directeur l'équipe pour le contrat en cours : Charles JOUBERT

Nom du directeur de l'équipe pour le contrat à venir : Charles JOUBERT

Effectifs de l'entité (au début du contrat en cours ; préciser si l'entité a été créée au cours de la période d'évaluation).

17 enseignants-chercheurs ; 5 chercheurs CNRS ; 1 technicien, ingénieur et autre personnel ; 75 doctorants ; 2 post doc

Personnels ayant quitté l'entité pendant le contrat en cours (et nombre de mois cumulés passés dans l'entité au cours de cette période).

3 statutaires (450 mois) et 43 doctorants (1801 mois – moyenne 41.8) ;

Nombre de recrutements réalisés au cours de la période considérée et origine des personnels

1 ingénieur (M. Berthou -doctorant université Paris 6), 3 post doctorants (E. Haddad - doctorant Université Libanaise ; T. Chailloux - doctorant INSA ; P. Denis), 3 enseignants-chercheurs (O. Ondel ; JL Augé ; L Phung)

Réalisations et produits de la recherche au cours de la période écoulée (1^{er} janvier 2009 – 30 juin 2014) :

Indiquer les **résultats majeurs** obtenus par l'entité (une à trois lignes par résultat, au maximum 5 résultats majeurs). Ces résultats peuvent correspondre à tout type de production scientifique ou technique (publications, brevets, licences, logiciels...).

- Utilisation du frittage d'argent pour la réalisation d'un convertisseur haute température complet et étude du comportement des assemblages à long terme en conditions réelles (température et champ électrique).
- Mise en œuvre des couches VLS (Vapeur-Liquide-Solide) pour la réalisation de couches SiC type P à fort dopage localisé. L'objectif final est l'amélioration des composants actifs haute tension.
- Étude et réalisation de micro-convertisseurs permettant d'associer ensemble des générateurs à base de Piles à Combustible Microbiennes (PCM) tout en augmentant leur rendement. Collaboration avec l'Institut Méditerranéen de Biodiversité & d'Écologie marine et continentale (Marseille) et le Laboratoire des Matériaux et Molécules en Milieu Amazonien (Université des Antilles et de la Guyane).
- Développement en partenariat avec le CNM de Barcelone d'un circuit intégré de puissance "tout SiC" pour applications très haute température (400°C) intégrées. Prix "Centralp", décerné le 19 juin 2013. L'intégration de drivers pour des composants grand-gap haute température a ouvert une collaboration forte avec l'Université du Tennessee, Knoxville.
- Dans le cadre de l'ANR « Climanthrope » nous nous sommes intéressés à l'instrumentation pour l'étude du signal climatique et anthropique dans les sédiments de grotte. En particulier, nous avons mis en place des appareils permettant la quantification de dépôt en fonction des saisons et des crues souterraines ainsi que leur chronologie.

Bilan quantitatif des publications de l'entité.

RICL	CICL	INV	Autres	Brevet	Autres
<u>97</u>	<u>140</u>	<u>1</u>	<u>24</u>	<u>9</u>	35

Indiquer les **5 publications majeures** de l'entité (avec leur titre et en soulignant, dans le cas de publications communes, le nom du ou des membre(s) de l'entité).

R. Robutel, C. Martin, H. Morel, C. Buttay, D. Bergogne, N. Gazel, « Design of a High Temperature EMI Input Filter for a 2 kW HVDC-Fed Inverter », Journal of Microelectronics and Electronic Packaging, Volume 8, Number 1, First Quarter 2011, ISSN #1551-4897

D.M. Nguyen, C. Raynaud, N. Dheilly, M. Lazar, D. Tournier, P. Brosselard, D. Planson, « Experimental determination of impact ionization coefficients in 4H-SiC », Diamond and Related Materials, Volume 20, Issue 3, March 2011, Pages 395-397

Mogniotte, J.-F.; Tournier, D.; Bevilacqua, P.; Godignon, P.; Planson, D., « Design of an integrated power converter in Wide Band Gap for harsh environments », Integrated Power Electronics Systems (CIPS), 2012 7th International Conference on , vol., no., pp.1,6, 6-8 March 2012

R. Riva, C. Buttay, B. Allard, P. Bevilacqua « [Migration issues in sintered-silver die attaches operating at high temperature](#) », Microelectronics Reliability, 2013, 53 (9-11), pp. 1592-1596

M. El-A. Slama, A. Beroual and H. Hadi, « Influence of Pollution Constituents on DC Flashover of High Voltage Insulators », IEEE TDEI, Vol. 20, Issue 2, pp. 401-408, 2013.

M. Bathily, B. Allard, F. Hasbani, V. Pinon, J. Verdier, « Design flow for high-switching-frequency and large-bandwidth analog DC/DC step-down converters for a polar transmitter », IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 27, n°2, pp. 838-847, 2012

Indiquer **au maximum 5 documents majeurs** (autres que les publications) produits par l'entité (par exemple : rapport d'expertise, logiciel, corpus, protocole, brevet en licence d'exploitation...).

- 1) 11 brevets déposés (8 enregistrés) par le Département sur ce quinquennal
- 2) H. Morel a été le Responsable du programme PROGELEC de l'ANR du 01/01/12 au 01/04/14 et a expertisé de nombreux dossiers à ce titre

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant le rayonnement ou l'attractivité académiques** de l'entité (par exemple : invitations à donner des conférences, organisation de colloques nationaux ou internationaux, réseaux collaboratifs, cofinancements, prix et distinctions...).

- Hervé MOREL a reçu la médaille GENELEC 2010 du Concordat GENELEC (ce concordat rassemble tous les dix ans les institutions, les académies, les industriels du secteur Génie Électrique aussi bien civils que militaires.) organisé par le Ministère de la Défense le 27 janvier 2011.
- Rémi ROBUTEL et Fabien DUBOIS, tous deux doctorants, ont reçu respectivement le « Outstanding Student Paper Award » et le: « Best student paper Award » à la conférence HiTEC 2010 (International Conference on High Temperature Electronics) Albuquerque (USA) 11-13 mai 2010
- Abderrahmane BÉROUAL a été nommé « Fellow IEEE » au 1er janvier 2011.
- Le laboratoire AMPERE est fortement impliqué dans le workshop PwrSoC, au sein de la société IEEE Power Electronics. Ce comité classe notre laboratoire dans le « top 10 » des équipes internationales.
- Coanimation du laboratoire International associé "WIDE-Lab" AMPERE + LAAS + CNM (Barcelone, Espagne).

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant les interactions de l'entité avec son environnement socio-économique ou culturel** (par exemple : contrat industriel, collaboration à une exposition majeure, émission audiovisuelle, partenariats avec des institutions culturelles...).

- co-organisation du 4e symposium SPEC (Safran Power Electronics Center) à l'INSA, 8 et 9 novembre 2011. Cela démontre les liens tissés avec le milieu industriel aéronautique dans le domaine des composants de puissance, de l'intégration, de la haute température.
- prix 2012 de la recherche appliquée délivré par la FIEEC (Fédération des Industries Électriques, Électroniques et de Communication) lors des journées Carnot à Lyon. Les travaux récompensés portent sur l'électronique de puissance et la gestion de l'énergie.
- une cinquantaine de contrats industriels dans les différents domaines du département (haute tension, électronique de puissance, haute température, ...)

Indiquer **les principales contributions de l'entité à des actions de formation** (par exemple : conception et coordination de modules de formation en master et en doctorat, accueil et suivi des doctorants, conception d'outils à vocation pédagogique, action de formation continue...).

Des membres du département assurent les tâches suivantes, en relation avec l'enseignement :

- co-responsabilité du parcours « Recherche » du master Génie Electrique de l'Université Lyon 1
- co-responsabilité du M2R « macro-et micro-systèmes embarqués » à l'Université de Beyrouth, Fanar.
- coordination des moyens logiciels du Centre Inter Universitaire de Microélectronique de la Région de Lyon
- co-éditeur des Techniques de l'Ingénieur, Volume D, rubrique électronique de puissance (édition plutôt tournée vers la formation)

Le **directeur d'unité/le responsable de l'équipe** peut indiquer ici brièvement **3 points précis** sur lesquels il souhaite obtenir l'expertise du comité.

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005

Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications

Annexe 1

Présentation synthétique Département Bio Ingénierie



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

Présentation synthétique de l'entité

(dans le cas d'unités subdivisées en équipes internes,
on donnera une présentation synthétique par équipe)

Unité de recherche Ampère

Département Bio Ingénierie

Vague A : campagne d'évaluation 2014-2015

(la présentation ne devra pas dépasser un recto-verso)

Intitulé de l'unité : Laboratoire Ampère - UMR 5005

Nom du directeur de l'équipe pour le contrat en cours : Riccardo SCORRETTI

Nom du directeur de l'équipe pour le contrat à venir : Riccardo SCORRETTI

Effectifs de l'entité (au début du contrat en cours ; préciser si l'entité a été créée au cours de la période d'évaluation).

7 enseignants-chercheurs ; 5 chercheurs ; 7 techniciens, ingénieurs et autres personnels ; 17 post-docs et doctorants.

Personnels ayant quitté l'entité pendant le contrat en cours (et nombre de mois cumulés passés dans l'entité au cours de cette période).

2 statutaires (51 mois) ; 14 doctorants (530 mois) ; 5 post-docs (103 mois).

Nombre de recrutements réalisés au cours de la période considérée et origine des personnels

(Préciser l'affiliation et le statut précédent).

- Thomas Aka (Maitre de Conférence) : Laboratoire Ampère, département « Energie »
- Catherine Larose (CR CNRS) : Laboratoire Ampère, post-doc

Production scientifique au cours de la période écoulée (1^{er} janvier 2008 - 30 juin 2013) :

Indiquer les **résultats majeurs** obtenus par l'entité (une à trois lignes par résultat, au maximum 5 résultats majeurs). Ces résultats peuvent correspondre à tout type de production scientifique ou technique (publications, brevets, licences, logiciels...).

- 1) Analyse et exploitation du métagénome d'un sol de référence. Description de nombreux nouveaux taxons et fonctions bactériens, mise en évidence de l'importance de la biosphère rare et démonstration de la difficulté à corréler structures taxonomiques et fonctionnelles aux paramètres abiotiques du sol.
- 2) Développement d'une nouvelle approche de *single cell genomics* par hybridation avec des sondes marquées par des nanoparticules magnétiques et attraction sur micro-aimants.
- 3) Quantification de la variabilité due aux incertitudes sur les propriétés diélectriques des tissus sur les résultats de calculs dosimétriques.

Bilan quantitatif des publications de l'entité.

RICL	CICL	INV	Autres	Brevet	Autres
<u>79</u>	<u>45</u>	<u>16</u>	<u>50</u>	<u>1</u>	13

Indiquer les **5 publications majeures** de l'entité (avec leur titre et en soulignant, dans le cas de publications communes, le nom du ou des membre(s) de l'entité).

- 1) Delmont TO, Simonet P, Vogel TM. 2013. *Mastering methodological pitfalls for surviving the metagenomic jungle*. BioEssays 35: 744-754.
- 2) Jacquioud S, Franqueville L, Cécillon S, Vogel TM and Simonet P. 2013. *Soil bacterial community shift after chitin enrichment: An integrative metagenomic approach*. PLoS ONE 8(11): e79699.
- 3) Larose C, Berger S, Ferrari C, Navarro E, Dommergue A, Schneider D, Vogel TM. 2010. *Microbial sequences retrieved from environmental samples from seasonal arctic snow and meltwater from Svalbard, Norway*. Extremophiles. Mar;14(2):205-12.

- 4) Drissaoui, M. A., Lanteri, S., Lévêque, P., Musy, F., Nicolas, L., Perrussel, R., & Voyer, D. (2012). *A stochastic collocation method combined with a reduced basis method to compute uncertainties in numerical dosimetry*. IEEE Trans. Mag., vol. 48, no. 2, 563-566.
- 5) J. Pivetal, S. Toru, N. Haddour, M. Frénéa-Robin, S. Cecillon, N. M. Dempsey, F. Dumas-Bouchiat, and P. Simonet, "Selective isolation of bacterial cells within a microfluidic device using magnetic probe-based cell fishing", Sensors Actuators B Chem. 2014, vol. 195 p. 581-589.

Indiquer **au maximum 5 documents majeurs** (autres que publications) produits par l'entité (par exemple : rapport d'expertise, logiciel, corpus, protocole, brevet en licence d'exploitation...).

- 1) Rapports pour les différents projets ANR, européens et internationaux attribués au groupe : A titre d'exemple : expertise P. Simonet pour programme ASTRID (DGA), Expertises pour programme de l'académie des sciences chinoises, pour la FNRS en Belgique
- 2) Création d'une Toolbox dédiée à la résolution d'EDP pour l'électromagnétisme (codes documentés, exemples d'utilisation et manuel)

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant le rayonnement ou l'attractivité académiques** de l'entité (par exemple : invitations à donner des conférences, organisation de colloques nationaux ou internationaux, réseaux collaboratifs, cofinancements, prix et distinctions...).

- 1) TM. Vogel et P. Simonet : plus de 60 invitations à donner des conférences et *key notes* dans des congrès nationaux et internationaux.
- 2) Management du consortium international Terragenome.
- 3) Organisation du Colloque Génomique Environnementale Lyon 2011, RTP-GE de l'INEE-CNRS et Réseau Ecologie Microbienne de l'INRA. 28 –30 novembre 2011, ECL, Ecully.
- 4) Sylvain Toru a reçu le 6 juin 2013 à Saint-Nazaire l'un des 3 « Prix Scientifiques » JCGE attribués (sélectionnés parmi 80 présentations). Menad Bourkeb a reçu également le « Prix de l'industrie » JCGE en 2014 pour ses travaux de thèse réalisés pendant ce même quinquennat.

Indiquer **au maximum 5 faits illustrant les interactions de l'entité avec son environnement socio-économique ou culturel** (par exemple : contrat industriel, collaboration à une exposition majeure, émission audiovisuelle, partenariats avec des institutions culturelles...).

- 1) Participation à la fête de la science.
- 2) Développement des études du microbiote cutané et applications en cosmétique, en collaboration avec la société LibraGen.
- 3) Participation de Pascal Simonet au comité scientifique du Haut Conseil des Biotechnologies.
- 4) Collaboration continue avec EDF à travers différents contrats et une thèse CIFRE sur la dosimétrie des travailleurs des métiers de l'électricité.

Indiquer **les principales contributions de l'entité à des actions de formation** (par exemple : conception et coordination de modules de formation en master et en doctorat, accueil et suivi des doctorants, conception d'outils à vocation pédagogique, action de formation continue...).

- 1) Responsabilité du Master Pro Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire, au Biomédical et à l'Environnement.
- 2) Direction du Dpt. GEP, Faculté Science et Technologie, Université Lyon 1.
- 3) Contribution à la formation doctorale à travers plusieurs tutoriales.

Le **directeur d'unité/le responsable de l'équipe** peut indiquer ici brièvement **3 points précis** sur lesquels il souhaite obtenir l'expertise du comité.

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005

**Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications**

Annexe 2

Lettre de mission contractuelle



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSAINSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

Annexe 2 : Lettre de mission contractuelle.

Une copie de la lettre de mission adressée au directeur d'unité de recherche en début de contrat, si elle existe, sera jointe au dossier

Sans Objet

Annexe 3

Equipements lourds



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



Annexe 3 : Équipements lourds.

Une liste des équipements lourds utilisés par l'unité de recherche sera jointe au dossier.

A. Liste des équipements >10k€ pour le quinquennal

Tutelle	N° d'inventaire	Fournisseur	Désignation	Valeur d'acquisition	Date acquisition
INSAVALOR	1412090115	MICROWORLD	Semi automatic 150mm probe station for high voltage or low capacity measurement on samples up to 6" by using probe card or manual positioners	107 500,00	2009
INSAVALOR	1012090112	AGILENT TECHNOLOGIES	Analyseur de courbes B1505	57 783,94	2009
ECL	900/RAMPERE1/2009/6	Carl Zeiss	STATION DE MESURE OSCILLO	27 500,00	2009
UCB		Lecroy	Oscilloscope numérique	26 126,99	2009
CNRS	L14237/2009	SRA Instruments	Ensemble EI pompe de diffusion	21 000,00	2009
ECL	900/RAMPERE1/2009/9	LANGLOIS	BANC D ESSAI MOTEUR THERMIQUE	13 500,00	2009
CNRS	2009-L14704	National Instruments	NUMERISEUR NI PXI-5122	11 386,01	2009
CNRS	2009-L15185	Fluigent	Contrôleur ecoulmt MFCS-4C-1000mbar	11 232,00	2009
CNRS	2009-13989	Fisher Bioblock Scientific	Centrifugeuse réfrigérée 3K30C	10 762,02	2009
CNRS	L14423/2009	Froilabo	Congélateur vertical BM690 (-86°C)	10 371,00	2009
ECL	900/RAMPERE1/2010/19	Labgene	NETPAPP FAS 2020	37 450,00	2010
UCB		MB Electronique	Analyseur	35 539,00	2010
INSAVALOR	2607100065	MICROTEST	Conditionneur thermique Thermonics T-2500E/300	34 310,00	2010
UCB		VP Electronique	Alimentation	32 216,14	2010
CLI	2010001476	LEASAMETRIC	ANALYSEUR DE RESEAU VECTORIEL COULEUR	16 695,00	2010
CNRS	2010L17233B	Bernier Electronix	PERCEUSE CCD BUNGARD	16 450,00	2010
CLI	2010001396	WEISS TECHNIK FRA	ENCEINTE TYPE VT 4011	15 050,00	2010
CNRS	2010L17724	Carl Zeiss	Microscope selon devis FAJ1195	14 343,30	2010
INSAVALOR	0110100105	DISTRAME	Oscilloscope numérique mixte 4 voies + 16 logiques 1GHZ	13 622,00	2010

ECL	900/RAMPERE1/2010/1	LABGENE SCIENTIFIC INSTRUMENTS	CHAMBRE ANAEROBIC	10 690,00	2010
UCB		National Instruments	Système d'acquisition/contrôle	10 244,34	2010
ECL	900/RAMPERE1/2010/18	KLOE SA	INSOLATEUR MASQUEUR	10 000,00	2010
INSA	AMPERE/2011/7	QUA00002 QUALIFLOW THERM	Fourniture d'un four à vide pour brasage et recuit haute température Solution de base	48 079,20	2011
INSAVALO R	3009110065	DMG	Centre d'usinage vertical DMC 635 V eco	55 000,00	2011
INSAVALO R	2012110094	HORUS LASER	Laser vert	29 000,00	2011
UCB		Equipements Scientifiques	Banc ARBIN	26 880,00	2011
ECL	900/RAMPERE1/2011/3	Lyfrig	ROTOR ET ULTRACENTRIFU GE	24 000,00	2011
INSAVALO R	1312110091	MICROTEST	Machine de démonstration manuelle de prise et de dépose de composants	22 270,00	2011
CNRS	2011L18335	Techno Medical Services	Autoclave Tuttnauer de laboratoire	18 205,99	2011
INSA	AMPERE/2011/4	DIS00002 DISTRAME S.A.	Oscilloscope 4 voies 1GHZ	17 171,16	2011
CLI	2011001664	LECROY	OSCILLO NUMERIQUE WAVE RUNNER HRO 64 ZI	15 402,00	2011
ECL	900/RAMPERE1/2011/2	CEDRAT SA	PACKAGE InCa3D et PORTUNUS	12 577,50	2011
CLI	2011001690	LEICA MICROSYSTE M	LOUPE BINOCULAIRE AVEC ACCESSOIRES	12 091,20	2011
INSAVALO R	1104110029	DISTRAME	Oscilloscope numérique 4 voies 350 MHZ 7 520 € + sonde de courant 30A 120 MHZ AC/DC 2 440,20 € + sonde différentielle 50 MHZ Hautes tensions 1 920 €	11 880,20	2011
INSAVALO R	2706120050 / 1810120078	MB ELECTRONIQU E	Cryosta haute tension	89 766,15	2012
ECL	900/RAMPERE1/2012/14	Microworld	Analyseur de spectre	24 119,40	2012
ECL	900/RAMPERE1/2012/6	National Instruments	Système de pince optique	23 278,00	2012
INSAVALO R	0106120054	ALLIANTECH	Sonde droite 5 trous Aerprobe modèle FRPS5-ER- C320	21 596,00	2012

ECL	900/RAMPERE1/2012/15	MB ELECTRONIQUE	GENERATEUR DE SIGNAUX RF 40GHz	20 682,00	2012
INSA	12000651	MIC00013 MICROWORLD	Chuck chauffant kelvin triaxial 6";401"	17 940,00	2012
ECL	900/RAMPERE1/2012/5	OPTOPRIM	Système de pince optique	15 722,00	2012
UCB		CEDRAT	Licence Motorcad fournisseur	13 350,00	2012
ECL	900/RAMPERE1/2012/4	OPTOPRIM	Système de pince optique	12 542,00	2012
UCB		AR FRANCE	Amplificateurs	12 308,46	2012
CNRS	2011-L21017	ALLIANTECH	SONDE DROITE 5 TROUS AEROPROBE	11 690,00	2012
CNRS	2012L21809	National Instruments	NI PXIe-8108	11 221,89	2012
CNRS	2012L22026	Tektronix	Logiciel ACS avec licence	10 804,50	2012
ECL	900/RAMPERE1/2012/7	LEASAMETRIC	OSCILLOSCOPE DIGITAL et Sonde active Offre VTE/SABIN1302	10 150,00	2012
CNRS	2013L23994	Fluidesign	BANC D ESSAIS	51 722,12	2013
ECL	900/AMPERE/2013/2	Carl Zeiss	Node-locked license - remise 50 %	45 550,25	2013
INSAVALOR	1012130098	PRIMES	Prestation prototypage bras d'onduleur	30 100,00	2013
ECL	900/AMPERE/2013/12	Froilabo	Système MPD 600 1 canal avec accessoires et logiciels	20 832,00	2013
INSAVALOR	1006130045	MICRO CONTROLE	Laser bleu	15 878,00	2013
CNRS	2013L23406	Lyfrig	CHAMBRE FROIDE NEGATIVE	12 502,00	2013
ECL	900/AMPERE/2013/22	EMKA (ABSORPTION SOREC)	Prototype de démonstration projet " GRILLON "selon votre offre N° 2021300160	12 300,00	2013
ECL	900/AMPERE/2013/23	EQUIPEMENT S SCIENTIFIQUE S	OSCILLOSCOPE TEKTRONIX - 4 VOIES 6 GHZ	12 000,00	2013
ECL	900/AMPERE/2013/12	OMICRON ELECTRONICS GMBH	Système MPD 600 1 canal avec accessoires et logiciels	10 167,00	2013
INSA	AMPERE/2014/3	RAN00010 RANC	Fournitures et fabrication éléments et matériels pour un bras d'inspection	21 653,58	2014
ECL	900/AMPERE/2014/2	EQUIPEMENT S SCIENTIFIQUE	OSCILLOSCOPE TEKTRONIX - 4 VOIES - 6GHZ	19 800,00	2014

		S			
ECL	900/AMPERE/2013/20	EQUIPEMENT S SCIENTIFIQUE S	TekSelect Arbitrary Waveform Generator12.0 Gsample per second : 10 bit - resolution : 2 channel	15 000,00	2014
INSA	14000325	DISTRAME	SMU High Voltage 2657A	14 320,00	2014
INSA	AMPERE/2014/2	FGET INTERNATION AL	Servos moteurs	10 671,01	2014
ECL	900/AMPERE/2013/19	EQUIPEMENT S SCIENTIFIQUE S	Option Interleaved high bandwidth output	10 444,00	2014

B. Liste des plateformes

Laboratoire de microbiologie environnementale (sur 150 m2)	
Centre d'essais CEM Cage anéchoïque hybride (7,5 x 5 x 3,1 m) Antennes et matériels de mesure jusqu'à quelques GHz	
Centre d'essais Haute Tension. Hall <i>faradisé</i> de 170 m2 de surface au sol, abritant un générateur de choc (foudre et manœuvre) de 1MV (50 kJ) et un transformateur 200 kV/50 Hz - 50 kVA.	

Bancs de caractérisation de composants de puissance en commutation et banc de mesure sous pointe qui permettent les mesures statiques, directe et inverse, les mesures C(V) et en commutation



Centre de caractérisation et de fiabilité des systèmes de stockage (sur 80 m²) : Le Centre de caractérisation et de fiabilité pour batteries, supercondensateurs et condensateurs est constitué de plusieurs enceintes climatiques, de 3 bancs de cyclage (jusqu'à 30 V, 500 A), de moyens de caractérisation temporelle et fréquentielle (spectromètres d'impédance, impédancemètres, ...) dans la gamme 10 μ Hz - 40 MHz, ainsi que des systèmes d'acquisition et d'une caméra infrarouge.



Centre d'essais Fluid Power installé sur 140 m² : bancs d'essais électropneumatiques et électrohydrauliques, en vue de modéliser, simuler et commander des systèmes mécatroniques. Compresseur, centrale hydraulique, système d'acquisition multivoies, systèmes numériques de contrôle-commande, gamme étendue d'appareils de mesure (débit massique, pression, position, vitesse, accélération, force, température), composants/systèmes de modulation de puissance et d'actionnement électropneumatiques et électrohydrauliques.





ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSAINSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

Annexe 4 : Organigramme fonctionnel.

Une présentation schématique du mode d'organisation de l'unité de recherche sera jointe au dossier.

A. Organigramme général



B. Pôle administratif et financier



C. Pôle scientifique et technique

Directeur : Guy CLERC
Directeur Adjoint : François BURET

Pôle Scientifique et Technique Responsable : Guy CLERC			
CNRS	ECL	INSA	UCB Lyon1
FABREGUE Olivier (resp : F. Buret)	BARTHOLET Richard (resp : G. Scorletti)	BEVILACQUA Pascal (Resp B. Allard)	ZITOUNI Younes (resp N. Burais)
FRANQUEVILLE Laure (resp : P. Simonet)	CECILLON Sébastien (Resp G. Scorletti)	SESMAT Sylvie (Resp E. Bideaux)	
GALBOUD Gilles (resp : G. Clerc)	GONIN Jacques (resp : G. Scorletti)	ZAOUI Abderrahime (Resp B. Allard)	
JOLY Jacques (resp : E. Bideaux)	KETTAM Abdelilah (resp : G. Scorletti)		
	DEMANECHE Sandrine (resp : P. Simonet)		

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005

**Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications**

Annexe 5

Règlement intérieur



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSAINSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

Annexe 5 : Règlement intérieur.

S'il y a lieu, une copie du règlement intérieur de l'unité de recherche sera jointe au dossier.

Règlement intérieur du laboratoire Ampère

UMR CNRS 5005 – ECL – INSA Lyon – UCBL

A. Préambule

Art. 0.1 :

Tout membre du laboratoire est tenu de connaître, parapher et signer :

- le Règlement Intérieur,
- le règlement Hygiène et Sécurité,
- la charte informatique des tutelles auxquelles il peut être rattaché.

Tout nouveau membre du laboratoire doit lors de son intégration accomplir les formalités afférentes à son statut. Tout nouveau doctorant doit également signer la charte de thèse.

Art. 0.2 :

Le présent règlement ne saurait se substituer aux règlements des établissements de tutelle et il est rappelé que le laboratoire Ampère est tenu de respecter les règlements et les règles d'usage de chacune de ses autorités de tutelle.

B. Structure de l'Unité

Art. 0.3

Le laboratoire Ampère est un laboratoire multi-sites dépendant de 3 autorités de tutelle universitaires (l'Ecole Centrale de Lyon, l'INSA de Lyon et l'Université Claude-Bernard Lyon I) et du CNRS en tant qu'UMR. Il a été créé en 2007.

Le laboratoire Ampère est structuré en départements de recherche. La politique du laboratoire s'appuie donc sur ces départements. Chaque département est animé par un responsable de département. Ce dernier est en charge de la coordination entre les groupes de recherche composant le département et de l'animation scientifique au niveau du département. Il donne un avis et classe les demandes faites par les groupes de recherche avant de les transmettre à la direction du laboratoire.

Les chercheurs sont répartis sur plusieurs sites géographiques, correspondant aux différentes autorités de tutelle. Chaque site est placé sous l'autorité d'un responsable de site chargé de la mise en œuvre locale de la politique scientifique du laboratoire. Ce dernier a la responsabilité des locaux de recherche, de l'organisation et de la vie quotidienne interne au site.

Le responsable de site est l'interlocuteur proche des établissements pour l'ensemble du laboratoire Ampère. Il a notamment la charge de la gestion au quotidien des relations du laboratoire avec l'établissement de tutelle dont il dépend. Le responsable de site n'a pas autorité pour engager une action au nom du laboratoire sans en avoir référé au Directeur de l'Unité et obtenu un accord formel.

C. Instances de l'Unité

Art. 0.4 : Directeur

Le laboratoire Ampère a, conformément aux dispositions inclues dans les conventions des Unités Mixtes de Recherche CNRS, un Directeur. La nomination du Directeur de l'Unité est prononcée conjointement par les tutelles pour 5 ans, renouvelable 2 fois au maximum, après avis des instances statutairement compétentes. En cas d'interruption de son mandat, le remplacement est effectué selon la même procédure, pour la durée du mandat de l'Unité restant à courir. Le Directeur est le garant de l'esprit du laboratoire. Quel que soit son établissement d'affectation, il est responsable des relations stratégiques avec l'ensemble des tutelles dont il est l'interlocuteur principal. Il est également responsable de la communication du laboratoire et de son organisation. Il est assisté d'un ou plusieurs directeurs adjoints, de responsables de sites et de responsables de département de recherche.

Art. 0.1.1 : Responsabilité financière

Le Directeur du laboratoire Ampère a la responsabilité de l'ensemble des crédits dont dispose le laboratoire. Il peut, après avis du Comité de direction et du Conseil de laboratoire, déléguer une part de la gestion financière aux responsables de sites. L'ensemble des crédits alloués par le CNRS et son ministère de tutelle est placé sous son autorité directe.

Art. 0.5 : Comité de direction

Le Comité de direction est un organe consultatif qui réunit autour du Directeur les responsables de département et les responsables de sites conformément à l'article 2.2.1 de l'Annexe 2. Le Comité de direction se réunit 2 fois par mois. Il assiste le Directeur dans ses réflexions et sa gestion conformément à l'article 2.2.2 de l'Annexe 2. Le Comité de direction est notamment en charge de l'application de la politique scientifique et il prépare des propositions motivées à soumettre au Conseil de laboratoire et lui transmet tous les éléments nécessaires à sa réflexion.

Art. 0.6 : Conseil de laboratoire

Le laboratoire est doté d'un Conseil, organe consultatif. Il se compose de 15 membres conformément à l'article 2.3.1 de l'Annexe 2 et est présidé par le Directeur de l'Unité ou par le Directeur adjoint en cas d'absence du Directeur. Il se réunit au moins quatre fois par an et assiste le Directeur pour les décisions à prendre conformément aux dispositions prévues dans l'article 2.3.2 de l'Annexe 2. Le Conseil de laboratoire est notamment en charge de la politique scientifique générale du laboratoire et de son orientation.

Art. 0.7 : Assemblée générale

Une assemblée générale est organisée une fois par an, ou plus si le Directeur de l'Unité l'estime nécessaire. Elle a pour but de présenter les informations clés, passées, présentes et/ou futures concernant le fonctionnement, la structure et/ou la politique scientifique de l'Unité. La date doit être annoncée à l'ensemble des personnels au moins 2 mois avant sa tenue, 1 mois en cas d'assemblée extraordinaire. De par l'importance des informations présentées, la présence de tous les membres de l'Unité, permanents et non permanents, est obligatoire. Un membre de l'Unité peut être autorisé à s'absenter après en avoir au préalable informé la direction de l'Unité et avoir obtenu son accord explicite.

D. Accueil et recrutements

Art. 0.8 : Accueil des ressortissants étrangers

L'accueil d'un ressortissant étranger hors Communauté Européenne (visite, séjour de courte durée, stage, thèse, recrutement à durée déterminée, ...) dans le laboratoire relève de la responsabilité du Directeur d'Unité. Cet accueil reste soumis à l'avis préalable du Fonctionnaire de Sécurité de Défense du CNRS. La demande d'accueil, visée par le Directeur de laboratoire, doit être effectuée dans un délai raisonnable conformément à la procédure « *Accueil et Recrutement* » mise en place par le service compétent de l'unité.

Art. 0.9 : Accueil en Zone à Régime Restrictif (ZRR)

La demande d'accès d'un membre permanent ou non permanent aux zones du laboratoire classées ZRR est soumise au directeur de l'unité et/ou au responsable de la zone à régime restrictif placé sous son autorité. Pour les stages, doctorats, activités de recherche scientifique et de formation, la demande d'accès est accompagnée d'un dossier comprenant notamment des éléments d'information sur le parcours universitaire et professionnel du demandeur, ses titres et travaux, l'établissement français d'accueil, l'établissement d'origine, les raisons de la demande et le but de l'activité projetée, conformément à l'article 2 de l'arrêté du 3 juillet 2012 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation.

L'autorisation est délivrée par le Directeur du laboratoire après avis du Fonctionnaire de Sécurité de Défense du CNRS, conformément au décret 2011-1425 du 2 Novembre 2011 portant application de l'article 413-7 du Code pénal et relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation (extrait disponible à l'Annexe 3).

Cette autorisation est individuelle, nominative et inclue une durée de validité.

Le Directeur de l'Unité est responsable du respect des conditions d'accès aux zones ZRR. Il s'appuie sur les responsables de site pour veiller au respect de ces conditions.

Art. 3.2.1 : Visiteurs en Zone à Régime Restrictif

Est qualifiée de visite la présence temporaire d'une personne qui n'est pas liée à l'exercice de l'une des activités mentionnées précédemment. Le Directeur de l'Unité détermine les mesures de sécurité applicables aux visites dans ces zones conformément à l'article 4 de l'arrêté du 3 juillet 2012 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation.

Conformément à l'article 3 de ce même arrêté, « [...] Les visites font l'objet d'un enregistrement préalable et les visiteurs sont accompagnés tout le long de leur visite ».

Art. 0.10 : Inscription en Master Recherche et en thèse de Doctorat

Les inscriptions en Master Recherche et en thèse se font dans l'établissement d'enseignement d'accueil. Pour les thèses, il est également nécessaire de s'inscrire dans l'école doctorale EEA (sauf exception négociée avec le responsable d'une autre école doctorale). Les inscriptions ne sont effectives que si le dossier d'inscription est signé par le Directeur du laboratoire Ampère, le responsable de site de l'établissement d'inscription et pour les thèses par le responsable de l'école doctorale. Il en est de même pour les propositions de jurys de thèse.

Art. 3.3.1 : Master Recherche

Les étudiants inscrits dans un organisme de tutelle ne peuvent effectuer leur stage de recherche au sein du laboratoire que lorsque leur dossier d'inscription est dûment complété, signé par le(s) personnel(s) permanent(s) responsable(s) du stage et la direction de l'Unité. Lors de l'activité à temps plein du stage, ils doivent être indemnisés au minimum prévu par la loi conformément au décret n° 2009-885 du 21 juillet 2009, version consolidée du 22 Juin 2011 (extrait disponible à l'Annexe 4).

Art. 3.3.2 : Thèse doctorale

Conformément à la charte des thèses des établissements, l'Ecole Doctorale EEA impose que les doctorants reçoivent un financement décent (avec un minimum compris entre 80% et 100% du SMIC selon les établissements) pendant toute la durée de leur thèse fixée à 3 ans. Les informations relatives aux financements sont incluses dans la charte des thèses mise en place par les différentes tutelles. Les directeurs de thèse ont la charge de trouver le financement et de faire état à la première inscription de la disponibilité des fonds pour les 3 ans de l'étude.

Art. 0.11 : Demandes d'emplois, Recrutements

Les demandes d'emplois (chercheurs, enseignants-chercheurs, personnel technique et administratif) sont formulées par le laboratoire Ampère, par la voix exclusive de son Directeur. Il en est de même pour les avis sollicités par les établissements ou les commissions de spécialistes lors de campagnes de recrutements. Aucune embauche en contrat à durée indéterminé ou déterminée de chercheur, de personnel technique ou de stagiaire ne peut être effectuée par les établissements ou leurs filiales au nom du laboratoire Ampère sans l'accord explicite et écrit du Directeur du laboratoire.

E. Propriété, confidentialité et publications :

Art. 0.12 : Propriété

Tous les résultats scientifiques développés au sein du laboratoire sont la propriété partagée du laboratoire et de la tutelle à laquelle le ou les chercheurs impliqués sont rattachés conformément à l'article R611-12 du code de la propriété intellectuelle (dont un extrait est disponible à l'Annexe 5).

Art. 0.13 : Confidentialité

Tout stagiaire, membre non permanent ou membre permanent du laboratoire s'engage à ne pas publier, ou divulguer de quelque façon que ce soit, les informations scientifiques ou techniques appartenant à tout autre membre, permanent ou non-permanent, du laboratoire et dont il pourrait avoir eu connaissance à l'occasion d'une présentation interne, ou de leur coopération scientifique. Pour toute communication éventuelle à l'extérieur du laboratoire, l'autorisation du Directeur de l'Unité, du Comité de direction ou du responsable du département concerné est obligatoire.

Art. 4.2.1 : Résultats non susceptibles de conduire à un dépôt de brevet

Les résultats non susceptibles de faire l'objet d'une valorisation sous forme de brevet, ou de dossier technique secret, peuvent être publiés par les chercheurs de l'Unité à l'origine des résultats, après avis et sous la responsabilité du Directeur de l'Unité, ou par délégation après avis et sous la responsabilité d'au moins un membre permanent, chercheur ou enseignant-chercheur, du laboratoire.

Art. 4.2.2 : Résultats susceptibles de conduire à un dépôt de brevet

Dans l'hypothèse où les résultats seraient susceptibles de conduire au dépôt d'un brevet, le secret sera maintenu par l'ensemble des Parties, qui s'y engagent, jusqu'à publication de la demande de brevet. Cette période ne peut toutefois pas excéder un total de dix-huit mois à compter de la soumission de la publication de la demande de brevet au Directeur de l'Unité.

Cette obligation de secret ne peut faire obstacle à :

- l'obligation qui incombe aux chercheurs affectés au laboratoire d'établir leur rapport annuel d'activité pour le laboratoire ou pour l'organisme dont ils relèvent, cette communication à usage interne ne constituant pas une divulgation au sens des lois sur la propriété industrielle,
- la soutenance de thèse d'un doctorant affecté au laboratoire. Dans ce cas, la thèse se devra d'être soutenue à huis clos, afin qu'il n'y ait pas divulgation, au sens des lois sur la propriété industrielle, des résultats susceptibles d'être protégés.

Art. 0.14 : Cahier de laboratoire

Tout membre du laboratoire a pour obligation de consigner ses travaux, au jour le jour, dans un cahier de laboratoire³. Le cahier de laboratoire appartient en copropriété aux tutelles dont relève l'Unité. Le Directeur du laboratoire est responsable de l'application des règles d'utilisation des cahiers. A ce titre il doit s'assurer notamment que les cahiers sont archivés. La copie pour usage personnel des rédacteurs du cahier peut être autorisée par le Directeur.

Art. 0.15 : Publications et conférences

Tout membre du laboratoire s'engage à satisfaire au minimum, sur un quinquennat, aux critères d'identification des chercheurs et enseignants chercheurs « publiants » définis par l'AERES (disponible à l'Annexe 1).

Aucune publication ne peut être effectuée au nom du laboratoire Ampère sans avoir reçu l'accord du Directeur de laboratoire et/ou du responsable d'équipe concerné ou par délégation d'au moins un membre permanent, chercheur ou enseignant-chercheur, du laboratoire.

Les publications des personnels du laboratoire font apparaître leur appartenance à l'Unité et le rattachement aux tutelles conformément aux recommandations du PRES de Lyon. Dès parution, un exemplaire de toutes les publications (articles, revues, thèses...) dont tout ou partie du travail a été effectué dans l'Unité doit être remis au correspondant pour archivage sous une forme électronique dans le dispositif d'archives ouvertes HAL, dispositif qui permet d'améliorer la visibilité des activités de recherche et le rayonnement scientifique du laboratoire.

A l'issue de la participation à une conférence, le ou les membres du laboratoire Ampère y ayant participé peuvent être amenés à rédiger un bref rapport de mission (objectifs de la conférence, tendances nouvelles, contacts pris,) sur demande, et à destination :

- du responsable de groupe auquel ils sont rattachés,
- du responsable de département auquel ils sont rattachés,
- du Comité de direction.

F. Hygiène et sécurité :

Art. 0.16 : Hygiène et Sécurité

S'il incombe au Directeur de veiller à la sécurité et à la protection des personnels et d'assurer la sauvegarde des biens de l'Unité, chacun doit se préoccuper de sa propre sécurité et de celle des autres. Tout membre du laboratoire a ainsi pour obligation de prendre connaissance de la notice « Hygiène et Sécurité » du laboratoire et d'appliquer les règles et recommandations qu'elle contient, notamment les dispositions à prendre en cas d'accident et d'incendie. Un exemplaire de cette notice est à la disposition sur chacun des sites dans la zone d'accueil du laboratoire. Une copie est fournie à tout nouvel entrant.

Il n'y a pas de Comité spécial d'Hygiène et de Sécurité au sein de l'Unité, toutefois les questions relatives à la sécurité et à la prévention pourront être traitées lors des réunions du Conseil de laboratoire. Le registre « Danger Grave et Imminent » et le registre « Hygiène et Sécurité » sont disponibles dans les secrétariats de chacun des sites et à la disposition de tout membre du laboratoire :

- Les personnels peuvent consigner l'observation d'une situation potentiellement dangereuse, avec un risque pour leur intégrité ou celle d'un tiers, dans le registre « Danger Grave et Imminent ». Ils pourront alors faire valoir leur droit de retrait conformément aux articles L4131-1 à L4131-4 du Code du Travail.
- Les personnels doivent consigner les incidents, leurs observations et suggestions relatives à la prévention des risques et à l'amélioration des conditions de travail dans le registre « Hygiène et Sécurité ».

L'agent chargé de la mise en œuvre des règles d'hygiène et de sécurité (ACMO)

- assiste et conseille le Directeur d'Unité,
- sensibilise les personnels au respect des consignes et règles de sécurité,
- participe à la formation des personnels,
- doit fournir aux nouveaux entrants, dès leur arrivée, la formation et les informations nécessaires à l'accomplissement de leur travail dans le respect des consignes générales de sécurité,

³ <http://www.inpi.fr/fr/la-pi-pour-vous/laboratoire-ou-chercheur/le-cahier-de-laboratoire.html>

- participe avec l'ingénieur régional de prévention et de sécurité et le médecin de prévention aux visites de contrôle et de conseil,
- s'assure de la bonne tenue du registre d'hygiène et de sécurité de l'unité,
- tire les enseignements des accidents et incidents survenus dans l'unité.

L'ACMO est lui-même assisté d'un correspondant sur chacun des sites du laboratoire. L'identité de l'ACMO et celles de ses correspondants sont affichées aux secrétariats des sites.

Tous les locaux présentant un risque particulier (chimique, biologique, rayonnement...) font l'objet d'une signalétique particulière. Leur accès est réglementé par affichage et éventuellement par la mise en place de serrures à codes.

Il est interdit aux personnels de fumer sur les lieux de travail et d'introduire des boissons ou de la nourriture dans les salles d'expérimentation.

G. Utilisation des moyens informatiques

Art. 0.17 : Chartes Informatiques

L'utilisation des moyens informatiques est soumise à des règles explicitées dans les chartes informatiques du CNRS et des autorités universitaires de tutelle. Ces chartes sont avant tout un code de bonne conduite. Elles ont pour objet de préciser la responsabilité des utilisateurs, en accord avec la législation. Tout nouvel arrivant doit signer la charte de l'établissement dont il utilise les moyens informatiques.

Art. 0.18 : Messagerie Electronique

Une adresse électronique professionnelle est donnée à tout nouvel entrant au Laboratoire. Conformément au chapitre 4 du présent règlement sur la propriété intellectuelle et la protection du patrimoine scientifique de l'unité, tous les échanges institutionnels doivent passer par cette adresse professionnelle et uniquement par cette adresse.

H. Utilisation des ressources techniques collectives

Art. 0.19 : Ressources techniques collectives

Chaque équipement du laboratoire est sous la responsabilité d'une personne désignée. Les règles d'utilisation des équipements doivent être affichées à proximité de l'équipement et/ou être consignées dans une notice disponible à proximité de l'équipement.

Tout membre du laboratoire est tenu de prendre soin du matériel qui lui est confié et ne doit pas en détourner l'usage à des fins personnelles ou privées. Le matériel appartenant au laboratoire Ampère ne peut en être sorti sans autorisation préalable du Directeur de l'Unité.

I. Missions

Art. 0.20 : Missions

Tout agent se déplaçant dans l'exercice de ses fonctions, doit être en possession d'un ordre de mission établi préalablement au déroulement de la mission. Ce document est obligatoire du point de vue administratif et juridique ; il assure la couverture de l'agent au regard de la réglementation sur les accidents de service. Un ordre de mission ne pourra être délivré que si la demande est faite dans un délai raisonnable conformément à la procédure « *Mission* » mise en place par le service compétent sous l'impulsion de la direction de l'Unité.

L'agent amené à se rendre directement de son domicile sur un lieu de travail occasionnel sans passer par sa résidence administrative habituelle, est couvert en cas d'accident du travail sous réserve de remplir les deux conditions suivantes :

- être en possession d'un ordre de mission
- avoir une attestation de son Directeur de laboratoire en cas d'utilisation d'un véhicule administratif ou de son véhicule personnel, si l'ordre de mission ne le mentionne pas.

J. Formation

Art. 0.21 : Formation professionnelle

Un plan de formation est rédigé chaque année par le correspondant formation. Ce document recense les besoins en formation des individus et du laboratoire en respectant les objectifs établis par le Directeur. Le plan de formation est alors soumis au Conseil de laboratoire pour avis. Le correspondant formation a également pour rôle d'informer et de Conseiller les personnels pour les besoins et demandes de formation.

Tout membre du laboratoire peut faire valoir son Droit Individuel à la Formation (DIF) conformément :

- au décret n° 2007-1470 du 15 octobre 2007 relatif à la formation professionnelle tout au long de la vie des fonctionnaires de l'Etat,
- au décret n°2007-1942 du 26 décembre 2007 relatif à la formation professionnelle des agents non titulaires de l'Etat et de ses établissements publics et des ouvriers affiliés au régime des pensions résultant du décret n°2004-1056 du 5 octobre 2004.

K. Horaires, congés, absences**Art. 0.22 : Durée annuelle de travail**

La durée annuelle de travail effectif est de 1607 heures. Les modalités de mise en œuvre dans l'Unité prennent en compte les dispositions figurant dans l'article 1 du décret n°2000-815 du 25 août 2000 relatif à l'aménagement et à la réduction du temps de travail dans la fonction publique de l'Etat, version modifiée par le décret n°2011-184 du 15 février 2011 - art. 55 (V).

Art. 0.23 : Durée hebdomadaire de travail

La durée hebdomadaire du travail effectif pour chaque agent CNRS de l'Unité travaillant à plein temps, est de 38h30 sur cinq jours. Les personnels autorisés à accomplir un service à temps partiel d'une durée inférieure ou égale à 80 % peuvent travailler selon un cycle hebdomadaire inférieur à 5 jours.

Le temps de travail correspond à un temps de travail « effectif ». Il ne prend pas en compte la pause méridienne obligatoire qui ne peut être ni inférieure à 45 minutes ni supérieure à 2 heures.

Les agents non CNRS de l'Unité sont soumis aux règles de leur établissement d'affectation.

Art. 0.24 : Ouverture du laboratoire, accès aux locaux

La plage horaire de travail de référence commence à 7 heures et se termine à 21 heures. Après accord du Directeur de l'Unité et sous condition des nécessités de service, certains personnels peuvent pratiquer un horaire décalé par rapport à la plage horaire de référence.

L'accès aux locaux en dehors de ces plages doit être expressément et nommément autorisé par le Directeur de laboratoire ou le responsable de site.

Art. 0.25 : Travail isolé

Les personnels dont les travaux jugés dangereux nécessitent d'être exécutés en dehors des horaires normaux de travail et/ou sur des lieux ou locaux éloignés, doivent impérativement être accompagnés. Cette obligation est levée s'il existe un service de garde à qui les personnels doivent impérativement signaler leur présence. Dans tous les cas, ces personnels doivent respecter les consignes d'hygiène et de sécurité, conformément à l'Art. 0.16 : Hygiène et Sécurité du présent règlement, et se conformer à la réglementation en vigueur au sein de l'établissement de tutelle où ils se trouvent.

Art. 0.26 : Fermeture du laboratoire

Les périodes de fermeture sont décidées en début de chaque année par le Directeur du laboratoire après avis du Conseil de laboratoire en fonction des décisions de fermeture administrative prises par les autorités universitaires de tutelle.

Art. 0.27 : Congés

Le nombre de jours de congés est fixé pour un membre du laboratoire, permanent ou non permanent, par le règlement propre à sa tutelle de rattachement. Il prend théoriquement en compte le nombre de jours de congés annuels et les jours de congés accordés au titre de l'Aménagement de la Réduction du Temps de Travail conformément au décret n°2000-815 du 25 août 2000, version modifiée par le décret n°2011-184 du 15 février 2011. Les jours RTT sont utilisés dans les mêmes conditions que les jours de congés annuels.

Les personnels peuvent bénéficier de deux jours de fractionnement des congés annuels de :

1 jour si l'agent prend 5, 6 ou 7 jours en dehors de la période du 1er mai au 31 octobre,

2 jours si ce nombre est au moins égal à 8 jours.

Ces jours de congés supplémentaires devront également être pris en dehors de la période allant du 1er mai au 31 octobre.

Les jours de congés sont accordés, après avis du responsable hiérarchique, sous réserve des nécessités de service.

Art. 0.28 : Durée des absences de service pour congés

L'absence de service ne peut excéder 31 jours consécutifs⁴ (la durée des congés est alors calculée du premier au dernier jour sans déduction des samedis, dimanches et jours fériés) conformément au décret n°84-972 du 26 octobre 1984. Dans le cas particuliers des congés bonifiés concernant les agents originaires des DOM-TOM, la durée d'absence maximale ne peut excéder 65 jours consécutifs.

Art. 0.29 : Suivi des congés

Afin de pouvoir adapter l'organisation du travail, chacun doit effectuer ses demandes de congé conformément aux dispositions prises par sa tutelle de rattachement, et en informer la direction du laboratoire avec un délai de prévenance d'au moins 24 h. Le suivi des congés annuels est réalisé sous la responsabilité du Directeur.

Art. 0.30 : Absence pour raison médicale

Toute indisponibilité consécutive à la maladie doit, sauf cas de force majeure, dûment être justifiée et signalée auprès de sa tutelle de rattachement et au responsable de l'Unité dans les 24 heures. Sous les 48 heures qui suivent l'arrêt de travail le salarié doit produire un certificat médical indiquant la durée prévisible de l'indisponibilité.

Tout accident corporel survenant dans le cadre de l'activité professionnelle sera immédiatement déclaré auprès de l'Unité.

Art. 0.31 : Autres autorisations d'absence

Evénements familiaux, examens médicaux, préparation à un concours (...): toutes les autres modalités d'autorisation d'absence peuvent être consultées sur le portail de la fonction publique⁵.

⁴ Sauf en cas de disposition spécifique liée à la fermeture exceptionnelle d'un des trois sites du laboratoire par l'une des tutelles.

⁵ <http://www.fonction-publique.gouv.fr/fonction-publique/statut-et-remunerations-61>

Toute modification du présent règlement intérieur devra faire l'objet d'un avenant signé par les tutelles.

Règlement provisoire soumis au Conseil d'Unité le : 20 Décembre 2012

Révision du Règlement soumis au Conseil d'Unité le : 31 Janvier 2013



Section des unités de recherche

Critères d'identification des chercheurs et enseignants-chercheurs "produisant en recherche et valorisation"

L'activité d'une entité de recherche fait l'objet d'une appréciation qualitative, fondée principalement sur l'évaluation par les pairs, complétée par un certain nombre d'indicateurs aussi objectifs que possible. À l'estimation globale de la qualité de la production scientifique et du rayonnement d'une entité de recherche s'ajoute la prise en considération de l'organisation de l'entité et des différents types d'activité de ses membres.

L'un des indicateurs est une estimation de la proportion des chercheurs et enseignants-chercheurs "produisant en recherche et valorisation".

1^{er} octobre 2012

Est considéré comme chercheur ou enseignant-chercheur "produisant en recherche et valorisation", celui qui, durant la période d'exécution du contrat quinquennal d'établissement, satisfait à un nombre minimal de « productions ». Ce nombre est à pondérer en fonction du contexte défini par sa situation dans sa carrière et son engagement dans des tâches d'intérêt collectif pour la recherche. La mesure chiffrée de cette production est complétée par d'autres éléments tels que : le rayonnement scientifique, la participation active à des réseaux et des programmes nationaux et internationaux, la prise de risque dans la recherche, l'ouverture vers le monde de la demande sociale, le dépôt de brevets, les responsabilités dans la gestion de la recherche (nationales, internationales) et dans la publication ou l'édition de revues (rédacteur en chef ou membre de comité de rédaction) ou de collections internationales (directeur), l'investissement dans la diffusion de la culture scientifique, la recherche appliquée ou l'expertise.

Le poids relatif des différents types de "production" est propre à chaque discipline. Les appréciations de chaque support de production scientifique et des formes de contribution à la recherche sont différenciées en fonction des pratiques de chaque communauté disciplinaire.

Un chercheur ou un enseignant-chercheur est considéré *de facto* comme "produisant en recherche et en valorisation" lorsque sa production scientifique de rang A est au moins égale en cinq ans à celle apparaissant dans le tableau suivant :

Secteur	Chercheur	Enseignant-Chercheur
Mathématiques	2	2
Physique, Chimie, Sciences de la Terre et de l'Univers	4	2
Sciences pour l'Ingénieur, Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication	3	2
Sciences du Vivant	4	2
Sciences de l'Homme et de la Société	4	2

Remarque : Un enseignant-chercheur est considéré ici sous cette appellation s'il satisfait à ses obligations statutaires d'enseignement. La même remarque s'applique à tous les personnels ayant des obligations statutaires de service (exemple les tâches d'observation du corps des astronomes et physiciens).

Est considéré comme une production scientifique de rang A :

- une publication dans une revue internationale ou nationale avec comité de lecture, reconnue par la communauté scientifique,
- un chapitre d'ouvrage ou un ouvrage de recherche (y compris les éditions critiques) reconnu par la communauté scientifique,
- pour le secteur STIC ou SHS, un article long dans un congrès international à comité de sélection,
- la constitution et la mise à disposition de bases de données, de logiciels, de corpus ou d'outils de recherche,
- un brevet déposé à l'international.

Il est clair que la participation à des colloques est un indice de l'activité scientifique mais la très grande variabilité qualitative de l'évaluation des actes des colloques ne permet pas de les retenir automatiquement comme éléments pertinents d'appréciation.

- 1• Dans le secteur des Mathématiques, les directions de thèses peuvent, dans certains cas, être prises en compte dans l'appréciation de la production scientifique du chercheur.
- 2• Pour tenir compte de la diversité des publications dans le secteur SHS, la liste ci-dessous donne à titre indicatif des équivalences possibles de publications, selon les disciplines.
 - Un article dans une revue à comité de lecture (ou considérée comme de très bon niveau par la communauté) est évalué selon la difficulté d'accès à la publication et le nombre des co-auteurs. Ce type de revues implique une procédure explicite de sélection et de révision des articles. N'entreront dans ce décompte que les revues de portée internationale ou nationale. Une liste établie avec le concours de la communauté scientifique, comportant, lorsqu'un consensus peut être acquis, une classification, sera affichée et révisable. Les articles publiés dans des revues locales ou professionnelles sont comptabilisés, tantôt au titre de la recherche, tantôt au titre de la diffusion de la culture scientifique ou de la valorisation selon les disciplines.
 - Un ouvrage de recherche ou d'érudition peut être tenu pour une publication de rang A (les éditions critiques, les manuels, traités, précis, essais, compilations sont appréciés au cas par cas). La direction d'ouvrages collectifs est comptabilisée dans les disciplines où elle est une forme de production essentielle.
 - Une communication à un colloque ou un congrès ne peut pas être comptée deux fois si elle est publiée par ailleurs.
- 3• La valorisation des résultats de la recherche et la diffusion de la culture scientifique et technique seront prises en compte.
- 4• Les prises de responsabilités scientifiques ou administratives importantes peuvent compenser une production scientifique modeste.

2. Annexe 2

Article de référence : Art. 0.5 : Comité de direction

Art. 2.2.1 : Composition du Comité de direction

Le Comité de direction comprend des membres de droit :

- le Directeur de l'Unité,
- le Directeur adjoint,
- les responsables de site,
- les responsables ou responsables adjoints de département,

Le Directeur de l'Unité peut proposer au Conseil que tout personnel, permanent ou vacataire intervenant dans l'Unité, assiste au Conseil à titre consultatif.

Art. 2.2.2 : Les missions du Comité de direction

Le Comité de direction est en charge de propositions principalement sur :

- l'ensemble de la politique scientifique du laboratoire, de son élaboration à court terme, à sa conduite et à son évaluation.
- la politique scientifique incitative interne,
- les recrutements de personnels chercheurs et enseignants chercheurs et dans les attributions des bourses du MESR en provenance des Ecoles Doctorales en accord avec les priorités scientifiques,
- les achats d'équipement d'intérêt général et de la politique de développement de plates-formes techniques mutualisées internes au laboratoire.

Art. 2.2.3 : Procès-verbal

Un secrétaire est désigné au début de chaque séance. Il rédige un procès-verbal qui est approuvé lors de la séance qui suit. Le procès-verbal ne doit faire état que des débats et des conclusions concernant le laboratoire, un département, une équipe ou un corps de métiers du laboratoire. Tout ce qui peut être relatif à une situation individuelle est formellement exclu du procès-verbal. Sa diffusion doit être largement assurée à l'ensemble des membres du laboratoire au plus tard dans les 8 jours suivants son approbation.

Article référence : Art. 0.6 : Conseil de laboratoire

Art. 2.3.1 : Composition du Conseil de laboratoire

Le Conseil de laboratoire comprend le Directeur de l'Unité, son Directeur adjoint ainsi que 9 membres élus et 4 membres nommés pour un mandat de 5 ans. Les membres élus le sont par collèges et la représentation des différents corps des personnels est la suivante :

- 4 représentants des chercheurs et enseignants-chercheurs,
- 2 représentants des ITA et ITARF,
- 2 représentants des doctorants,
- 1 représentant des personnels CDD (autres que doctorants).

Art. 2.3.2 : Fonctionnement du Conseil de laboratoire

L'ordre du jour du conseil de Laboratoire est fixé par le directeur de l'Unité.

Pour toute réunion du Conseil, la convocation, l'ordre du jour et les documents correspondants sont adressés au moins huit jours à l'avance sauf impératifs de service, pour attribution aux membres. Le quorum requis pour la tenue du Conseil est au moins égal à la moitié des membres élus et nommés. En cas de vote la majorité des présents et représentés est requise. Les membres élus ne pouvant pas participer à une séance d'un Conseil, peuvent donner pouvoir. Nul ne peut détenir plus d'un pouvoir.

Art. 2.3.2.1 : Les missions du Conseil de laboratoire

Le Conseil de laboratoire se saisit de :

- la politique scientifique générale du laboratoire et de son orientation, dont la politique incitative interne (classement et soutien des Appels à Projet Internes, sujet de Master Recherche,...),
- la politique d'incitation et les affectations budgétaires,
- les profils associés à toute demande de recrutement permanent au laboratoire Ampère,
- tout sujet mis à l'ordre du jour par le Directeur.

Art. 2.3.2.2 : Procès verbal

Un procès-verbal est rédigé à chaque séance par le (la) responsable administratif du Laboratoire et il est approuvé lors de la séance qui suit. Une version provisoire doit être soumise aux membres du Conseil au plus tard dans les 15 jours suivants la dernière réunion du Conseil. Sa diffusion doit être largement assurée à l'ensemble des membres du laboratoire au plus tard dans les 8 jours suivants son approbation.

Art. 2.3.2.3 : Vote

Tout membre du Conseil peut demander un vote à bulletin secret. Cette procédure est requise pour toute question relative aux situations individuelles, dans les conditions et limites fixées par le statut des personnels concernés.

Art. 2.3.2.4 : Membres invités

Le directeur de Laboratoire, éventuellement sur requête du conseil, peut demander à entendre, sur un ou des point(s) précis de l'ordre du jour, toute personne qualifiée en raison de son expérience ou de ses compétences. Cette personne peut être associée à la mise en place de toute commission spécifique jugée opportune.

Le (la) responsable administratif du Laboratoire assiste aux réunions du conseil de Laboratoire sans droit de vote s'il (elle) ne fait pas parti des élus du conseil ou des membres nommés. Dans ce cas, il (elle) ne participe pas non plus aux débats du conseil. Il (elle) est en charge de la rédaction du procès-verbal du conseil. Il (elle) est tenu(e) à la confidentialité au même titre que tous membres du conseil.

Art. 2.3.2.5 : Elections

Les élections sont organisées dans un délai maximum d'un mois à compter de la date d'expiration du mandat du Conseil. Elles se déroulent au suffrage direct, uninominal, majoritaire à deux tours. Tout électeur est éligible. Sauf dispositions spécifiques du présent règlement ou découlant de dispositions réglementaires nouvelles, les modalités du scrutin et de son dépouillement sont celles du Code Electoral. L'organisation matérielle du scrutin est conduite, dans le respect des règles qui précèdent, à l'initiative et sous l'autorité du responsable de site. Ce dernier contrôle les opérations de vote sur le site dont il a la charge. Le Directeur de l'Unité établit les listes électorales, recueille les candidatures, et proclame les résultats. En cas de contentieux, ce dernier statue en appel.

3. Annexe 3

Article référence : Art. 0.9 : Accueil en Zone à Régime Restrictif (ZRR)

Extrait de l'article 413-5-1 du code pénal créé par le décret n°2011-1425 du 2 novembre 2011.
«II. — Par dérogation aux deux premiers alinéas de l'article R. 413-5, l'accès à une zone à régime restrictif pour y effectuer un stage, y préparer un doctorat, y participer à une activité de recherche, y suivre une formation, y effectuer une prestation de service ou y exercer une activité professionnelle est soumis à l'autorisation du chef du service, d'établissement ou d'entreprise, après avis favorable du ministre chargé d'en exercer la tutelle ou, à défaut de ministre de tutelle, du ministre qui a déterminé le besoin de protection en application de l'article R. 413-2.

- *La demande d'avis est adressée par le chef de service, d'établissement ou d'entreprise au ministre mentionné au précédent alinéa. Le silence gardé par le ministre au cours des deux mois suivant la réception de la demande vaut avis favorable.*
- *Le refus d'autorisation d'accès n'est pas motivé. »*

4. Annexe 4

Article référence : Art. 0.10 : Inscription en Master Recherche et en thèse

Extrait du décret n° 2009-885 du 21 juillet 2009, version consolidée du 22 Juin 2011:

- **Art. 1 :** *« Lorsque la durée du stage est supérieure à deux mois consécutifs, celui-ci fait l'objet d'une gratification dans les conditions définies à l'article 5. »*
- **Art. 5.IV. :** *« Le montant de la gratification due au stagiaire est fixé à 12,5 % du plafond horaire de la sécurité sociale défini en application de l'article L. 242-4-1 du code de la sécurité sociale, pour une durée de présence égale à la durée légale du travail. »*

5. Annexe 5

Article référence : Art. 0.12 : Propriété

Extrait de l'article R611-12 modifié par le décret n°96-857 du 2 octobre 1996 - art. 1 JORF 3 octobre 1996

« Les inventions faites par le fonctionnaire ou l'agent public dans l'exécution soit des tâches comportant une mission inventive correspondant à ses attributions, soit d'études ou de recherches qui lui sont explicitement confiées appartiennent à la personne publique pour le compte de laquelle il effectue lesdites tâches, études ou recherches. Toutefois, si la personne publique décide de ne pas procéder à la valorisation de l'invention, le fonctionnaire ou agent public qui en est l'auteur peut disposer des droits patrimoniaux attachés à celle-ci, dans les conditions prévues par une convention conclue avec la personne publique. »

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005
Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications

Annexe 6
Liste des réalisations



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



A. **Synthèse des résultats**

1. **Production scientifique**

Liste complète des publications classée par année :

[2009](#)

[2010](#)

[2011](#)

[2012](#)

[2013](#)

[2014](#)

2. **Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes**

a. **Liste des thèses**

Nom	Prénom	Directeur(s) de thèse	Date de soutenance	Sujet de thèse
LECLERCQ	Maximilien	BIDEAUX E	01/12/09	Conception et intégration, dans le cadre de la domotique, de systèmes intelligents permettant une gestion globale de l'énergie.
TRABELSI	Mohamed Abdallah	RETIF JM / LIN-SHI X	16/12/09	Commande hybride prédictive des systèmes physiques à topologie variable
JARDIN	Audrey	BIDEAUX E / MARQUIS FAVRE W	01/01/10	Analyse d'une méthodologie de dimensionnement pour la spécification des fonctionnalités d'un compilateur MODELICA
MOUEHLI	Ouael	REDARCE T	01/03/10	Méthodes d'intelligence artificielle pour la conception de produits complexes
ABDENNADHER	Mohamed Karim	VENET P / ROJAT	25/06/10	Etude et élaboration d'un système de maintenance prédictive pour les condensateurs et les batteries des alimentations sans interruption
FERREYRE	Frédéric	GOYET R / CLERC G	01/08/10	Conception de commande sécurisée de volets roulants sans capteur de vitesses
SAIED	Karima	THOMASSET D / SMAOUI M/ BRUN	01/09/10	Théorie et application des stratégies de commande pour système électropneumatique faible coût
ZAIRI	Sajeh	NIEL E	01/09/10	Détermination de stratégie de configurations pour l'optimisation de la consommation énergétique dans les réseaux de capteurs
TAKHEDMIT	Hakim	VOLLAIRE C	01/10/10	Modélisation de systèmes complexes dans le domaine du transport d'énergie par micro-ondes
GOELZER	Anne	SCORLETTI G / FROMION V	04/11/10	Méthode d'analyse des régulations complexes du métabolisme des bactéries
DRIDI	Mehdi	SCORLETTI G / SMAOUI M	01/12/10	Dérivation numérique temps réel : synthèse, application et intégration
FARAUT	Grégory	THOMASSET D / PIETRAC L	01/12/10	Modélisation et commande d'un axe électrohydraulique haute performance pour le test de composant industriel
HIJAZI	Alaa	VENET P / BIDEAUX E	01/12/10	Modélisations d'un dispositif de stockage d'énergie par supercondensateurs et de la chaîne de traction d'un trolley-bus
ROJAS D'ONOFRIO	Jorge	NIEL E	01/03/11	Optimisation des fonctions de contrôle commande pour une stratégie de séparation et de maintenance.
KREZCANIK	Paul	CLERC G/ VENET P	01/04/11	Etude de l'intégration et de la sûreté de fonctionnement d'un système de stockage par supercondensateur pour récupération de l'énergie de freinage

FALLAHSOHI	Hossein	LIN SHI X	26/04/11	Modélisation dynamique des échangeurs diphasiques appliquée aux groupes frigorifiques contrôlés par une commande avancée
HAMIEH	Youness	BERGOGNE D / MOREL H	01/05/11	Contribution à la conception d'onduleur à haute température
KOMBE	Timothée	NIEL E / Awono ONANA	01/06/11	Modélisation de la propagation des fautes dans les systèmes critiques
EL FEKI	Mariem	MARQUIS FAVRE W / KRAHENBUHL L	01/07/11	Optimisation des systèmes mécatroniques tenant compte de construction et des dégradations prévisibles
REN	MingMing	NIEL E / DUMITRESCU E	01/07/11	Mode commutation Modelling for embedded systems : application in automotive
SIDHOM	Lilia	THOMASSET D / BRUN X	01/09/11	Comportement Hautes Fréquences des composants hydrauliques de puissance
ZANGUI	Sanâa	VOLLAIRE C / CLAVEL E	14/10/11	Modélisation CEM en mode conduit et rayonné de systèmes complexes
KORNIENKO	Anton	SCORLETTI G	01/12/11	Réseau de PLLS distribuées par synthèse automatique d'horloge multi-processeur sur puce synchrones
LE	Minh-Quyen	REDARCE T / PHAM MT	08/12/11	Simulateur médical pour l'apprentissage des gestes en chirurgies : mini-invasie
SAVOYE	François	VENET P / ROJAT G	01/03/12	Optimisation des systèmes de stockage d'énergie sur les véhicules industriels par modification de leurs cycles de charge/décharge
GOMEZ MENDOZA	Juan Bernardo	REDARCE T	15/03/12	Pilotage de robot porte endoscope par mouvements du visage
MOUBARAK	Salam	REDARCE T / PHAM MT	01/07/12	Modelling and control of a lower extremity exoskeleton
AZDASHER	Ali	BIDEAUX E	01/09/12	Etude et paramétrisation des écoulements dans les orges de transmission de puissance
CHAPUIS	Cédric	BIDEAUX E / BRUN X	13/11/12	Véhicules à 4 roues motrices (4x4):optimisation du dimensionnement du contrôle et de la consommation des systèmes pilotés de transfert de couple
DEVIE	Arnaud	VENET P	13/11/12	Caractérisation des usages de batteries Lithium-ion pour véhicules électriques ou hybrides. Application à l'étude du vieillissement et de la fiabilité
MARIAN	Vlad Mihai	VOLLAIRE C	21/11/12	Transmission d'énergie par faisceau micro-ondes
BAYON	Benoît	SCORLETTI G / BLANCO E	06/12/12	Estimation robuste pour systèmes incertains
DOORGAH	Naraindranath	VOLLAIRE C	14/12/12	Modélisation circuit d'une chaîne d'entraînement de 2kW en tenant compte de l'aspect CEM
ARNAL	Etienne	BIDEAUX E	11/01/13	Développement des concepts innovants pour la régulation de l'ambiance lumineuse et de la température d'une pièce en exploitant les apports énergétiques
ZARUDNIEV	Mykhailo	SCORLETTI G	28/01/13	Synthèse de fréquence par couplage d'oscillateur spintroniques
LI	An	VENET P	04/02/13	Analyse expérimentale et modélisation numérique de cellules et de packs de batteries par des applications aux véhicules électriques et électriques hybrides
ZGORSKI	Aloïs	LIN SHI X / RETIF JM	21/02/13	Commande en position d'une machine synchrone à aimants permanents sans capteur mécanique
XU	Yaozhong	BIDEAUX E	11/06/13	Control of a high performance hydraulic test branch for aerospace and automotive component tests
HAJJAR	Salam	NIEL E	16/07/13	Conception sûre de systèmes embarqués à base de composants de commande sur étagère
SOUALHI	Abdenour	RAZIK H / CLERC G	24/09/13	Diagnostic par utilisation de nouvelles méthodes non supervisées
LU	Hao	BIDEAUX E / DI LORETO M	01/10/13	Approximation of linear infinite dimensional systems

MENSING	Felicitas	BIDEAUX E	03/10/13	Optimisation énergétique de l'utilisation des véhicules conventionnels, électriques et hybrides. Application à l'eco-conduite.
NAIFF DA FONSECA	Ramon	BIDEAUX E	10/10/13	Optimisation du dimensionnement et de l'énergie pour des véhicules hybrides à pile à combustible intégrant les contraintes de durabilité
ABRY	Frédéric	BRUN X	02/12/13	Système de Contrôle du vecteur de poussée d'un nanolanceur par vérin électropneumatique à l'hélium
MEGHNOUS	Ahmed Rédha	LIN SHI X / PHAM MT	02/12/13	Identification, observation et commande hybride des convertisseurs de puissance
GERMAN	Ronan	VENET P	10/12/13	Vieillessement calendaire des supercapacités
ADAMI	Salah-Eddine	VOLLAIRE C	12/12/13	Optimisation de la récupération d'énergie dans les applications de Rectenna (MPPT)
FERBER	Moisés	KRAHENBUHL L	18/12/13	Méthodologie de prise en compte a priori de la compatibilité électronique dans l'optimisation robuste de systèmes d'électronique de puissance
MAKDESSI	Maawad	VENET P	01/04/14	Prognostics and Health Monitoring. Film capacitors used in Power Electronics Applications

b. **Liste des publications**

Cliquez sur le lien pour accéder à la liste et au contenu des publications sur HAL : [MIS](#)

	MIS
RICL	144
CICL	267
INV	8
Autres	63
Brevets	11 (plus 2 en cours)
TH	54 (voir paragraphe précédent)

3. **Département Energie électrique**

a. **Liste des thèses**

Nom	Prénom	Directeur(s) de thèse	Date de soutenance	Sujet de thèse
IBRAHIM	Their	ALLARD B	01/01/09	Contribution à la conception des systèmes électroniques de puissance intégrés en 3D
DIAB	Yasser	ROJAT G	01/03/09	Etude et modélisation des supercondensateurs : applications aux systèmes de puissance
GUO	Shuibao	LIN-SHI X/ ALLARD B	01/04/09	High performance Digital Controller for High-Frequency Low-Power Integrated DC/DC SMPS
MOUSA	Rami	PLANSON D	26/06/09	Caractérisation, Modélisation et Intégration de composants de JFET de puissance en carbure de silicium dans des convertisseurs hautes températures
COULIBALY	Mamadou Lamine	BEROUAL A	01/07/09	Caractérisation des décharges glissantes se propageant aux interfaces solide/gaz-relation entre propriétés des matériaux et dimension fractale
EBRARD	Elodie	ALLARD B / TOURNIER D	01/12/09	Etude de points mémoires non volatiles haute densité pour technologie CMOS avancée
NONGAILLARD	Matthieu	ALLARD B	01/07/10	Design of 6T architecture and associate access circuit in 32 nm lithography
HAMMOUD	Asif	MOREL H	01/10/10	Etude des convertisseurs haute tension pour la protection et la coordination des réseaux de distribution

JAFFRE	Yoann Nicolas	BEROUAL A / AKA T	01/10/10	Réduction des HOX par plasma froid
MERABET	Boubekeur	COSTA F / ALLARD B / VOLLAIRE C	01/12/10	Contribution à l'étude de la transmission d'énergie par faisceau micro-onde à des dispositifs nomades
BATHILY	Malal	ALLARD B / VERDIER J	14/12/10	Conception de convertisseur DC/DC pour SoC RF
DHEILLY	Nicolas	PLANSON D	01/01/11	Optimisation de composants de puissance en carbure de silicium pour les applications d'électronique impulsionsnelle
HAMOUCHE	Lahcen	ALLARD B	01/01/11	Développement de solutions mémoires SRAM en technologie CMOS 32nm
DANG	Viet Hung	BEROUAL A	01/03/11	Etude des phénomènes prédisruptifs dans les isolations mixtes à base de matériaux écologiques pour les applications haute et moyenne tensions
N'CHO	Janvier Sylvestre	BEROUAL A / AKA T	01/03/11	Modélisation des transformateurs déphaseurs : simulation des surtensions transitoires
NGUYEN	Duy Minh	PLANSON D / RAYNAUD CH	01/06/11	Etude de diodes haute tension en SiC
WANG	Wenlu	BEROUAL A	12/07/11	Eco-Conception des systèmes de transport et de distribution haute tension de l'énergie électrique
SLAMA	Mohamed El-Amine	BEROUAL A	13/07/11	Contribution à l'étude expérimentale et la modélisation dynamique du contournement des isolateurs HT pollués
HUANG	Runhua	PLANSON D / BROSELARD P	01/09/11	Conception, fabrication et caractérisation électrique de composants haute tension en SiC
ROBUTEL	Rémi	MOREL H / MARTIN C	17/11/11	Conception et intégration de filtre CEM haute température
*CHAILLOUX	Thibaut	JOUBERT C / MARTIN C / RAULET MA	01/12/11	Caractérisation et modélisation de matériaux magnétiques pour les filtres CEM haute température
DELOGE	Matthieu	ALLARD B	15/12/11	Recherche de solutions de programmation type détection avancée par mémoire non-volatile type Antifusible
BERTHOU	Maxime	PLANSON D / GODIGNON P	01/01/12	Conception, réalisation et caractérisation d'un transistor VMOS en SiC
THION	Fabien	PLANSON D	01/01/12	Conception, réalisation et caractérisation de composants électroniques en diamant monocristallin
MASSON	Amandine	MOREL H / BUTTAY C	01/02/12	Packaging haute température
LI	Bo	ALLARD B / LIN SHI X	07/05/12	Conception et test de commande numérique pour la gestion d'énergie des alimentations intégrées en technologies avancées de CMOS
BRANCA	Xavier	ALLARD B / LIN SHI X	10/07/12	Conception d'une alimentation à découpage mono-inductance / sortie bipolaire pour la téléphonie mobile
DEGRENE	Nicolas	BURET F / ALLARD B	18/10/12	Gestion électrique des piles bactériennes, optimisation des convertisseurs et de leur départition
HADDAD	Elias	JOUBERT C / MARTIN C	01/11/12	Conception, réalisation et caractérisation d'inductances intégrées haute fréquence.
CHEVALIER	Florian	PLANSON D / BROSELAR P	30/11/12	Conception réalisation et caractérisation d'un transistor à effet de champs haute tension en SiC
MOUAWAD	Bassem	Morel H	01/03/13	Micropoteaux pour la prise de contact sur des composants d'électronique de puissance
ZHOU	An	JOUBERT C / ROJAT G	01/04/13	Modèles de composants passifs et couplage électromagnétique pour filtre HF de puissance -
LAARIEDH	Farah	PLANSON D / LAZAR M	13/05/13	Technologie pour l'intégration monolithique de composant latéraux en SiC
RITTER	Philipp	ALLARD B	15/05/13	Design and optimization of high speed low power circuits in CMOS and BICMOS technology

SADAoui	Fares	BEROUAL A	24/09/13	Recherche de gaz et mélanges de substitution à l'héxafluorure de soufre pour des applications haute et moyenne tension
HASCOET	Stanislas	PLANSON D	19/11/13	Etude des nouvelles technologies d'assemblage de modules de puissance
LABBE	Benoît	ALLARD B	04/12/13	Etude des convertisseurs intégrés pour la téléphonie mobile en mode glissant synchronisable
EL FALAHI	Khalil	ALLARD B	06/12/13	Circuits périphériques de drivers haute température en technologie SOI
MOGNIOTTE	Jean François	PLANSON D / TOURNIER D	20/12/13	Conception d'un circuit intégré à base de matériaux grand gap pour la commande d'interrupteur à très haute tension
FONTENEAU	Xavier	MOREL H	30/12/13	Etude d'un convertisseur d'énergie à base de transistor Fet en Sic opérant à une fréquence de commutation de 100 KHz
NDOUMBE	Jean François	BEROUAL A	11/03/14	Etude comportementale des gouttelettes d'eau déposées sur les lignes réseau électrique HT
BOURBEK	Menad	JOUBERT C	01/04/14	Techniques innovantes de mesure des courants témoins et puissances.
MORAND	Julien	JOUBERT C	01/06/14	Transformateur rapide d'énergie pour Packs de Super condensateur

b. **Liste des publications**

Cliquez sur le lien pour accéder à la liste et au contenu des publications sur HAL : [EE](#)

	Energie électrique
RICL	132
CICL	177
INV	1
Autres	39
Brevets	9
TH	35 (voir paragraphe précédent)

4. **Département Bio ingénierie**

a. **Liste des thèses**

Nom	Prénom	Directeur(s) de thèse	Date de soutenance	Sujet de thèse
HAFAID	Imen	SASSI Z / JAFFREZIC N	01/06/09	Etudes physico-chimiques de capteurs à base de nanomatériaux pour des applications biomédicales
DARDENNE	Julien	PROST R (CREATIS) / BURAI N	01/11/09	Développement d'une stratégie d'obtention de représentation maillée du corps humain
DAVID	Maude	VOGEL T	01/12/09	Etude de l'adaptation bactérienne aux molécules chlorées dans un environnement tellurique
FAUGIER	Aurélié	SIMONET P / VOGEL T	01/03/10	Etude des effets des champs électromagnétiques naturels sur les bactéries du sol et application en biotechnologies
LAFORET-AST	Julie	NICOLAS L / FRENEA M	01/03/10	Conception de microdispositifs pour la caractérisation de cellules vivantes par méthodes électromagnétiques
BUI	Anh Tuan	BURAI N / MOREL L	01/04/11	Matériaux magnétiques spécifiques et applications à des transducteurs électromagnétiques sous contraintes élevées (fréquence, température,...)

DELMONT	Tom	VOGEL T	01/12/11	Diversité structurale et fonctionnelle des microorganismes du sol par l'approche métagénomique
ALJOUDA	Mayssaa	SIMONET P	05/09/12	Détermination qualitative et quantitative de quelques potentialités de transformation naturelle chez acinetobacter baylyi ADP1
JACQUIOD	Samuel	SIMONET P	01/12/12	Métagénomique et approches alternatives pour l'étude fondamentale et l'exploitation de la microflore tellurique
YUAN	Jun	SIMONET P	20/12/12	Approches métagénomiques pour l'étude de la dégradation de la quinoléine dans les sols
PIVETAL	Jérémy	SIMONET P / HADDOUR N / FRENEA M	03/05/13	Technique de marquage d'ADN par des nanoparticules magnétiques
BLANCHARD	Laurine	SIMONET P	30/09/13	Effet de la foudre sur la structure et la fonction des communautés bactériennes
LE DIGABEL	Yoann	VOGEL T	04/10/13	Diversité microbienne et génétique de microcosmes dégradant les éthers carburants
MESSAL	Oualid	BURAI N / SIXDENIER F / MOREL F	09/12/13	Matériaux magnétiques sous haute température et caractérisation in situ
MATHIEU	Alban	SIMONET P	25/04/14	Etude fonctionnelle du microbiote de la peau humaine
NESME	Joseph	SIMONET P	16/05/14	Etude de la prévalence de la diversité et des potentialités de dissémination des gènes de résistance à des antibiotiques dans les sols sous 2 conditions

b. Liste des publications

Cliquez sur le lien pour accéder à la liste et au contenu des publications sur HAL : [BIO](#)

Les pratiques en Biologie sont différentes de celles du reste du Laboratoire et la liste des travaux (hors RICL) n'est pas exhaustive.

	Bio-Ingénierie
RICL	86
CICL	42
INV	10
Autres	70
Brevets	1
TH	13 (voir paragraphe précédent)

5. Interdépartements

a. Liste des thèses

Nom	Prénom	Directeur(s) de thèse	Date de soutenance	Sujet de thèse	Département
MARION	Romain	KRAHENBUHL L / RAULET MA	01/12/10	Intégration d'effet de diffusion dans des codes de calcul de champs 2D	MIS/EE
LI	Nan	ALLARD B / LIN SHI X	29/05/12	Stratégie de commande digitale directe d'un convertisseur DC/DC SEP2C	EE/MIS

b. Liste des revues

(1) 2009

	EE	MIS	Bio
Analysis of Finite Element formulations for computing electromagnetic fields in the human body laurent,bernard; laurent,nicolas; laurent,krahenbuhl; noel,burais; joao,vasconcelos <i>journal of microwaves, optoelectronics and electromagnetic applications</i> , 2009, 8 (1), pp. 56S-63S		X	X
Comparison of Methods for Modeling Uncertainties in a 2D Hyperthermia Problem damien,voyer; francois,musy; laurent,nicolas; ronan,perrussel <i>PIER - Progress In Electromagnetics Research</i> , 2009, 11, 189-204 (in PIERB)		X	X

Dielectric spectroscopy techniques as quality control tool: a feasibility study abdelghafour,bouaicha; issouf,fofana; masoud,farzane; alireza,setayeshmehr; hossein,borsi; ernst,gockenbach; abderahmane,beroual; thomas,aka-ngnui <i>IEEE Electrical Insulation Magazine</i> , 2009, 25 (1), pp. 6-14	X		X
A Comparative Study of Predictive Current Control Schemes for a Permanent Magnet Synchronous Machine Drive florent,moré; xuefang,lin-shi; jean-marie,retif; bruno,allard; cyril,buttay <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i> , 2009, 56 (7), pp. 2715 - 2728	X	X	
Fault Detection and Diagnosis in a Set “Inverter–Induction Machine” Through Multidimensional Membership Function and Pattern Recognition olivier,ondel; guy,clerc; emmanuel,boutleux; eric,blanco <i>IEEE Transactions on Energy Conversion</i> , 2009, 24 (2), pp. 431 - 441	X	X	
Homogénéisation d'un modèle complet de diffusion magnétique : un modèle simple de représentation dynamique de circuit romain,marion; marie-ange,raulet; fabien,sixdenier; laurent,krahenbuhl <i>European Journal of Electrical Engineering</i> , 2009, 12 (4), pp. 475-486	X	X	
Totale : 6	4	5	3

(2) 2010

	EE	MIS	Bio
Perturbation method for the calculation of losses inside conductors in microwave structures damien,voyer; ronan,perrussel; patrick,dular <i>PIER - Progress In Electromagnetics Research</i> , 2010, 103, pp. 339-354		X	X
Comparative phylogenetic microarray analysis of microbial communities in TCE-contaminated soils audra,nemir; maude,david; ronan,perrussel; amy,sapkota; pascal,simonet; jean-michel,monier; timothy,vogel <i>Chemosphere</i> , 2010, 80 (5), pp. 600-607		X	X
Numerical dosimetry of currents induced in the human body by ELF magnetic fields riccardo,scorretti; ronan,perrussel; laurent,moré; noel,burais; laurent,nicolas <i>The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering</i> , 2010, 29 (6), pp. 1425-1434	X	X	X
Efficient 2.45 GHz rectenna design including harmonic rejecting rectifier device hakim,takhedmit; l.,cirio; boubekeur,merabet; bruno,allard; francois,coasta; christian,vollaire; o.,picon <i>Electronics Letters</i> , 2010, 46 (12), pp. 811-812	X	X	
Digital Sliding-Mode Controller For High-Frequency DC/DC SMPS shuibao,guo; xuefang,lin-shi; bruno,allard; yanxia,gao; ruan,yi <i>IEEE Transactions on Power Electronics</i> , 2010, 25 (5), pp. 1120 - 1123	X	X	
Study on high-frequency digitally controlled boost converter yanxia,gao; yanping,xu; shuibao,guo; xuefang,lin-shi; bruno,allard <i>Communications in Computer and Information Science</i> , 2010, 97 (1), pp. 251-258	X	X	
Totale : 6	4	6	3

(3) 2011

	EE	MIS	Bio
Progress in Microbial Fuel Cells Energy Production nicolas,degrenne; francois,buret; bruno,allard; jean-michel,monier <i>Advanced Materials Research</i> , 2011, 324, pp. 457-460	X		X
Numerical treatment of rounded and sharp corners in the modeling of 2D electrostatic fields laurent,krahenbuhl; francois,buret; ronan,perrussel; damien,voyer; patrick,dular; victor,peron; clair,poignard <i>journal of microwaves, optoelectronics and electromagnetic applications</i> , 2011, 10 (1), pp. 66-81		X	X
A Load Effect Evaluation of a Transmission Line Exciting Chamber mario,alves dos santos junior; damien,voyer; ronan,perrussel; djonny,weinzierl; carlos,sartori; laurent,krahenbuhl; christian,vollaire; jose,cardoso <i>journal of microwaves, optoelectronics and electromagnetic applications</i> , 2011, 10 (1), pp. 42-54		X	X
Domain Decomposition for Computing Extremely Low Frequency Induced Current in the Human Body ronan,perrussel; damien,voyer; laurent,nicolas; riccardo,scorretti; noel,burais <i>IEEE Transactions on Magnetics</i> , 2011, 47 (5), pp. 886 - 889		X	X

Electromagnetic characterization of biological cells francois,buret; naoufel,haddour; julie,laforet-ast; laurent,nicolas; ronan,perrussel; damien,voyer; noel,burais; marie,frenea-robin; riccardo,scorretti; nicolas,siauve <i>Brazilian journal of biomedical engineering</i> , 2011, 27 (supplemento 1), pp. 61-68		X	X
The gassing tendency of various insulating fluids under electrical discharge janvier,n'cho; issouf,fofana; abderrahmane,beroual; thomas,aka-ngnui; john,sabau <i>IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation</i> , 2011, 18 (5), pp. 1616 - 1625	X		X
Effect of Exposure to Electrical Discharge on Transformer Oil Properties janvier,n'cho; issouf,fofana; thomas,aka-ngnui; abderrahmane,beroual <i>High Voltage Engineering</i> , 2011, 37 (11), pp. 11507-11513	X		X
Potentials of an Adaptive Rectenna Circuit vlad,marian; christian,vollaire; jacques,verdie; bruno,allard <i>IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters</i> , 2011, 10, pp. 1393 - 1396	X	X	
Wireless Energy Transfer Using Zero Bias Schottky Diodes Rectenna Structures vlad,marian; salah-eddine,adami; christian,vollaire; bruno,allard; jacques,verdie <i>Advanced Materials Research</i> , 2011, 324, pp. 449-452	X	X	
A 2.45-GHz dual-diode rectenna and rectenna arrays for wireless remote supply applications hakim,takhdmit; laurent,cirio; boubekeur,merabet; bruno,allard; francois,costa; christian,vollaire; odile,picon <i>International journal of microwave and wireless technologies</i> , 2011, 3 (3), pp. 251-258	X	X	
Design of a wideband multi-standard antenna switch for wireless communication devices vlad,marian; jacques,verdie; bruno,allard; christian,vollaire <i>Microelectronics Journal</i> , 2011, 42 (5), pp. 790-797	X	X	
Totale : 11	7	8	7

(4) 2012

	EE	MIS	Bio
Temperature Dependent Extension of the Jiles-Atherton Model: Study of the Variation of Microstructural Hysteresis Parameters oualid,messal; fabien,sixdenier; laurent,morel; noel,burais <i>IEEE Transactions on Magnetics</i> , 2012, 48 (10), pp. 2567 - 2572	X		X
Characterization and Modeling of a Current Transformer Working Under Thermal Stress anh,bui; fabien,sixdenier; laurent,morel; noel,burais <i>IEEE Transactions on Magnetics</i> , 2012, 48 (10), pp. 2600 - 2604	X		X
Voltage Reversal in Unbalanced Rectenna Association nicolas,degrenne; vlad,marian; christian,vollaire; francois,buret; jacques,verdie; bruno,allard <i>IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters</i> , 2012, 11, pp. 941 - 944	X	X	X
A 140 mV Self-Starting 10 mW DC/DC Converter for Powering Low-Power Electronic Devices from Low-Voltage Microbial Fuel Cells nicolas,degrenne; bruno,allard; francois,buret; salah-eddine,adami; denis,labrousse; christian,vollaire; florent,morel <i>Journal of Low Power Electronics</i> , 2012, 8 (4), pp. 485-497	X	X	X
Electrical energy generation from a large number of microbial fuel cells operating at maximum power point electrical load nicolas,degrenne; francois,buret; bruno,allard; pascal,bevilacqua <i>Journal of Power Sources</i> , 2012, 205, pp. 188-193	X		X
Numerical Identification of Effective Multipole Moments of Polarizable Particles abdellah,ogbi; laurent,nicolas; ronan,perrussel; sheppard j.,salon; damien,voyer <i>IEEE Transactions on Magnetics</i> , 2012, 48 (2), pp 675-678		X	X
A Stochastic Collocation Method Combined With a Reduced Basis Method to Compute Uncertainties in Numerical Dosimetry amine,drissaoui; stephane,lanteri; philippe,leveque; francois,musy; laurent,nicolas; ronan,perrussel; damien,voyer <i>IEEE Transactions on Magnetics</i> , 2012, 48 (2), pp 563-566		X	X
Eddy currents and corner singularities francois,buret; monique,daugue; patrick,dular; laurent,krahenbuhl; victor,peron; ronan,perrussel; clair,poignard; damien,voyer <i>IEEE Transactions on Magnetics</i> , IEEE, 2012, 48 (2), pp. 679-682		X	X

Aged oils reclamation: Facts and arguments based on laboratory studies janvier,n'cho; issouf,fofana; abderrahmane,beroual; thomas,aka-ngnui; john,sabau <i>IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation</i> , 2012, 19 (5), pp. 1583 - 1592	X		X
Low Power Digital Alternative to Analog Control of Step-Down Converter bo,li; xuefang,lin-shi; bruno,allard <i>Journal of Low Power Electronics</i> , 2012, 8 (5), pp. 654-666	X	X	
Coupling Pattern Recognition With State Estimation Using Kalman Filter for Fault Diagnosis olivier,ondel; emmanuel,boutleux; eric,blanco; guy,clerc <i>IEEE Transactions on Industrial Electronics</i> , 2012, 59 (11), pp. 4293 - 4300	X	X	
Voltage Reversal in Unbalanced Rectenna Association nicolas,degrenne; vlad,marian; christian,vollaire; francois,buret; jacques,verdier; bruno,allard <i>IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters</i> , 2012, 11, pp. 941 - 944	X	X	
A Digital Dual-state-variable Predictive Controller for High Switching Frequency Buck Converter with Improved Sigma-Delta DPWM bo,li; xuefang,lin-shi; bruno,allard; jean-marie,retif <i>IEEE Transactions on Industrial Informatics</i> , 2012, 8 (3), pp. 472-481	X	X	
Computation of Induced Fields Into the Human Body by Dual Finite Element Formulations riccardo,scorretti; ruth,sabariego; laurent,morel; christophe,geuzaine; noel,burais; laurent,nicolas <i>IEEE Transaction on magnetics</i> , 2012, 48 (2), pp. 783-786	X		X
Strategy for Microwave Energy Harvesting From Ambient Field or a Feeding Source vlad,marian; bruno,allard; christian,vollaire; jacques,verdier <i>IEEE Transactions on Power Electronics</i> , 2012, 27 (11), pp. 4481- 4491	X	X	
Totale : 15	12	10	10

(5) 2013

	EE	MIS	Bio
Improved AC current measurement approach in multiphase cable using proper orthogonal decomposition menad,bourkeb; olivier,ondel; riccardo,scorretti; charles,joubert; laurent,morel; hamed,yahoui <i>European Physical Journal: Applied Physics</i> , 2013, 64 (2), 9065667 (5 p.)	X	X	X
Assessment of 0.5 T static field exposure effect on yeast and HEK cells using electrorotation amal,el gaddar; marie,frenea-robin; damien,voyer; hyacinthe,aka; naoufel,haddour; laurent,krahenbuhl <i>Biophysical Journal</i> , 2013, 104 (8), pp. 1805		X	X
Bi-directional electrical characterisation of microbial fuel cell nicolas,degrenne; pablo,ledezma; pascal,bevilacqua; francois,buret; bruno,allard; john,greenman; ioannis,ieropoulos <i>Bioresource Technology</i> , 2013, 128, pp. 769-773	X		X
An Integrated Sliding-Mode Buck Converter With Switching Frequency Control for Battery-Powered Applications benoit,labbe; bruno,allard; xuefang,lin-shi; david,chesneau <i>IEEE Transactions on Power Electronics</i> , 2013, 28 (9), pp. 4318 - 4326	X	X	
Single-Inductor Bipolar-Outputs Converter for the Supply of Audio Amplifiers in Mobile Platforms xavier,branca; bruno,allard; xuefang,lin-shi; david,chesneau <i>IEEE Transactions on Power Electronics</i> , 2013, 28 (9), pp. 4248 - 4259	X	X	
Design and Characterization of an Efficient Dual Patch Rectenna for Microwave Energy Recycling in the ISM Band hakim,takhedmit; laurent,cirio; odile,picon; christian,vollaire; bruno,allard; francois,costa <i>Progress In Electromagnetics Research C</i> , 2013, 43 (-), pp. 93-108	X	X	
N-Conductor Passive Circuit Modeling for Power Converter Current Prediction and EMI Aspect roberto,mrad; florent,morel; gael,pillonnet; christian,vollaire; philippe,lombard; angelo,nagari <i>IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility</i> , 2013, 55 (6), pp. 1169 - 1177	X	X	
Ultra-Low Power, Low Voltage, Self-Powered Resonant DC-DC Converter for Energy Harvesting salah-eddine,adami; nicolas,degrenne; walid,haboubi; hakim,takhedmit; denis,labrousse; francois,costa; bruno,allard; j.-d.,lan sun luk; laurent,cirio; odile,picon; christian,vollaire <i>Journal of Low Power Electronics</i> , 2013, 9 (1), pp. 103-117	X	X	
Totale : 8	7	7	3

B. Les indices de rayonnement

1. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes

a. *Liste des collaborations internationales*

Nom du Partenaire	Nom du contact du partenaire	Nom du contact AMPERE	Dispositif de la collaboration (bourses, FP7, co-tutelle...)	Titre de la collaboration	Thèmes (mots clés)
Wright State University, Dayton, USA	Caroline Cao	Minh Tu Pham	Collaboration informelle	Collaboration informelle	Robotique
UTFPR, Brésil	F. Wurtz (G2ELab)	Laurent Krähenbühl	Région	Programme régional CMIRA 2012	Eoliennes verticales de petite puissance
Université Trois Rivières, Canada	Loïc Boulon	Pascal Venet / Ali Sari	Collaboration informelle	Collaboration avec l'Université Trois Rivières	Co-encadrement de doctorant
Université Technologique de Delft, Pays Bas	Xavier Bombois	Gérard Scorletti	Visite scientifique	Collaboration informelle	Travaux sur le filtrage, l'indentification pour la commande et la commande robuste
Université de Sfax (Tunisie)	Mariam el Feki	Wilfrid Marquis- Favre	Collaboration informelle		Analyse structurale des systèmes physiques – Bond graph – Propagation de probabilités et modèle inverse
Université de Sao Paulo	Luiz Lebesztajn	Laurent Krähenbühl	LIA Maxwell // Collaboration informelle	Thèse de Daniela Wolter	Transmission d'énergie sans contact
Université de Liège, Institut Montéfiore, Belgique	C. Geuzaine	Laurent Krähenbühl	Collaborations informelles	Groupe Lyon- Liège	Analyse numérique
Université Javeriana à Bogota - Colombie	Diego Alejandro Patino	Minh Tu Pham et Xuefang Lin Shi	Région	Programme régional CMIRA 2012	Commande et observation des systèmes dynamiques hybrides
Universidad Natiocal de Colombia - Sede Bogota (Colombie)	Flavio PRIETO	Richard Moreau, Minh Tu Pham, Tanneguy	Publications communes et Visite scientifique	Thèse en cotutelle (2011/2015)	Robotique

		Redarce			
Univ. Les Andes, Mérida, VZ	José Aguilar	Eric Niel	Co-tutelle	PCP franco venezuela	Réseaux de canalisation de pétrole
TUDELFT – Delft, Pays-Bas	Michel Verhagen	Paolo Massioni	Thèse	Collaboration informelle	Encadrement thèse (systèmes à grande échelle)
Thirty Meter Telescope – Pasadena, CA, USA	Luc Gilles	Paolo Massioni	Visite scientifique	Collaboration informelle	Implémentations des méthodes de commandes avancées
Signal processing and recognition Group de l'Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales (Colombie)	Juan Bernado GOMEZ	Richard Moreau, Minh Tu Pham, Tanneguy Redarce	Publications communes et Visite scientifique	Collaboration informelle	Robotique
Siemens Industrial Turbomachinery AB, Siemens AG, Sector Energy, Bosch Rexroth AG, SKF Sverige AB, Nokia Corporation, Pöyry Forest Industry, LMS Imagine S.A, eDF, Equa Simulation AB, MathCore Engineering AB, TLK Thermo GmbH, IFP Energies Nouvelles, VTT, Fraunhofer FIRST, INRIA Rocquencourt, CEA, Linköping University, Fachhochschule Bielefeld, ETH Zürich, Technical University Braunschweig, Metso Automation, Appedge, PSA PEUGEOT CITROËN, Ericsson AB	Daniel Bouskela, Audrey Jardin, Sébastien Furic, Eric Thomas	Wilfrid Marquis-Favre	Projet européen : ITEA2 – MODRIO	MODRIO	Analyse structurelle des systèmes physiques – Bond graph – Initialisation de modèles dynamiques
Polytec Tunis et LAGEP	M. Chocri et H. Hammouri	Hamed Yahoui	Collaboration CMCU	Collaboration avec Polytec Tunis	Axe diagnostic
Politecnico di Milano – Milano, Italie	Mauro Massari	Paolo Massioni	Master	Collaboration informelle	Lois de commande pour robots à pattes
LEIAM (UFCEG, Brésil)	Edison Roberto Cabral Da Silva	Hubert Razik	Collaboration informelle	Collaboration avec LEIAM	Axe diagnostic

LEC (Algérie)	Mohamed El Kamel Oumaamar	Hubert Razik	Collaboration informelle	Collaboration avec le LEC	Axe diagnostic
Laboratoire Telerobotic and Biorobotic Group de l'University of Alberta (Canada)	Mahdi Tavakoli	Richard Moreau, Minh Tu Pham, Tanneguy Redarce	Publications communes et Visite scientifique	Professeurs Invités INSA	Robotique
Laboratoire MRC de l'University of Alberta (Canada)	Irene Cheng, Anup Basu	Richard Moreau, Minh Tu Pham, Tanneguy Redarce	Publications communes et Visite scientifique	Professeurs Invités INSA	Robotique
Laboratoire AMMI de l'University of Alberta (Canada)	Pierre Boulanger	Richard Moreau, Minh Tu Pham, Tanneguy Redarce	Publications communes et Visite scientifique	Collaboration informelle	Robotique
INSAT Tunisie	Amine Lahayni	Pascal Venet / Ali Sari	Collaboration informelle	Collaboration avec INSAT	Co-encadrement de plusieurs stagiaires et invitation d'un chercheur invité
FST Tunis	Belhassen Zouari	Eric Niel	Co-tutelle	PHC franco-tunisie	
European Space Agency – Noordwijk, Pays-Bas	Finn Ankersen	Paolo Massioni	Visite scientifique	Collaboration informelle	Étude sur le vol en formation pour la mission PROBA3
CNRS/ECL/INSA.UCBL/UJF/G INP - UFSC/UFMG/EP-USP (Brésil)	Chadebec Bastos Cardoso Vasconcelos	Laurent Krähenbühl	LIA	LIA817 Maxwell	Optimisation, modélisation,...
Center of Machine Perception de Czech Technical University de Prague (République Tchèque)	Tomas Padja	Richard Moreau, Minh Tu Pham, Tanneguy Redarce	Publications communes et Visite scientifique	Projet Européen Curie : WARTHE	Robotique
Beijing Union University-Chine	Xuefang LIN-SHI	Xuefang LIN-SHI	Collaboration informelle	programme PHC XU GUANGQI	Control and micro electronics

b. **Tableau synthétique**

	MIS
Membres de structures nationales d'évaluation	4
Membres de structures d'animation de la recherche	11
Membres de comité scientifiques de conférences internationales	8
Editeurs associés dans des revues ou membre de comité éditoriaux	2
Expertises de programmes Européens et internationaux	5
Directeur de collection	0
Expertises de grands programmes internationaux	1
Autres expertises	7
Participation jury de thèse et HDR	179
Dont xxx à l'étranger	11
Organisation de conférences nationales ou journées thématiques	8
Organisation de session de conférences internationales	2
Chercheurs étrangers invités	7
Collaboration nationales	19
Collaboration internationales	16

2. **Département Energie électrique**

a. **Liste des collaborations internationales**

Nom du Partenaire	Nom du contact du partenaire	Nom du contact AMPERE	Dispositif de la collaboration (bourses, FP7, co-tutelle...)	Titre de la collaboration	Thèmes (mots clés)
USTO - Algérie	Amine Slama	Abderrahmane Beroual	Collaboration informelle (M. El-A. Slama)	Université des Sciences et de la Technologie d'Oran (Algérie)	
UQAC - Canada	Issouf Fofana	Abderrahmane Beroual	Visite scientifique (Prof. I. Fofana), projet de recherche	Université du Québec à Chicoutimi - Canada	
University of Technology of Wroclaw - Pologne	Richard Kacprzyk	Abderrahmane Beroual	Collaboration informelle	University of Technology of Wroclaw (Pologne)	
Université nottingham, UK et Ampère	Cyril BUTTAY	Cyril BUTTAY	Collaboration informelle		Collaboration sur le packaging haute température : accueil d'un chercheur (1 mois) sur Lyon, en novembre 2010, et depuis échange d'échantillons

Université du Liban, faculté de science 2	Youssef Zaatar	Maher Soueidan	Enseignement / Recrutement de stagiaires	Master libanais Microsystèmes et Systèmes Embarqués	Électronique de puissance et CEM
Université de Sfax, Tunisie	Anis Amous	Hervé Morel	Collaboration informelle	Encadrement de thèse	Électronique de puissance et CEM
Université de Saarbrück	Mickael Müller	Bruno ALLARD	co-tutelle	Thèse Philipp Ritter (2012), autre thèse en cours de montage	Design of low-power, high-frequency ADC
Université de Douala - Cameroun	Adolphe Imano Moukengué	Abderrahmane Beroual	Thèse en co-tutelle (J. Noubé)	Collaboration avec l'université de Douala (cameroun)	
Universitas Indonesia - Indonésie	Rudy Setiabudy	Abderrahmane Beroual	Thèse en co-tutelle (H. Sitorus)	Collaboration avec Universitas Indonesia (Indonésie)	
Tyndall (Cork-Irlande), Université Polytechnique de Madrid (Madrid-Espagne), Infineon (Regensburg, Allemagne), Infineon (Villach-Autriche), IPDIA (Caen-France), Bosch (GERLINGEN-SCHILLERHOEHE-Allemagne), Ampere-UCBL (Lyon-France)	Tyndall	Christian Martin	Projet Européen	Projet PowerSwipe	Développement de System On Chip
Tunis, ESTI	Tarek Ben Salah	Hervé Morel	Bourse d'échange	Tunis-Ampère	Modélisation analytique de la diode PIN
Saint-Petersbourg - Russie	Dominique Planson	Christophe Raynaud	Collaboration informelle	Collaboration avec IOFFE Institute	Diodes en carbure de silicium
Monastir (Sami Ghédira)	Mihai Lazar	Mihai Lazar	CNRS-DGRST	Monastir-Ampère	Contacts métalliques et OCVD

Monastir	Hatem Garrab	Hervé Morel	Informel	Monastir-Ampère	Modélisation analytique du thyristor et du BJT
LPA, Université de Beyrouth	Youssef Zaatar	Bruno ALLARD	Co-tutelle	Aucune mais tentative de monter une collaboration avec le laboratoire LPA	Modélisation VHDL-AMS d'équations différentielles
Linköping University : Department of Physics	Dominique Planson	Dominique Planson	Contrat Epitaxie épaisse	Linköping-Ampère	Croissance matériaux SiC
Laboratoire des Matériaux et Molécules en Milieu Amazonien (L3MA) / UMR ECOFOG	Florent Robert	Ondel Olivier	Projet PEPS CNRS Projet MOM (financé par Ministère outre-mer)	Gepam	Energie renouvelable - piles microbiennes benthiques
labo OakRidge, université du Tennessee	Benjamin Blalock	Bruno ALLARD	Contribution IPES	Partage de savoir-faire autour de la conception et du test de circuits intégrés haute température	Développement de driver SOI de JFET SiC
Institut des Sciences Appliquées de Tunis - Tunisie	Nabila Dhahbi	Abderrahmane Beroual	Collaboration informelle (N. Dhahbi-Megrice)	INSAT - Tunisie	
Fairchild, Ascatron		Dominique Tournier	Pilote système électronique	KTH (Suède - Stockholm)	Driver transistor bipolaire SiC
ENIS – SFAX	Kaisar Ammous, Anis Ammous	Hervé Morel	CNRS-DGRST	Sfax-Ampère	Conversion d'énergie pour le photovoltaïque (optimisation, CEM, multi-niveau)
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger	Ahmed Boubakeur	Abderrahmane Beroual	Collaboration informelle	Ecole Nationale Polytechnique d'Alger	
CPES @ VirginiaTeck	Dushan Boroyevich	Hervé Morel	En lien avec SAFRAN	IPES-CPES	Intégration de puissance à haute température
APEI (USA)			IPES-CPES	IPES-APEI	Convertisseur à haute fréquence

Ampère, CNM, LASS		Dominique Tournier		LIA WIDE	Composants de Puissance, Intégration Système et technologie Grand Gap
Aachen - Saint-Louis	Dominique Planson	Dominique Planson	Contrat européen	UFA-DFH (Université Franco-Allemande)	Thyristor SiC à commande optique
KTH		Mihai Lazar	Contrat européen	KTH (Suède - Stockholm)	Kic_Inno : I_Smart

b. **Tableau synthétique**

	ENERGIE
Membres de structures nationales d'évaluation	2
Membres de structures d'animation de la recherche	4
Membres de comité scientifiques de conférences internationales	4
Editeurs associés dans des revues ou membre de comité éditoriaux	3
Expertises de programmes Européens et internationaux	4
Directeur de collection	1
Expertises de grands programmes internationaux	0
Autres expertises	3
Participation jury de thèse et HDR	89
Dont à l'étranger	4
Organisation de conférences nationales ou journées thématiques	1
Organisation de session de conférences internationales	3
Chercheurs étrangers invités	4
Collaboration nationales	9
Collaboration internationales	9

3. Département Bio ingénierie

a. *Liste des collaborations internationales*

Nom du Partenaire	Nom du contact du partenaire	Nom du contact AMPERE	Dispositif de la collaboration (bourses, FP7, co-tutelle...)	Titre de la collaboration	Thèmes (mots clés)
University of Gronigen, University of Copenhagen, Sodertorn Hogskola Stockholm, University of Warwick, Wageningen University, University of Bielefeld, Julius Kuhn Institut, Katholieke Universiteit Leuven, VTT Technical Research Centre of Finland, Catholic University Louvain, University of Insubria, University of Ljubljana, University of La Plata, BioDetection Systems, Withby Seafoods Ltd, Institut National de la Recherche Agronomique	J Dirck Van Elsas & S. Bestiale	Pascal Simonet/Timothy M. Vogel	Projet européen: KBBE-2007-3-3-05 - ACTIVITY MINING IN METAGENOMES. Metaexplore	Metaexplore	Metagenomics for bioexploration – tools and application
Università Roma 2 "Tor vergata"	Settimio Grimaldi	Riccardo Scorretti	Collaboration informelle		Recherche scientifique exposition champs /cellules
Universidade de Sao Paulo (Brésil)	F.R. Daró	Riccardo Scorretti	Collaboration informelle		Recherche scientifique TMS
Unité mixte internationale - Laboratoire Nanotechnologies & Nanosystèmes (UMI-LN2), Sherbrooke (Quebec)	CLOAREC Jean Pierre (UMI-LN2)	Marie Frénéa-Robin	Sejour doctorant - demande de thèse en cotutelle		Manipulation de particules par diélectrophorèse - acoustophorèse (pour applications type capteurs de gaz à nanofils)

Oregon State University, NERC-Centre for Ecology & Hydrology, Lawrence Berkeley National Laboratory, Argonne National Laboratory, Michigan State University, University of Florida	Davien Myrold	Pascal Simonet/Timothy M. Vogel	US National Science Foundation (NSF)	Terragenome	Séquençage métagénomiques de sols
Norwegian University of Life Sciences (NMBU), University of East Anglia (UEA), VU University Amsterdam (VUA), Delft University of Technology (TUD), University Court of the University of Aberdeen (UNIABDN), Swedish University of Agricultural Science (SLU), French International Institute for Agricultural Research (INRA), University of Gothenburg, YARA, Bioclear	Asa Frostegard	Pascal Simonet	Projet Européen Call : FP7-PEOPLE-2012-ITN. NORA	Nora	Nitrous Oxide Research Alliance Training Network
Laboratoire des interactions plantes-microorganismes, Université d'Oran (Algérie)	Kader Bekki, Zohra Ighihhariz, Zoubida Benbayer	Elisabeth Navarro	Collaborations informelles	Organisatin de cours, TP; TD, Participation à l'encadrement de 2 thèses	Communautés Bactériennes /Mines-Carières
Laboratoire de Microbiologie et Biologie , Université Rabat.Maroc	Karim Filali-Maltouf	Elisabeth Navarro	Collaborations informelles	Réseau SICMED	Communautés Bactériennes /Mines
Laboratoire de Biochimie et de Toxicologie de l'Environnement , Institut Supérieur Agronomique, Sousse, Tunisie	Boussetta Hamadi , BANNI Mohamed	Elisabeth Navarro	collaborations informelles	Réseau SICMED Participation à l'encadrement de 1 thèse	Communautés Bactériennes /Mines
Kobenhavns Universitet (KU), Rijksuniversiteit Groningen (RUG), Helmholtz Zentrum Muenchen	Soren Sorensen	Timothy M. Vogel	Projet Européen Call: FP7-PEOPLE-2011-ITN, TRAINBIODIVERSE	Trainbiodiverse	Training for functional soil microorganism biodiversity

Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GMBH (HMGU), Mikrobiologický Ústav - AVCR, V.V.I. (IMIC), Università degli studi di Firenze (UNIFI), Universidade de Coimbra (UC- FCTUC), London School of Economic and Political Science (LSE), Aarhus Universitet (AU), Water & Soil remediation SRL (WSR)					
IFP Energies nouvelles	Françoise Fayolle	Timothy M. Vogel	Projet ANR France-Hongrie		
Hebrew University of Jerusalem (HUJI), Libragen (LIB), CLCbio (CLC), James Hutton Institute (JHI), Israel Police (IP), Guardia Civil Espanola (GCE)	Edouard Jurkevitch	Pascal Simonet	Projet européen: Topic SEC- 2012.7.2-1, Advancing contemporary forensic methods and equipment	Misafe	The development and validation of Microbial Soil Community Analyses for forensics purposes

b. **Tableau synthétique**

	BIO
Membres de structures nationales d'évaluation	3
Membres de structures d'animation de la recherche	2
Membres de comité scientifiques de conférences internationales	0
Editeurs associés dans des revues ou membre de comité éditoriaux	1
Expertises de programmes Européens et internationaux	3
Directeur de collection	0
Expertises de grands programmes internationaux	2
Autres expertises	3
Participation jury de thèse et HDR	42
Dont à l'étranger	4
Organisation de conférences nationales ou journées thématiques	4
Organisation de session de conférences internationales	1
Chercheurs étrangers invités	3
Collaboration nationales	4
Collaboration internationales	4

C. **Les produits destinés à des acteurs du monde social, économique et culturel**

1. **Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes**

Année	Organisateur	Titre
2011	Clerc G./ SEE	L'ion Rallye : Colloque sur le véhicule électrique
2012	Clerc G./ SEE	L'ion Rallye : Colloque sur le transport industriel électrique
2013	SEE , Musée Ampère et Musée Malartre (et pour Ampère CLERC G.)	Rallye véhicule électrique pour montrer l'efficacité de la traction tout électrique sur un parcours urbain et péri-urbain
2012, 2013, 2014	C. Voltaire	Relations médiatiques autour de la transmission d'énergie sans contact et le RWU (voir par exemple le « Press Book » 2013 sur ce projet). Interview BFM au salon Pollutec 2012, à Radio France (Le Mouv') en 2013. Tournage en cours pour diffusion FT en 09/2014. Lauréat du concours Smart Energie EDF.
2005-2011	L. Krähenbühl	Administrateur de l'Association des Amis d'Ampère (gestion de la Maison et du Musée, et manifestations associées).

2. **Département Energie électrique**

Année	Organisateur	Titre
2011	Safran – AMPERE/INSA	4e symposium SPEC (Safran Power Electronics Center)
2006-2008 et 2014	Laboratoires ADESS et EDYTEM	Développement et installations de stations de mesure physico-chimiques multi-capteurs (débit, chimie, turbidité, dépôt sédimentaire.) dans différentes cavités (grottes) en Gironde, en Charentes, Vercors, et également au Chili pour l'utilisation des dépôts détritiques comme enregistreurs du climat passé

3. **Département Bio ingénierie**

Année	Organisateur	Titre
2011	P. Simonet	Organisation du Colloque Génomique Environnementale Lyon 2011, RTP-GE de l'INEE-CNRS et Réseau Ecologie Microbienne de l'INRA. 28 –30 novembre 2011, ECL, Ecully.
2011	L. Blanchard	Participation active en tant que bénévole au réseau « Biologie Sans Frontières » (http://www.bsf.asso.fr/)

4. **Actions communes à tous les départements**

Année	Organisateur	Titre
2009 – 2013	P. Venet	Participation à la journée « Portes ouvertes » de l'IUT
2009 – 2013		Participation au salon de l'étudiant
2009 – 2013	L. Krähenbühl, R. Scorretti, D. Planson, O. Fabrègue, doctorants et étudiants...	Participation à la fête de la science, et d'autres manifestations similaires (milieu scolaire) visant à diffuser la culture scientifique.

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005
Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications

Annexe 7
Liste des contrats



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



Annexe 7 : Liste des contrats

- contrats institutionnels sur financement public (par équipe ou par thème) ;
- brevets, contrats industriels, contrats sur financement privé... (par équipe ou par thème).

A. Contrats institutionnels sur financement public (par équipe ou par thème) ;**1. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes**

NOM	TYPE	MONTANT	PORTEUR	DEBUT	FIN
AIDS	ANR	262 455,00	DI LORETO Michaël	01/11/2011	30/11/2014
BILBOQUET	FUI OSEO	299 182,00	CLERC Guy	01/08/2011	30/11/2014
BQF X. BRUN (GMC)	ETUDE	3 000,00	BRUN Xavier	18/11/2010	18/12/2010
BQR	BQR	30 000,00	MOREAU Richard	01/09/2011	01/09/2013
BQR BREARD	BQR	15 000,00	BREARD	01/01/2013	31/12/2013
BQR KORNIIENKO	BQR	8 000,00	KORNIIENKO	01/01/2013	31/12/2013
CAP	ANR	225 014,00	BIDEAUX Eric	01/10/2010	30/09/2013
CARNOT BIDEAUX	CARNOT	15 000,00	BIDEAUX Eric	01/01/2011	31/12/2011
CARNOT BRUN	CARNOT	10 600,00	BRUN Xavier	01/01/2010	31/12/2010
CHU42	ETUDE	3 500,00	BRUN Xavier	01/03/2013	30/06/2014
CHUSTETIENNE	ETUDE	3 500,00	BRUN Xavier	01/03/2013	30/06/2014
CLUSTER	REGION	3 500,00	VENET Pascal	01/04/2010	31/12/2010
CLUSTER	REGION	22 500,00	VENET Pascal	01/04/2010	31/12/2010
CLUSTER REGION 09	REGION	8 000,00	CLERC Guy	07/12/2009	07/12/2010
CNES	ETUDE	9 000,00	BRUN Xavier	01/02/2010	30/06/2010
CNES	ETUDE	10 000,00	BRUN Xavier	2011	2011
CNES	ETUDE	8 000,00	BRUN Xavier	23/02/2009	01/07/2009
CNES	ETUDE	71 500,00	BRUN Xavier	01/10/2010	01/10/2013
DIAMMS	CARNOT	29 300,00	CLERC Guy	2009	2012
E-CEM	ANR	340 080,00	VOLLAIRE Christian	01/01/2011	02/05/2014
ELEXC	FUI FEDER/OSEO	799 778,00	BIDEAUX Eric	01/09/2012	28/02/2014
FERROCOTS	FUI	191 238,00	NIEL Eric	01/06/2009	31/05/2012
GENOME PREMICES - ONERA	ETAT INVEST. AVENIR	60 000,00	VOLLAIRE Christian	01/01/2013	28/02/2015
IMUST-BIOFORCE	SUBVENTION	167 640,00	CLERC Guy	22/11/2013	31/10/2017
INTELO	FEDER	257 431,00	LELEVE Arnaud	01/09/2012	29/08/2015
ISS POWER	FUI DGA	387 551,00	CLERC Guy	01/04/2009	30/04/2012
JOURNEE THEORIE DU CONTRÔLE	SUBVENTION ETABLISSEMENT	1 000,00	EBERARD Damien	27/02/2014	27/02/2014
LIA BRESIL	LIA	7 500,00	KRAHENBUHL Laurent	20/03/2013	31/12/2017
LIA BRESIL 2011	LIA	7 500,00	KRAHENBUHL Laurent	03/05/2011	31/12/2017
Li-ion TTS Transport	CLUSTER	35 880,00	VENET Pascal	01/01/2010	31/12/2012
MODRIO	ETAT DGCIS	180 000,00	MARQUIS FAVRE Wilfrid	01/09/2012	30/11/2015
OPENPROD	FUI	300 556,00	MARQUIS FAVRE Wilfrid	01/06/2009	31/05/2012
PEPS AMPERE E2	PEPS	30 000,00	BRUN Xavier	01/06/2010	10/06/2012
PEPS COLOSMART	PEPS	20 000,00	REDARCE Tanneguy	01/03/2009	28/02/2011
PEPS DECORTICMAX PHAM	PEPS	28 000,00	PHAM Minh Tu	01/05/2011	30/04/2013
PEPS DI LORETO	PEPS	5 300,00	DI LORETO Michaël	01/12/2011	30/12/2013
PEPS EXOSQUELETTE	PEPS	25 000,00	MOREAU Richard	01/06/2010	30/06/2012
PEPS SO HAPPY LELEVE	PEPS	14 500,00	LELEVE Arnaud	12/04/2013	31/12/2013
PICOSATELLITE	PRES	80 000,00	MOREAU Richard	01/10/2009	01/10/2010
REC-EM	ANR	213 512,00	VOLLAIRE Christian	01/01/2010	30/09/2014

RWU	ETAT MEFE	203 880,00	VOLLAIRE Christian	01/09/2009	31/08/2012
SAGA	ANR	169 772,00	MOREAU Richard	01/01/2013	30/03/2016
SIMED	REGION	5 000,00	REDARCE Tanneguy	01/02/2009	31/12/2009
SUPERCAL	ANR	201 136,00	VENET Pascal	10/12/2010	09/12/2013
TRIBUNAL	ETUDE	8 026,00	BIDEAUX Eric	09/08/2012	31/08/2012
UMEPS	ANR	58 432,00	VOLLAIRE Christian	01/01/2012	30/06/2014

2. Département Energie électrique

NOM	TYPE	MONTANT	PORTEUR	DEBUT	FIN
ACCITE	ANR	196 380,00	BUTTAY Cyril / VOLLAIRE Christian	15/03/2013	14/03/2017
ADR CLUSTER 1A E. RONDON PINILLA	REGION	44 444,00	MOREL Florent/VOLLAIRE Christian	01/10/2010	30/10/2011
ADR CLUSTER 2A E. RONDON PINILLA	REGION	30 444,00	MOREL Florent/VOLLAIRE Christian	01/04/2011	30/06/2013
ADR CLUSTER 3A E. RONDON PINILLA	REGION	32 116,00	MOREL Florent/VOLLAIRE Christian	25/04/2012	12/07/2014
ADR CLUSTER FCT E. RONDON PINILLA	REGION	3 000,00	MOREL Florent/VOLLAIRE Christian	01/01/2011	30/06/2013
ADR CLUSTER FCT E. RONDON PINILLA	REGION	1 000,00	MOREL Florent/VOLLAIRE Christian	01/01/2010	07/07/2013
AGATHE	ANR	147 160,00	BROSSELDARD Pierre	01/01/2012	31/12/2014
BANC DE CARACTERISATION	CARNOT	23 700,00	BUTTAY Cyril	01/01/2010	31/12/2010
BQR BUTTAY	BQR	7 500,00	BUTTAY Cyril	01/01/2009	31/12/2010
CARNOT MOREL	CARNOT	7 000,00	MOREL Hervé	01/01/2011	31/12/2011
CHIC	ANR	234 936,00	JOUBERT Charles	01/01/2011	30/03/2014
CLACSIC	FEDER	80 000,00	MOREL Hervé	01/01/2011	01/01/2013
COM COM DE LA PLAINE DE L'AIN / SOLYNEO	ETUDE	10 000,00	BERGOGNE Dominique	21/12/2014	20/06/2014
COTECH	FRAE	155 000,00	ALLARD Bruno	01/10/2008	30/03/2012
DG2HT2	FUI OSEO	378 000,00	TOURNIER Dominique	01/08/2011	31/12/2013
DIAMONIX	ANR	50 167,00	PLANSON Dominique	23/03/2009	22/03/2010
DVT PLATEFORME TECHNOLOGIQUE	CARNOT	31 989,00	BUTTAY Cyril	01/01/2010	31/12/2010
ECLIPSE	ANR	191 120,00	BUTTAY Cyril	10/09/2009	28/02/2013
EPATH	FRAE	222 920,00	BUTTAY Cyril	01/10/2008	01/10/2011
ETHAER	ANR	121 680,00	BUTTAY Cyril	01/01/2013	31/12/2015
FEMINA	FRAE	171 000,00	JOUBERT Charles	01/10/2008	30/09/2011
FILSIC	ETAT INVEST. AVENIR	1 259 647,00	BROSSELDARD Pierre	01/05/2012	29/04/2016
GANEX	LABEX	8 112,00	TOURNIER Dominique/PLANSON Dominique	30/09/2013	25/04/2014
GENOME PREMICES - ONERA	ETAT INVEST. AVENIR	220 220,00	MOREL Laurent	05/12/2013	04/02/2017
GENOME PREMICES - ONERA	ETAT INVEST. AVENIR	439 643,00	MOREL Hervé	05/12/2013	30/10/2017
INSERE	ETAT DGCIS	80 000,00	TOURNIER Dominique	06/11/2012	05/07/2014
I-SMART	CE	139 000,00	LAZAR Mihai	01/01/2012	31/12/2014
LIA WIDE LAB	LIA	10 000,00	TOURNIER Dominique	28/04/2014	31/10/2014
LST L1052	FEDER/UNIV DE LYON	36 000,00	TOURNIER Dominique		28/02/2014
MADASIC	ETAT DGA	978 165,00	BROSSELDARD Pierre	03/09/2009	30/04/2013
MAGE	ETAT INVEST. AVENIR	224 880,00	ALLARD Bruno	01/04/2012	31/03/2016
MICONET 2	ANR	195 211,00	ALLARD Bruno / MARTIN Christian	01/01/2011	30/06/2014
MOCOSYMEC CEA	ANR	49 059,00	ALLARD Bruno	06/10/2010	05/10/2013

POWERSWIPE	CE	391 534,00	MARTIN Christian / ALLARD Bruno	01/10/2012	30/09/2015
SEFORA	FUI	432 000,00	MOREL Hervé	01/01/2008	31/12/2011
SICHT ²	FUI	927 930,00	PLANSON Dominique/BROSSELDARD Pierre	01/09/2008	30/06/2012
THOR	CE	794 453,00	ALLARD Bruno	01/10/2010	30/09/2013
TOURS 2015	ETAT INVEST. AVENIR	362 871,00	TOURNIER Dominique	01/01/2012	31/12/2014
TRACE	FUI DGCIS	662 650,00	BROSSELDARD Pierre	28/12/2010	31/12/2013
TREPS	FUI	336 624,00	JOUBERT Charles/BERGOGNE Dominique	01/04/2009	31/03/2013
VHVD	ANR	312 568,00	PLANSON Dominique/BROSSELDARD Pierre	01/01/2009	30/12/2011
VLOC	ANR	90 480,00	TOURNIER Dominique	01/10/2010	14/12/2013

3. Département Bio ingénierie

NOM	TYPE	MONTANT	PORTEUR	DEBUT	FIN
ABONDEMENT CARNOT	CARNOT	21 700,00	BURET François	01/01/2013	31/12/2014
ADR CIBLE 1A L. MACCARIO	REGION	32 116,00	VOGEL Timothy	01/01/2012	16/05/2014
ADR CIBLE 2A L. MACCARIO	REGION	32 116,00	VOGEL Timothy	01/10/2013	10/05/2015
ADR CIBLE 3A J. PITEVAL	REGION	30 444,00	HADDOUR Naoufel	29/04/2011	30/06/2013
BIODECHLOR	REGION	22 650,00	VOGEL Timothy	04/11/2011	06/01/2013
BIODECHLOR (J2009-025)	REGION	190 000,00	VOGEL Timothy	01/09/2009	30/08/2012
BQR HADDOUR	BQR	30 000,00	HADDOUR Naoufel	01/01/2013	31/12/2013
BQR LAFAY	BQR	20 000,00	LAFAY Bénédicte	01/01/2012	31/12/2013
CARNOT HADDOUR	CARNOT	5 800,00	HADDOUR Naoufel	01/01/2011	31/12/2011
CARNOT I@L	CARNOT	15 000,00	NICOLAS Laurent	01/01/2012	31/12/2012
CARNOT I@L	CARNOT	10 600,00	NICOLAS Laurent	01/01/2011	31/12/2011
CARNOT MICROSCOPE	CARNOT	25 380,00	NICOLAS Laurent	01/01/2012	31/12/2012
CARNOT POLY PANACEE	CARNOT	22 000,00	NICOLAS Laurent	01/01/2011	31/12/2012
CARNOT SUMECE	CARNOT	30 400,00	NICOLAS Laurent	01/01/2011	31/12/2013
CEA LETI	SUBVENTION	11 000,00	VOGEL Timothy	02/04/2012	31/05/2013
CEMIRBIO	ANR	79 300,00	NICOLAS Laurent	08/11/2006	01/01/2009
CHIMERPOL - IPEV	SUBVENTION	112 000,00	VOGEL Timothy	01/11/2011	31/12/2015
CIBLE 2012	REGION	12 542,00	VOGEL Timothy	01/01/2012	16/05/2014
CIBLE DELMONT	REGION	30 444,00	VOGEL Timothy		2012
CIBLE NANOBAC (J2009-030)	REGION	50 000,00	HADDOUR Naoufel		30/10/2010
CINETIQUES	ADEME	139 526,00	VOGEL Timothy	01/01/2010	02/12/2013
CMIRA 2010	REGION	10 000,00	VOGEL Timothy	27/09/2010	06/07/2012
DARSE	SUBVENTION	15 000,00	CECILLON Sébastien	01/12/2011	30/11/2012
DONUT	FOND SANTE	142 700,00	VOYER Damien	01/09/2009	31/12/2011
EMERGENT	ANR	244 670,00	SIMONET Pascal	01/01/2009	30/04/2013
GENEFISH 2	REGION	10 000,00	FRANQUEVILLE Laure/VOGEL Tim	2010	2012
GENERIQUE	ADEME	224 197,00	SIMONET Pascal	01/01/2010	15/09/2011
IMAGENE (IMA-GMO)	ANR	221 279,00	SIMONET Pascal	01/01/2011	30/06/2014
IMPACTANCE	ANSES	197 706,00	SIMONET Pascal	01/01/2013	05/03/2016
IMUST-Thèse ROYET	SUBVENTION	30 000,00	ROYET Damien	01/09/2013	30/06/2016
INGECHO	SUBVENTION	20 000,00	VOGEL Timothy	12/07/2010	31/12/2010
INGECHO 2010 GENEFISH	REGION	15 000,00	FRANQUEVILLE Laure/VOGEL Tim	01/01/2010	30/11/2011
INGECHO IE	SUBVENTION	15 000,00	VOGEL Timothy	2011	31/12/2011
MEMOVE	ANR	56 994,00	BURET François	01/10/2011	01/10/2014

METAEXPLORE	CE	481 500,00	VOGEL Timothy	01/05/2009	30/11/2014
METASOIL	ANR	1 110 344,00	VOGEL Timothy	01/01/2009	31/12/2011
MiOxyFun	ANR	87 880,00	VOGEL Timothy	01/01/2011	31/12/2013
MISAFE	CE	270 000,00	SIMONET Pascal	01/06/2013	29/02/2016
NORA	CE	261 448,00	SIMONET Pascal	01/01/2013	31/12/2016
OSIRIS	CE	221 446,00	VOGEL Timothy	01/04/2007	30/09/2011
PEPS ENERGIE HADDOUR	PEPS	15 000,00	HADDOUR Naoufel/ONDEL Olivier	18/07/2013	30/11/2013
PIR INGENIERIE ECOL	SUBVENTION	36 000,00	FRENEA Marie		31/12/2009
SEEDS	SUBVENTION	10 000,00	FRENEA Marie	01/03/2009	31/12/2009
SEPTANTE PRO	ETAT ME	45 000,00	SIMONET Pascal	16/09/2010	15/03/2012
SOLAO	ANR	264 450,00	NAVARRO Isabelle	01/01/2009	31/12/2012
TRAINBIODIVERSE	CE	519 191,00	VOGEL Timothy	01/01/2012	31/12/2015
UNIVERSITE D'AUVERGNE	ETUDE	2 508,00	CECILLON Sébastien	25/11/2010	25/12/2010
UNIVERSITE DE ROUEN	ETUDE	8 400,00	CECILLON Sébastien	23/11/2011	23/12/2011

B. Brevets, contrats industriels, contrats sur financement privé... (par équipe ou par thème).

1. Contrats industriels ou sur financement privés

a. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes

NOM	TYPE	MONTANT	PORTEUR	DEBUT	FIN
ASCO NUMATICS	INDUSTRIEL	25 000,00	BIDEAUX Eric	01/03/2010	31/07/2010
B2I AMESIM	INDUSTRIEL	10 000,00	BIDEAUX Eric	30/03/2011	30/10/2011
BOSCHVENI	INDUSTRIEL	10 000,00	BIDEAUX Eric	01/02/2012	30/06/2012
BOSH DSI	INDUSTRIEL	4 000,00	BIDEAUX Eric	13/05/2013	21/06/2013
CEGELEC	INDUSTRIEL	9 000,00	BRUN Xavier / Eric Blanco	2009	
CETIM AIX LA CHAPELLE	INDUSTRIEL	6 000,00	BIDEAUX Eric		01/01/2012
CETIM NORMES ISO 1	INDUSTRIEL	2 500,00	BIDEAUX Eric	28/02/2010	30/04/2010
CETIM NORMES ISO 2	INDUSTRIEL	4 000,00	BIDEAUX Eric	01/01/2010	30/12/2010
CETIM TRANSMISSION PNEUMATIQUES	INDUSTRIEL	19 220,00	BIDEAUX Eric	15/01/2010	30/12/2010
CETIMNANT	INDUSTRIEL	4 000,00	SESMAT Sylvie	13/06/2012	31/12/2012
CETIMSENL	INDUSTRIEL	24 200,00	BIDEAUX Eric / SESMAT Sylvie	01/08/2013	30/08/2014
CETIMSENL	INDUSTRIEL	22 000,00	BIDEAUX Eric / SESMAT Sylvie	01/08/2011	01/04/2011
CETIMSENL	INDUSTRIEL	22 000,00	BIDEAUX Eric / SESMAT Sylvie	01/08/2012	01/07/2013
CETIMSENL	INDUSTRIEL	4 000,00	BIDEAUX Eric	01/09/2012	31/11/2012
CIFRE ALSTOM LEFEBVRE	CIFRE	60 000,00	LIN-SHI Xuefang	30/09/2013	29/09/2016
CIFRE ASCO JOUCOMATIC T.CAETANO	CIFRE	75 000,00	BIDEAUX Eric	30/09/2011	30/09/2014
CIFRE EDF SCHNEIDER FALLASOMI	CIFRE	20 000,00	LIN-SHI Xuefang	2007	2011
CIFRE EVE SYSTEME RIVIERE	CIFRE	9 000,00	VENET Pascal	10/10/2013	10/10/2016
CIFRE HISPANO SUIZA K.LOUDIERE	CIFRE	30 000,00	VOLLAIRE Christian	01/04/2013	30/11/2016
CIFRE N°925/009 SAGEM 26	CIFRE	60 000,00	LIN-SHI Xuefang	01/10/2009	01/10/2012
CIFRE REGIENOV CHAPUIS	CIFRE	42 000,00	BIDEAUX Eric / BRUN Xavier	01/10/2009	28/09/2012
CIFRE RENAUL TRUCKS NGUYEN	CIFRE	45 000,00	BIDEAUX Eric	29/06/2012	30/06/2015
CIFRE RENAULT CHAPUIS	CIFRE	42 000,00	BIDEAUX Eric	2007	01/07/2010
CIFRE RENAULT LAMCOS AKHEMETOV	CIFRE	15 000,00	MARQUIS FAVRE Wilfrid	01/01/2009	13/12/2011
CIFRE RENAULT LI	CIFRE	36 000,00	VENET Pascal	01/10/2009	30/09/2012
CIFRE RENAULT TRUCKS MENA	CIFRE	45 000,00	BIDEAUX Eric	01/03/2012	28/02/2015
CIFRE SCHNEIDER HUMBERT	CIFRE	30 000,00	PHAM Minh Tu / BRUN Xavier	01/05/2013	29/04/2016
CIFRE SHERPA ARNAL	CIFRE	29 250,00	BIDEAUX Eric	12/01/2010	11/01/2013
CIFRE TEREX SHAEP	CIFRE	255 000,00	BIDEAUX Eric	01/09/2013	30/08/2016
CIFRE THALES PAQUEREAU	CIFRE	36 000,00	NIEL Eric	12/12/2011	12/12/2014
CIFRE THALES QUINTERO	CIFRE	36 000,00	NIEL Eric	02/05/2012	01/05/2015
CIFRE VALEO LIEVRE	CIFRE	30 000,00	VENET Pascal	01/01/2012	31/12/2014
DUBOUCHET	INDUSTRIEL	1 800,00	VOLLAIRE Christian	17/05/2011	13/07/2011
ENFRASYS / GTIE TRANSPORT	INDUSTRIEL	47 000,00	BRUN Xavier	13/02/2012	06/07/2012
Fondation BRAKES	INDUSTRIEL	8 000,00	LIN-SHI Xuefang / BRUN Xavier	03/02/2014	31/08/2014
Fondation BRAKES	INDUSTRIEL	2 500,00	LIN-SHI Xuefang / BRUN Xavier	03/02/2014	30/03/2014
FRANCE PARATONNERRES	INDUSTRIEL	6 000,00	VOLLAIRE Christian	22/07/2009	30/11/2009

GENRAL ELECTRIC	INDUSTRIEL	4 000,00	BIDEAUX Eric		30/08/2013
HISPANO SUIZA	INDUSTRIEL	90 000,00	VOLLAIRE Christian	03/07/2009	30/06/2012
INEO	INDUSTRIEL	750,00	VOLLAIRE Christian	24/03/2009	24/04/2009
JTEK	INDUSTRIEL	1 000,00	CLERC Guy	01/03/2010	30/10/2010
MAURIC	INDUSTRIEL	5 139,00	BIDEAUX Eric		30/08/2013
NFM TECHNOLOGIE	INDUSTRIEL	15 000,00	VOLLAIRE Christian	10/01/2012	30/11/2012
O2M phase 2	INDUSTRIEL	75 251,00	VOLLAIRE Christian	01/08/2009	31/01/2011
PEUGEOT SA	INDUSTRIEL	12 950,00	MARQUIS FAVRE Wilfrid	06/07/2012	30/07/2012
PLASTIC OMNIUM	INDUSTRIEL	4 500,00	VOLLAIRE Christian	16/11/2009	16/12/2009
PLASTIC OMNIUM	INDUSTRIEL	6 000,00	BIDEAUX Eric		30/06/2010
PLASTIC OMNIUM	INDUSTRIEL	55 000,00	VOLLAIRE Christian	15/12/2010	10/12/2011
PLASTIC OMNIUM AUTO EXTERIEUR	INDUSTRIEL	5 036,00	VOLLAIRE Christian	01/05/2013	31/12/2014
REGIENOV	INDUSTRIEL	3 000,00	MARQUIS FAVRE Wilfrid	01/03/2009	30/10/2010
RENAULT TRUCKS	INDUSTRIEL	4 000,00	BIDEAUX Eric		01/03/2012
SAFRAN	INDUSTRIEL	95 680,00	VOLLAIRE Christian	01/06/2012	31/05/2016
SAGEM	INDUSTRIEL	5 500,00	RETIF Jean-Marie		04/10/2009
SAGEM	INDUSTRIEL	5 090,00	CLERC Guy	01/04/2012	30/07/2012
SETEC	INDUSTRIEL	10 000,00	BRUN Xavier / BIDEAUX Eric	31/05/2010	30/10/2010
SETEC	INDUSTRIEL	20 000,00	BRUN Xavier / BIDEAUX Eric	01/02/2010	31/05/2010
SYNDICAT INTERCOMMUNAL JONAGE	INDUSTRIEL	6 600,00	BIDEAUX Eric	18/11/2013	18/12/2013
TEREX	INDUSTRIEL	11 000,00	BIDEAUX Eric	07/03/2012	30/06/2012
THALES	INDUSTRIEL	25 000,00	PHAM Minh Tu	27/01/2011	25/01/2013
THALES 2012	INDUSTRIEL	10 000,00	BRUN Xavier	03/02/2012	31/08/2012
THALES 2013	INDUSTRIEL	10 000,00	BRUN Xavier	27/06/2013	08/10/2013
THALES 2014	INDUSTRIEL	10 000,00	BRUN Xavier	03/02/2014	30/08/2014
VOLVO	INDUSTRIEL	10 000,00	BIDEAUX Eric	01/06/2010	30/06/2010
VOLX	INDUSTRIEL	10 000,00	VOLLAIRE Christian	01/03/2012	28/02/2013
VOVLO	INDUSTRIEL	15 000,00	BIDEAUX Eric	17/10/2013	12/12/2013

b. Département Energie électrique

NOM	TYPE	MONTANT	PORTEUR	DEBUT	FIN
ABB	INDUSTRIEL	2 000,00	SIXDENIER Fabien	25/02/2014	25/05/2014
ADEMO	INDUSTRIEL	750,00	AKA Thomas	06/04/2009	07/04/2009
ALSTOM	INDUSTRIEL	3 000,00	ONDEL Olivier		06/03/2013
AISTOM GRID	INDUSTRIEL	15 000,00	BEROUAL Abderrahmane	09/11/2012	09/07/2013
ALSTOM GRID	INDUSTRIEL	6 000,00	ONDEL Olivier	01/02/2012	30/11/2012
ALSTOM GRID	INDUSTRIEL	20 000,00	BEROUAL Abderrahmane	09/11/2012	09/07/2013
ALSTOM GRID	INDUSTRIEL	15 000,00	BEROUAL Abderrahmane	29/02/2012	30/08/2014
ALSTOM GRID PEM	INDUSTRIEL	25 000,00	BEROUAL Abderrahmane	01/07/2011	01/03/2012
ALSTOM TRANSPORT	INDUSTRIEL	14 267,00	BUTTAY Cyril	02/10/2013	31/12/2013
ALSTOM TRANSPORT	INDUSTRIEL	7 155,00	BROSSELDARD Pierre	09/09/2013	02/12/2013
AREVA	INDUSTRIEL	1 500,00	SIXDENIER Fabien	29/06/2009	29/07/2009
AREVA	INDUSTRIEL	15 000,00	BEROUAL Abderrahmane	04/10/2010	30/11/2010
AREVA	INDUSTRIEL	10 000,00	BEROUAL Abderrahmane	19/11/2009	22/01/2010
CEA GRENOBLE	INDUSTRIEL	66 667,00	TOURNIER Dominique	19/07/2011	31/01/2012
CEFEM TECHNOLOGIE	INDUSTRIEL	1 500,00	AKA Thomas	29/06/2011	30/11/2011
CIFRE ANIS FEKI	CIFRE	37 300,00	ALLARD Bruno	2009	2012

CIFRE AREVA WANG	CIFRE	27 000,00	BEROUAL Abderrahmane	05/01/2010	30/12/2011
CIFRE ARVENI	CIFRE	36 000,00	MOREL Laurent	01/10/2010	30/11/2013
CIFRE DELOGE STMICRO	CIFRE	24 300,00	ALLARD Bruno	2008	03/09/2011
CIFRE EADS SANTINI	CIFRE	26 000,00	ALLARD Bruno	02/07/2012	30/06/2015
CIFRE ECAEN FONTENEAU	CIFRE	62 500,00	MOREL Hervé	01/10/2010	30/06/2013
CIFRE HISPANO SUIZA DUBOIS	CIFRE	45 000,00	MOREL Hervé	01/12/2010	02/12/2013
CIFRE IRSEEM AN ZHOU	CIFRE	15 000,00	JOUBERT Charles	2009	2012
CIFRE SCHLUMBERGER HASCOET	CIFRE	45 000,00	BUTTAY Cyril	15/10/2010	15/10/2013
CIFRE ST ERICSSON LABBE	CIFRE	44 000,00	ALLARD Bruno	11/04/2012	10/04/2015
CIFRE STMICRO BENOIST	CIFRE	25 800,00	ALLARD Bruno	01/07/2013	30/06/2016
CIFRE STMICRO FEKI	CIFRE	37 300,00	ALLARD Bruno	01/12/2011	30/11/2014
CIFRE STMICRO LOAYA RAMIREZ	CIFRE	38 800,00	ALLARD Bruno	09/01/2013	08/01/2016
CIFRE STMICRO RITTER	CIFRE	10 000,00	ALLARD Bruno	05/01/2009	05/01/2012
CIFRE STMICRO SOUVIGNET	CIFRE	25 300,00	ALLARD Bruno	09/01/2012	08/01/2015
CIFRE STMICRO VIALE	CIFRE	39 300,00	ALLARD Bruno	12/11/2013	10/11/2016
CIFRE THALES OUAIDA	CIFRE	39 000,00	BERGOGNE Dominique	01/02/2012	02/11/2014
CNAIR	INDUSTRIEL	17 167,00	BREVET Olivier	29/08/2011	08/06/2012
DCNS	INDUSTRIEL	20 000,00	MOREL Florent/FABREGUE Olivier	04/07/2013	30/06/2014
DCNS	INDUSTRIEL	20 000,00	MOREL Florent	23/11/2012	28/02/2014
ECPE	INDUSTRIEL	22 000,00	TOURNIER Dominique	2008	
EDF SA CLAMART	INDUSTRIEL	45 000	BEROUAL Abderrahmane	01/07/2013	31/08/2017
EGIC-COELME	INDUSTRIEL	2 500,00	AKA Thomas	19/12/2013	31/08/2014
FERRAZ	INDUSTRIEL	113 100,00	TOURNIER Dominique	01/04/2010	31/01/2012
FRANCE PARATONNERRES	INDUSTRIEL	3 000,00	AKA Thomas	11/10/2011	11/11/2011
FRANCE PARATONNERRES	INDUSTRIEL	2 500,00	AKA Thomas	10/02/2012	28/02/2013
FRANCE PARATONNERRES	INDUSTRIEL	1 500,00	AKA Thomas	29/04/2010	17/05/2010
FRANCE PARATONNERRES	INDUSTRIEL	3 000,00	AKA Thomas		22/07/2009
FRANCE PARATONNERRES 2	INDUSTRIEL	3 000,00	AKA Thomas	20/10/2009	30/10/2010
HISPANO SUIZA	INDUSTRIEL	6 000,00	BROSSELDARD Pierre	01/03/2010	10/09/2010
HISPANO SUIZA	INDUSTRIEL	6 000,00	BROSSELDARD Pierre	16/11/2012	21/11/2012
IMRA	INDUSTRIEL	47 600,00	BUTTAY Cyril	15/02/2014	15/08/2014
INEO	INDUSTRIEL	1 500,00	AKA Thomas	01/11/2010	30/11/2010
INSTMICRO BARCELONA	INDUSTRIEL	14 500,00	BROSSELDARD Pierre	10/01/2012	30/11/2012
MERSEN	INDUSTRIEL	20 000,00	TOURNIER Dominique	25/04/2012	20/12/2012
MERSEN	INDUSTRIEL	9 000,00	TOURNIER Dominique	01/01/2011	30/11/2011
MERSEN	INDUSTRIEL	12 000,00	TOURNIER Dominique	15/02/2012	03/08/2012
MERSEN	INDUSTRIEL	113 100,00	TOURNIER Dominique		31/12/2010
MORS SMITT	INDUSTRIEL	15 295,00	SIXDENIER Fabien	01/04/2013	31/12/2013
NEXANS	INDUSTRIEL	6 000,00	BEROUAL Abderrahmane	26/10/2009	31/10/2009
NEXANS	INDUSTRIEL	15 000,00	BEROUAL Abderrahmane	20/04/2010	30/10/2010
NEXANS	INDUSTRIEL	19 505,00	AUGE Jean-Louis	21/12/2013	21/03/2014
POST- DOC HISPANO SUIZA BEN SALAH	INDUSTRIEL	20 000,00	MOREL Hervé	11/06/2010	30/11/2011
SICAME	INDUSTRIEL	27 000,00	BEROUAL Abderrahmane	01/02/2012	31/08/2015

SOMFY	INDUSTRIEL	8 000,00	ROJAT G.	01/04/2009	31/08/2009
ST ERICSSON	INDUSTRIEL	69 000,00	MOREL Florent/VOLLAIRE Christian	07/06/2011	31/01/2015
SUPERGRID	INDUSTRIEL	12 000,00	BUTTAY Cyril	19/03/2014	31/07/2014
TECOFI	INDUSTRIEL	4 000,00	ALLARD Bruno		31/12/2009
THESE DGA MOGNIOTTE CNRS	CIFRE	45 492,00	BROSSELDARD Pierre	01/10/2010	30/09/2013
TRANSRAIL	INDUSTRIEL	19 800,00	SIXDENIER Fabien	30/04/2010	30/10/2010

c. Département Bio ingénierie

NOM	TYPE	MONTANT	PORTEUR	DEBUT	FIN
APERAM	INDUSTRIEL	10 000,00	BURAIIS Noël	11/05/2012	11/05/2013
AREVA-01DB-METRAVIB	INDUSTRIEL	600,00	BURET François	09/11/2011	09/12/2011
BIOMERIEUX	INDUSTRIEL	10 000,00	BURET François	01/01/2012	30/11/2012
DANONE	INDUSTRIEL	50 430,00	VOGEL Timothy	26/10/2009	31/07/2010
EDF THESE LELONG	CIFRE	36 000,00	BURAIIS Noël /SCORRETTI Riccardo	01/09/2009	01/09/2012
ENOVEO	INDUSTRIEL	4 156,00	SIMONET Pascal	20/03/2009	20/10/2009
GATTEFOSSE	INDUSTRIEL	4 200,00	SIAUVE Nicolas	01/07/2010	30/11/2010
IFP ENERGIES NOUVELLES	INDUSTRIEL	3 000,00	VOGEL Timothy	01/10/2011	01/10/2014
INSTITUT RECHERCHE	INDUSTRIEL	15 000,00	BURAIIS Noël	15/05/2009	01/05/2012
LIBRAGEN	INDUSTRIEL	100 000,00	SIMONET Pascal	04/01/2011	30/07/2015
ORMAZABAL	INDUSTRIEL	2 000,00	BURET François	01/04/2011	30/11/2011
UNIV BRISTOL	INDUSTRIEL	2 888,00	BURET François	01/03/2012	30/11/2012

2. Brevets

a. Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes

Année dépôt	Titre brevet	Dépt .	Liste inventeurs	Propriétaires	n° enregistrement	Etat	lien HAL	lien Espacenet ou PatentScope	n°/dates publication
2011	Dispositif de mesure de courants dans les conducteurs d'un câble gainé d'un réseau polyphasé	BIO-MIS-EE	Menad Bourkeb, Charles Joubert, Riccardo Scorretti, Olivier Ondel, Hamed Yahoui, Laurent Morel, DUVILLARET Lionel, KERN Christian, SCHMITT Gilbert	CNRS, INSA, Kapteos, ECL, Socomec, UCBL	FR1103443	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00981641	espacenet	FR2982672 (A1) 2013-05-17 FR2982672 (B1) 2014-03-14
2009	Procédé et dispositif de prédiction de défaillances de condensateur électrolytique, convertisseur et alimentation sans interruption équipés d'un tel dispositif	MIS	Rojat, Venet	MGE UPS SYSTEMS		Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00369248	espacenet	FR2923020 (A1) 2009-05-01 FR2923020 (B1) 2009-11-13
2009	Convertisseur d'onde électromagnétique en tension continue / DEVICE FOR CONVERTING AN ELECTROMAGNETIC WAVE INTO DC VOLTAGE	MIS	Vollaire	CNRS		Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00812022	espacenet patentscope	11/02/2009 - US 20100141051 2010-06-10
2012	Procédé de détermination d'un paramètre d'au moins un accumulateur d'une batterie / Method for determining a parameter of at least one accumulator of a Battery	MIS	Gérard Barrailh, Philippe Desprez, Stéphane Rael, Hubert Razik et Ali Zenati	SAFT-Groupe et INPL	EP2410346 A1	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00972579	espacenet	FR2963109 (A1) 2012-01-27 FR2963109 (B1) 2012-08-17
2012	Dispositif de caractérisation de batteries	MIS	A. LI, P. GYAN, S. PELISSIER, P. VENET	RENAULT	FR1257328	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00972045	espacenet	FR2993993 (A1) 2014-01-31

2012	Système électronique comportant un mode de veille sans consommation / ELECTRONIC SYSTEM COMPRISING A STANDBY MODE WITHOUT ELECTRICAL CONSUMPTION	MIS	C. Voltaire (Ampère), V. Marian (Ampère), C. Meudier (XLIM), M. Thévenot (XLIM)	CNRS, INSA, ECL, Unilim, UCBL,	n° 1000142732	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00876885	espacenet patentscope	FR2987912 (A1) 2013-09-13 FR2987912 (B1) 2014-04-25 WO/2013/132016 2013-09-12
2012	Dispositif d'élaboration en temps réel de consigne de couple et véhicule équipé de ce dispositif.	MIS	C.Chapuis, N.Minoiu-Enache, E.Bideaux, X.Brun	G.I.E. REGIENOV	FR1254405	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00971485	espacenet	FR2990656 (A1) 2013-11-22
2012	Procédé de gestion du glissement d'une roue motrice d'un véhicule automobile.	MIS	C.Chapuis, N.Minoiu-Enache, X.Brun, E.Bideaux	G.I.E. REGIENOV	FR1258292	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00971486	espacenet	FR2994897 (A1) 2014-03-07
2012	PROCEDE DE DETECTION D'UNE POSITION ANGULAIRE D'UN ROTOR DE MACHINE SYNCHRONE	MIS	Abry, Lin-Shi, Zgorski	sagem		Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00812005	espacenet	FR2974465 (A1) 2012-10-26
2013	Ensemble électromécanique équipé d'au moins un organe rotatif et d'un système de mesure de l'usure du ou de chaque organe rotatif	MIS	C. Voltaire (Ampère), J. Delachanal (Adeane), T. Camus (NFM)	NFM Technologies, UCBL, INSA, CNRS, ECL	n°1000177434	Déposé	Déposé le 9/01/2013		
2013	Contrôle du couple appliqué aux roues motrices d'un véhicule électrique lors d'un freinage récupératif	MIS	C.Chapuis, N.Minoiu-Enache, X.Brun, E.Bideaux	G.I.E. REGIENOV	FR1362660	Déposé	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00971488		

2014	MOTORISATION DE VEHICULE AUTOMOBILE INCLUANT UNE PILE A COMBUSTIBLE ET UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE	MIS	Bideaux, da Fonseca, Desbois-Renaudin (CEA), Gérard (CEA), Jeanneret (IFFSTAR)	CNRS, CEA, IFSTTAR, INSA, ECL, UCBL	FR 2993226 (A1)	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00973923	espacenet	FR2993226 (A1) 2014-01-17
2014	Electrovanne miniature rapide	MIS/ EE	Bideaux, Sesmat, Sixdenier, Caetano, Moreau (ASCO), Vandamme (ASCO)	ASCO JOUCOMAT IC SA	n°1000234713	Déposé			02/04/2014

b. **Département Energie électrique**

Année dépôt	Titre brevet	Dépt.	Liste inventeurs	Propriétaires	n° enregistrement	Etat	lien HAL	lien Espacenet ou PatentScope	n°/dates publication
2011	Dispositif de mesure de courants dans les conducteurs d'un câble gainé d'un réseau polyphasé	BIO-MIS-EE	Menad Bourkeb, Charles Joubert, Riccardo Scorretti, Olivier Ondel, Hamed Yahoui, Laurent Morel, DUVILLARET Lionel, KERN Christian, SCHMITT Gilbert	CNRS, INSA, Kapteos, ECL, Socomec, UCBL	FR1103443	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00981641	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20130517&CC=FR&NR=2982672A1&KC=A1	FR2982672 (A1) 2013-05-17 FR2982672 (B1) 2014-03-14
2009	DISPOSITIF DE PROTECTION D'UN CIRCUIT ELECTRONIQUE COMPORTANT AU MOINS UN TRANSISTOR DE TYPE JFET OU MESFET	EE	Bergogne, Joubert	CNRS, UCBL		Enregistré	http://hal.archive-s-ouvertes.fr/hal-00973911	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20100430&CC=FR&NR=2937811A1&KC=A1	FR2929280 (A1) 2009-10-02
2009	PROCEDE DE FABRICATION D'UN CAPTEUR DE CHAMP MAGNETIQUE ET CAPTEUR DE CHAMP MAGNETIQUE OBTENU	EE	Laurent Morel	ArcelorMittal, CNRS, UCBL		Enregistré	http://hal.archive-s-ouvertes.fr/hal-00414012	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20090828&CC=FR&NR=2928006A1&KC=A1	FR2928006 (A1) 2009-08-28 FR2928006 (B1) 2011-03-04

2010	SYSTEM FOR SUPPLYING DIRECT CURRENT AND DC VOLTAGE PROTECTED BY A CURRENT LIMITER, AND METHOD FOR PROTECTING SAME	EE	DE PALMA JEAN-FRANCOIS [US] GODIGNON PHILIPPE [ES] TOURNIER DOMINIQUE [FR] RAMBAUD THIERRY [FR] SARRUS FRANCK [FR]	MERSEN	WO201207275 9 (A1)	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00988938	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20121123&CC=FR&NR=2975542A1&KC=A1	FR2975542 (A1) 2012-11-23 FR2975542 (B1) 2013-07-05
2010	STRUCTURE SEMI-CONDUCTRICE POUR INTERRUPTEUR ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	EE	TOURNIER DOMINIQUE [FR] BROSSELDARD PIERRE [FR] CHEVALIER FLORIAN [FR]	CNRS, INSA	FR2963479	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00786379	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20120203&CC=FR&NR=2963479A1&KC=A1	FR2963479 (A1) 2012-02-03 FR2963479 (B1) 2012-07-27
2011	ELECTRICAL COMPONENT OF A CURRENT LIMITER FOR PROTECTING AN ELECTRICAL POWER SUPPLY	EE	DE PALMA JEAN-FRANCOIS [US] GODIGNON PHILIPPE [ES] TOURNIER DOMINIQUE [FR] RAMBAUD THIERRY [FR] SARRUS FRANCK [FR]	MERSEN	WO201207275 1 (A1)	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00988922	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20121123&CC=FR&NR=2975530A1&KC=A1	FR2975530 (A1) 2012-11-23 FR2975530 (B1) 2014-02-28

2011	DC CURRENT INTERRUPTION SYSTEM ABLE TO OPEN A DC LINE WITH INDUCTIVE BEHAVIOUR	EE	Franck SARRUS, Florent BALBONI, Dominique TOURNIER	MERSEN	WO201300466 2	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00988929	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20130111&CC=FR&NR=2977738A1&KC=A1	FR2977738 (A1) 2013-01-11
2012	PROCEDE DE FABRICATION D'UN TRANSISTOR JFET	EE	TOURNIER DOMINIQUE [FR] CHEVALIER FLORIAN [FR] GODIGNON PHILIPPE [ES] MILLAN JOSE [ES]	CENTRE NAT RECH SCIENT [FR] CSIC [ES] (multi-tutelles ECL, LYON1 INSA CNRS, CSIC)	PCT FR 2012/051983	Déposé	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00989013	http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2012051983	
2013	INSTRUMENT A PERCUSSION	EE	Bergogne	CNRS, INSA, ECL, UCBL		Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00973908	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20130426&CC=FR&NR=2981780A1&KC=A1	FR2981780 (A1) 2013-04-26

2014	NEW VEGETABLE OIL – BASED JATROPHA CURCAS SEEDS AS SUBSTITUTE OF MINERAL OIL IN HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL EQUIPMENT	EE	Rudy Setiabudy, Abderrahmane Beroual, Setijo Bismo, Henry B.H. Sitorus	Ecole Centrale de Lyon – Universitas Indonesia	Déposé			
2014	Electrovanne miniature rapide	MIS/EE	Bideaux, Sesmat, Sixdenier, Caetano, Moreau (ASCO), Vandamme (ASCO)	ASCO JOUCOMATI C SA	n°1000234713	Déposé		02/04/2014

c. **Département Bio ingénierie**

Année dépôt	Titre brevet	Dépt.	Liste inventeurs	Propriétaires	n° enregistrement	Etat	lien HAL	lien Espacenet ou PatentScope	n°/dates publication
2011	Dispositif de mesure de courants dans les conducteurs d'un câble gainé d'un réseau polyphasé	BIO-MIS-EE	Menad Bourkeb, Charles Joubert, Riccardo Scorretti, Olivier Ondel, Hamed Yahoui, Laurent Morel, DUVILLARET Lionel, KERN Christian, SCHMITT Gilbert	CNRS, INSA, Kapteos, ECL, Socomec, UCBL	FR1103443	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00981641	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20130517&CC=FR&NR=2982672A1&KC=A1	FR2982672 (A1) 2013-05-17 FR2982672 (B1) 2014-03-14

d. *Interdépartement*

(1) **MIS-EE-BIO**

Année dépôt	Titre brevet	Dépt.	Liste inventeurs	Propriétaires	n° enregistrement	Etat	lien HAL	lien Espacenet ou PatentScope	n°/dates publication
2011	Dispositif de mesure de courants dans les conducteurs d'un câble gainé d'un réseau polyphasé	BIO-MIS-EE	Menad Bourkeb, Charles Joubert, Riccardo Scorretti, Olivier Ondel, Hamed Yahoui, Laurent Morel, DUVILLARET Lionel, KERN Christian, SCHMITT Gilbert	CNRS, INSA, Kapteos, ECL, Socomec, UCBL	FR1103443	Enregistré	http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00981641	http://fr.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=fr.espacenet.com&adjacent=true&locale=fr_FR&FT=D&date=20130517&CC=FR&NR=2982672A1&KC=A1	FR2982672 (A1) 2013-05-17 FR2982672 (B1) 2014-03-14

(2) **EE-MIS**

Année dépôt	Titre brevet	Dépt.	Liste inventeurs	Propriétaires	n° enregistrement	Etat	lien HAL	lien Espacenet ou PatentScope	n°/dates publication
2014	Electrovanne miniature rapide	MIS/EE	Bideaux, Sesmat, Sixdenier, Caetano, Moreau (ASCO), Vandamme (ASCO)	ASCO JOUCOMATI C SA	n°1000234713	Déposé			02/04/2014

Laboratoire Ampère
UMR CNRS 5005
**Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications**

Annexe 8
Document unique d'évaluation des risques.



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon

A. Document unique Ecole Centrale – Bat H9

Document des résultats de l'évaluation des risques									
Évaluation des risques professionnels - Document Unique -									
Code du travail Articles L.230-2 III.(a) et R.230-1	Année 2013								
Etablissement	Ecole Centrale de Lyon								
Unité de travail (Unité, laboratoire, département, service, UFR, institut, ...)	Intitulé et code UMR 5085 Laboratoire Ampère Département EEA								
Principales activités									
Directeur	Guy Clerc								
Effectifs	<table border="1"> <tr> <td>Enseignants Chercheurs</td> <td>ITA ou IATOS</td> <td>CDD</td> </tr> <tr> <td>Etudiants</td> <td>Autres</td> <td>TOTAL</td> </tr> </table>			Enseignants Chercheurs	ITA ou IATOS	CDD	Etudiants	Autres	TOTAL
Enseignants Chercheurs	ITA ou IATOS	CDD							
Etudiants	Autres	TOTAL							
Sites géographiques et locaux	<table border="1"> <tr> <td>Nombres de sites</td> <td>1</td> <td>Surfaces des locaux</td> <td>3000 m²</td> </tr> </table>			Nombres de sites	1	Surfaces des locaux	3000 m²		
Nombres de sites	1	Surfaces des locaux	3000 m²						
Description succincte de la méthode mise en œuvre pour réaliser l'évaluation	Visite de site / discussion avec des personnels								
Personnes associées à l'évaluation									
Organisation de la sécurité au sein de l'unité de travail	<table border="1"> <tr> <td>ACMO ou Correspondant de sécurité</td> <td>Nomination Formation initiale Formation continue</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Présence d'un registre hygiène et sécurité Existence d'un règlement intérieur Mesure pour le travail isolé et / ou en horaires décalés Existence d'une instance consultative (CSHS, SHS) Si non, siasine du conseil de laboratoire, service, unité, département Rédaction de plan de prévention lors d'intervention d'entreprises extérieures </td> </tr> </table>			ACMO ou Correspondant de sécurité	Nomination Formation initiale Formation continue	Présence d'un registre hygiène et sécurité Existence d'un règlement intérieur Mesure pour le travail isolé et / ou en horaires décalés Existence d'une instance consultative (CSHS, SHS) Si non, siasine du conseil de laboratoire, service, unité, département Rédaction de plan de prévention lors d'intervention d'entreprises extérieures			
ACMO ou Correspondant de sécurité	Nomination Formation initiale Formation continue								
Présence d'un registre hygiène et sécurité Existence d'un règlement intérieur Mesure pour le travail isolé et / ou en horaires décalés Existence d'une instance consultative (CSHS, SHS) Si non, siasine du conseil de laboratoire, service, unité, département Rédaction de plan de prévention lors d'intervention d'entreprises extérieures									

Évaluation des risques professionnels - Université de Rennes 1													
Organisation des secours	<table border="1"> <tr> <td>Nombre de Sauveteurs Secouristes du Travail</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Nombre de chargés d'évacuation</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre d'équipiers de première intervention</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Affichage de consignes générales de sécurité</td> <td>☒</td> </tr> <tr> <td>Affichage de consignes spécifiques de sécurité</td> <td>☒</td> </tr> <tr> <td>Organisation d'exercices d'évacuation</td> <td>☒</td> </tr> </table>	Nombre de Sauveteurs Secouristes du Travail	6	Nombre de chargés d'évacuation		Nombre d'équipiers de première intervention		Affichage de consignes générales de sécurité	☒	Affichage de consignes spécifiques de sécurité	☒	Organisation d'exercices d'évacuation	☒
Nombre de Sauveteurs Secouristes du Travail	6												
Nombre de chargés d'évacuation													
Nombre d'équipiers de première intervention													
Affichage de consignes générales de sécurité	☒												
Affichage de consignes spécifiques de sécurité	☒												
Organisation d'exercices d'évacuation	☒												
Formation	<table border="1"> <tr> <td>Nombre de personnes formées à la manipulation d'extincteurs</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Nombre de nouveaux entrants formés</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nature des formations en hygiène et sécurité suivies par le personnel</td> <td>Nombre de personnes</td> </tr> <tr> <td>Pratiques de laboratoire et hygiène et sécurité pour le dépa</td> <td>30</td> </tr> </table>	Nombre de personnes formées à la manipulation d'extincteurs	6	Nombre de nouveaux entrants formés		Nature des formations en hygiène et sécurité suivies par le personnel	Nombre de personnes	Pratiques de laboratoire et hygiène et sécurité pour le dépa	30				
Nombre de personnes formées à la manipulation d'extincteurs	6												
Nombre de nouveaux entrants formés													
Nature des formations en hygiène et sécurité suivies par le personnel	Nombre de personnes												
Pratiques de laboratoire et hygiène et sécurité pour le dépa	30												
Suivi médical des	<table border="1"> <tr> <td>Présence d'un médecin de prévention dans l'établissement</td> <td>☒</td> </tr> <tr> <td>Suivi médical adapté aux risques professionnels pour toutes les personnes</td> <td>☒</td> </tr> </table>	Présence d'un médecin de prévention dans l'établissement	☒	Suivi médical adapté aux risques professionnels pour toutes les personnes	☒								
Présence d'un médecin de prévention dans l'établissement	☒												
Suivi médical adapté aux risques professionnels pour toutes les personnes	☒												
Accidents du travail et maladies professionnelles	<table border="1"> <tr> <td>Nombre d'accidents au cours de l'année écoulée</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Nombre d'accidents analysés</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Nombre de maladie professionnelles</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nature des accidents et des maladies professionnelles</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">ure à un doigt avec une aiguille propre en voulant injecté de l'azote dans une bout</td> </tr> </table>	Nombre d'accidents au cours de l'année écoulée	1	Nombre d'accidents analysés	1	Nombre de maladie professionnelles		Nature des accidents et des maladies professionnelles		ure à un doigt avec une aiguille propre en voulant injecté de l'azote dans une bout			
Nombre d'accidents au cours de l'année écoulée	1												
Nombre d'accidents analysés	1												
Nombre de maladie professionnelles													
Nature des accidents et des maladies professionnelles													
ure à un doigt avec une aiguille propre en voulant injecté de l'azote dans une bout													
Gestion des déchets	<table border="1"> <tr> <td>Mise en place d'une gestion des déchets</td> <td>☒</td> </tr> <tr> <td>Stockage des déchets dans un local réservé</td> <td>☒</td> </tr> <tr> <td>Elimination selon une filière agréée</td> <td>☒</td> </tr> </table>	Mise en place d'une gestion des déchets	☒	Stockage des déchets dans un local réservé	☒	Elimination selon une filière agréée	☒						
Mise en place d'une gestion des déchets	☒												
Stockage des déchets dans un local réservé	☒												
Elimination selon une filière agréée	☒												
Signature du chef de service	Date de l'évaluation												

1. Inventaire des risques

Locaux	Dangers ou facteurs de risques identifiés	Description des risques modalités d'exposition aux dangers	Nombre de personnes exposées	Moyens de prévention existants : description	correct	à améliorer	à redéfinir ou à mettre en place	Appréciations générales sur la maîtrise des risques
103	Manipulation produits chimiques	Projections	5	protection gants, lunettes, blouses		×		La ventilation avait été inactivée par le service du patrimoine car le local est climatisé. La ventilation a été remise en route par nos soins.
103	Stockage produits chimiques, armoire non ventilée	Emanations produits volatils	5	protection gants, lunettes, blouses		×		Ce point est toujours en suspens. L'équipe va se doter d'une ventilation autonome avec filtre.
103	1 Bouteille d'azote comprimé	Chute bouteille	5	bouteille fixée au mur	×			
103	1 hotte flux laminaire horizontal	Risque chimique	5	protection gants, lunettes, blouses	×			
103	1PSM type II avec filtre charbon actif	Risque chimique	5	protection gants, lunettes, blouses	×			
104	Culture cellulaire	Risque biologique	5	protection gants, lunettes, blouses	×			
104	1 PSM type II	Risque biologique	5	protection gants, lunettes, blouses	×			
104	2 bouteilles CO2 dans un coin	Chute bouteilles	5	bouteille fixée au mur	×			
105	1 bouteille argon fixée au mur	Chute bouteilles		espace clôturé-portes qui se ferment				
77	Centrifugeuse	Projections	15	sécurité :ne démarre pas si le couvercle n'est pas fermé	×			

77	manipulation produits chimiques	Projections	15	protection gants, lunettes, blouses	×			
78bis	chambre anaérobie-pompe à vide		15		×			
78bis	2 bouteilles gaz comprimé N2 et Varigon	Chute bouteilles	15	bouteilles fixées au mur	×			
78	2 PSM2 dont 1 avec filtre charbon actif	Risque biologique et chimique	15	protection gants, lunettes, blouses	×			
78	manipulation bactéries	Risque biologique	15	Protection gants, lunettes, blouses	×			
78	Centrifugeuse	Projection	15	sécurité : ne démarre pas si le couvercle n'est pas fermé	×			
42c	1 bouteille N2 attachée	Chute bouteille	15	Bouteille attachée	×			
42c	microscope-laser	Risque laser	15	faisceau laser confiné	×			
42c	Centrifugeuse	Projection	15	sécurité : ne démarre pas si le couvercle n'est pas fermé	×			
42b	1 bouteille He comprimé fixée	Chute bouteille	15	Bouteille attachée	×			
42b	appareil GCMS		15		×			
42b	extracteur	Projection	15	en sécurité: pas de fonctionnement couvercle ouvert	×			
42b	armoire ventilée stockage produits chimiques	Emanations produits volatils	15	Armoire ventilée	×			

42a	armoire ventilée :CMR-Toxiques,inflammables,acides,bases	Emanations produits volatils	15	Armoire ventilée		x		
42a	2 autoclaves	Surpression	15	formation des utilisateurs par organisme agréé	x			
42a	stockage déchets chimiques anarchique	Manque de place	15			x		
40	ultracentrifugeuse	Projections	5	formation par le vendeur	x			
40	electrophorèse (Bromure d'Ethidium)	Risques chimiques (CMR)	15	protection gants, lunettes, blouses, surblouse			x	
40	UV	Rayonnement UV	15	port masque anti-UV	x			
34D	sorbone non vérifiée-prises avec disjoncteur par terre		2			x		
46	Tour Haute tension			accès par code-consignes-voyant lumineux lors du fonctionnement	x			
46	2 bouteilles gaz comprimé sur un chariot						x	
47	haute tension			consignes affichées				
48	bouteilles gaz comprimé	bouteilles gaz comprimé sans tête attachées avec une sangle sur une grille					x	
50	haute tension 300kV continu, 200VA-pièce grillagée			consignes affichées-signal lumineux				
52	Haute tension200kV-pièce grillagée	bouteilles gaz comprimé non attachée		consignes affichées-signal lumineux		*		

35	Micro-ondes	pièce isolée- pas de signal lumineux si la pièce est occupée				×		
36	Salle circuits imprimés	produits chimiques corrosifs	6	consignes: port gants, lunettes		×		
72	Haute tension 200kV-laser 3mW			consignes affichées	×			

2. Plan d'actions

évaluation des risques professionnels			Programme annuel d'actions de prévention		
Etablissement		Ecole Centrale de Lyon	Directeur	Guy Clerc	Année
Unité de travail (Unité, laboratoire, département, service, UFR, institut,...)			Date de présentation au CSHS, SHS ou au conseil d'unité, de laboratoire, département, service		
Locaux	Dangers ou facteurs de risques identifiés	Mesures de prévention Techniques, organisationnelles et humaines	Délais d'exécution	Estimation du coût	Personne chargée de la réalisation
103	pas de ventilation pour l'armoire de produits chimiques	Une ventilation autonome avec filtre a été commandée. Elle sera installée par nos services	fevrier 2014		
42a	manque d'espace de stockage	voir plus bas			
40	espace non ventilé pour l'utilisation du Bromure d'Ethidium (CMR)				
35	pas de signal de présence				
	Stockage déchets chimiques et biologiques	Mise à disposition impérative d'un espace de stockage extérieur au bâtiment H9 pour les déchets biologiques et les déchets chimiques	2014?		Carole Bernard
tous	ntilation mecanique indépandant pour locaux à pollution spécifique				
espace 105	dans un périmètre défini comme circulation suatrimoine pour un cloisonnement en "dur de la zone 105		2015	Cecillon Sebastien/ Carole Bernard/ Frederic Roberjot/ Direction ECL	
espace 54	et manipulation dans le hall (transmission d'ènesont prévenus. Un passage est dégagé. Il y a un vrai manque d'espace.				

B. Document unique UCBL – Bat Omega

1. Inventaire des risques

Description des risques	F	Caractéristique d'exposition	G	Moyens de prévention existants	Moyens de prévention inexistants ou dysfonctionnements	Correct	A améliorer	A redéfinir ou à mettre en place	M	NRR	Améliorations possibles
Brûlures	10	Manipulation de pièces chauffées	10	T : Gants et masque protection O : accès réglementé			X		0,1	10	Equipements de protection individuels adaptés à la manipulation – Signalisation, verrouillage de la porte du four par serrure
Brûlures	4	Transvasement Azote de la réserve à petit bac de test. Dépôt de matériaux sous test dans le petit bac	1	T : utilisation Gants et masque protection O : accès réglementé		X			0,01	0,04	

Inhalation produits nocifs – incendie	4	Exposition suite à une fuite d'un supercondensateur	10	T: hotte aspirante T : capteurs d'acétonitrile avec alarme dans les 2 salles attenantes et concernées O : accès restreint			X		0,1	4	
Incendie de batteries dans enceinte de test	4	Incendie	100	T : Capteur de température dans l'enceinte déclenchant la coupure de l'alimentation électrique O : accès restreint			X		0,1	40	Extincteur adapté dans la pièce
Contact direct avec les pièces mobiles des machines	1	Présence d'éléments en mouvements	10	O : accès restreint			X		0,01	0,1	Carénage pour protection des machines tournantes
Electrique	10	Contact possible avec parties métalliques sous tension	10	T : Voyants clignotants indicateur de tension O : accès restreint + Signalétique "Danger électrique"			X		0,1	10	

Inhalation produits nocifs – incendie	10	Exposition suite à une fuite d'un supercondensateur	10	T : limiteur de tension d'alimentation des supercondensateurs, capteur de température sur les supercondensateurs O : accès restreint			X		0,10	10	Extraction spécifique forcée vers l'extérieur
Brûlures	10	Manipulation de pièces chauffées	10	T : gants O : accès réglementé			X		0,1	10	Equipements de protection individuels adaptés à la manipulation – Signalisation, verrouillage de la porte du four

2. Plan d'actions

Lieu de travail	Dangers communs ou équipement ou matériel ou produit	Risques associés	Description des risques	NRR	Actions de prévention Technique, Organisationnel, Humain	Action transmise au niveau supérieur	Personne chargée de la réalisation	Coût	Délai	Soldée le
Laboratoire matériaux magnétiques	Matériaux à haute température	Brûlures	Brûlures	10	Installation d'un système de Signalisation et/ou de verrouillage de porte de four	OUI	Y. Zitouni			
Laboratoire matériaux magnétiques	Azote liquide	Brûlures	Brûlures	0,04	Affichage : obligation de porter des équipements de protection individuels adaptés à la manipulation					
Laboratoire de vieillissement de composants Électronique de puissance	Supercondensateurs en test	Risques chimiques (fuite acétonitrile)	Inhalation produits nocifs – incendie	4	Capteurs de détection de fuite d'acétonitrile et Affichage procédure/autorisation accès salle					
Laboratoire de vieillissement de composants Électronique de puissance	Test de batteries lithium-Ion	Incendie	Incendie de batteries dans enceinte de test	40	Extincteur adapté dans la pièce					

Laboratoire Gestion Energie	Utilisation de machines tournantes	Risque mécanique	Contact direct avec les pièces mobiles des machines	0,1	Réalisation d'un carénage pour protection des machines tournantes	OUI	Y. Zitouni			
Laboratoire Gestion Energie	Développement/test convertisseur électronique de puissance	Risque électrique	Electrique	10	Voyants indicateur de tension et affichage "Danger électrique"					
Laboratoire Gestion Energie	Développement/test convertisseur électronique de puissance	Risques chimiques (fuite acétonitrile)	Inhalation produits nocifs – incendie	10	installation d'une extraction spécifique forcée vers l'extérieur	OUI	D. Bergogne/ Y. Zitouni			
Laboratoire Gestion Energie	Développement/test convertisseur électronique de puissance	Brûlures	Brûlures	10	Installation d'un système de Signalisation et/ou de verrouillage de porte de four	OUI	D. Bergogne/ Y. Zitouni			

C. Document unique INSA- Bat Léonard de Vinci

1. Fiche d'identification et évaluation des Risques

Lieu de travail	Dangers communs ou équipement ou matériel ou produit	Risques associés	Description des risques	F	Caractéristique d'exposition	G	Moyens de prévention existants	Moyens de prévention inexistantes ou dysfonctionnements	Correct	A améliorer A redéfinir ou à mettre en place	M	NRR	Améliorations possibles
3,11	Test de composants SiC en commutation	Electricité	300V (1000V ponctuellement) 2A à 8A	4	Peu fréquente	100	Bouton d'arrêt d'urgence	Capot en plastique pour couvrir toute la paillasse		X	0,10	40	Capot en plastique pour couvrir toute la paillasse
3,11	Stress électrique de composants SiC	Electricité	500V 5A	4	fréquente en ce moment	100	Fusibles	Arrêt au niveau des alimentations		X	0,10	40	Bouton d'arrêt d'urgence à connecter
Salle Mont-Blanc	Salle-chimie avec caisson salle blanche	Risques chimiques	Solvants, acides, bases	7	Fréquente	10	Sorbonne bien dégagée, détection d'oxygène, équipements de protection individuels, salle - relativement propre, stockage de produits chimiques ventilé...	Travailler sur l'isolement des personnels: mettre en place un moyen de savoir s'il y a ou pas quelqu'un en salle. CLIMATISATION, absence de détection incendie et d'alarme incendie		x	0,10	7	travailler sur l'isolement des personnels: mettre en place un moyen de savoir s'il y a ou pas quelqu'un en salle. CLIMATISATION, détection incendie et d'alarme incendie

Salle Mont-Blanc	Salle-chimie avec caisson salle blanche	Ambiances	Asphyxie, Brulures	7	Fréquente	10	Sorbonne bien dégagée, détection d'oxygène, équipements de protection individuels, salle - relativement-propre, stockage de produits chimiques ventilé...	travailler sur l'isolement des personnels: mettre en place un moyen de savoir s'il y a ou pas quelqu'un en salle. CLIMATISATION, absence de détection incendie et d'alarme incendie		x		0,10	7	travailler sur l'isolement des personnels: mettre en place un moyen de savoir s'il y a ou pas quelqu'un en salle. CLIMATISATION, détection incendie et d'alarme incendie
401316X	Salle des fours	Electricité	Chocs électriques, fours 800°C, 450°C, 300°C	10	Très fréquente	100	Signalisation	Mise en place d'un système de coupure du courant électrique lors de l'ouverture des portes		x		0,10	100	Mise en place d'un système de coupure du courant électrique lors de l'ouverture des portes
401316X	Salle des fours	Ambiances	Brulures, fours 800°C, 450°C, 300°C	10	Très fréquente	10	Gants, Signalisation		x			0,01	1	
401316X	Salle des fours	Ambiances	Mauvaises odeurs, azote liquide	10		10		Mise en place d'une ventilation de la salle, détecteur d'oxygène			x	1,00	100	Mise en place d'une ventilation de la salle, détecteur d'oxygène

401319X	Salle PCB	Risques chimiques	Solvants, acides, bases	7	Fréquente	10	Sorbonne bien dégagée, équipements de protection individuels, salle - relativement-propre,	stockage de produits chimiques ventilé..., produits absorbants chimiques		x		0,10	7	Acheter : - Armoire ventilée pour stockage de produits chimiques, - produits absorbants chimiques
3.14	Atelier mécanique	Equipements de travail et matériels de laboratoire	Utilisation de machines coupantes mécanisées, Travail à proximité d'éléments coupants, Présence d'éléments en mouvements, Projection d'éclats métalliques, Utilisation de matériels coupants	7	Fréquente	10	gants et lunettes	Capot protecteur, distance de sécurité		x		0,10	7	Faire fabriquer un capot protecteur, mettre en place une distance de sécurité
3.10	Caractérisation OBIC des composants SiC	Electricité	1100 V	7	Fréquente	100	Contrôle à partir d'un PC, Le travail isolé n'est en aucun cas autorisé : une deuxième personne doit en cas d'accident pouvoir prêter secours.	Interrupteur sécurité - coup de poing	x			0,01	7	Interrupteur sécurité - installer le coup de poing prévu

3.10	Caractérisation OBIC des composants SiC	Laser	Exposition de l'œil à un faisceau provenant d'un laser de classe supérieure à 3A	7	Fréquente	100	Lunettes de protection, mises à disposition dans la salle. Il est interdit de pénétrer dans cette pièce lors du fonctionnement du laser, sans être accompagné des personnes habilitées à manipuler ce laser. La porte de la salle doit rester fermée lors du fonctionnement du laser, en absence de l'expérimentateur.	Interrupteur sécurité - coup de poing, voyant lumineux pour indiquer à l'extérieur que le laser est en route	X			0,01	7	Interrupteur sécurité - installer le coup de poing prévu, Acheter une paire supplémentaire de lunettes de protection UV, installer voyant lumineux pour indiquer à l'extérieur que le laser est en route
3.12	BANCS DE CARACTÉRISATION SOUS POINTES	Electricité	1100 à 12500 V	7	Fréquente	100	Contrôle à partir d'un PC, Le travail isolé n'est en aucun cas autorisé : une deuxième personne doit en cas d'accident pouvoir prêter secours, voyants lumineux si tests en cours	Interrupteur sécurité - coup de poing	x			0,01	7	Interrupteur sécurité - installer le coup de poing prévu
3.06	Banc « Moteur synchrone à aimants permanents »	Electricité	Fils dénudés	4	Peu fréquente	10	Commande à partir d'un PC			x		0,10	4	

3.06	Banc « Moteur synchrone à aimants permanents »	Equipements de travail	Présence d'éléments en mouvements	4	Peu fréquente	10	Commande à partir d'un PC			X		0,10	4	
Paillasse (zone manip)	Commutation de composants bipolaires en SiC	Electricité	200V, 3A et jusqu'à 260°C	1	Ponctuelle	100		Cage de protection, distance de sécurité			x	1,00	100	Cage de protection
3,11	Caractérisation électrique statique de composants en température	Electricité	1000 V, 10A jusqu'à 225°C	4	Peu fréquente	100	Arrêt coup de poing	Cage de protection		x		0,10	40	Cage de protection
3,11	Test de circuits électriques	Electricité	possibilité de tension jusqu'à 540V	4	Peu fréquente	100				x		0,10	40	Accès contrôlé à la salle
3,11	Test de circuits intégrés sous température ambiante élevée	Ambiances	Présence d'air chaud (300°C) et froid (-80°C)	4	Peu fréquente	10	Bouton d'arrêt d'urgence pour la puissance				x	1,00	40	Isolation thermique maximum et périmètre de sécurité autour du dispositif sous test
Paillasse (zone manip)	Test de la protection au démarrage de bras d'onduleur JFET	Electricité	Présence tension > 540V	1	Ponctuelle	100		Capot protecteur, distance de sécurité			x	1,00	100	Capot protecteur, distance de sécurité
Paillasse (zone manip)	Test de la protection au démarrage de bras d'onduleur JFET	Equipements sous pression	Explosion des composants	1	Ponctuelle	100		Capot protecteur, distance de sécurité			x	1,00	100	Capot protecteur, distance de sécurité

2. Plan d'actions

Lieu de travail	Dangers communs ou équipement ou matériel ou produit	Risques associés	Description des risques	NRR	Actions de prévention Technique, Organisationnel, Humain	Action transmise au niveau supérieur	Personne chargée de la réalisation	Coût	Délai	Soldée le
3.15	Atelier mécanique	Equipements de travail et matériels de laboratoire	Utilisation de machines coupantes mécanisées, Travail à proximité d'éléments coupants, Présence d'éléments en mouvements, Projection d'éclats métalliques, Utilisation de matériels coupants	7	Faire fabriquer un capot protecteur, mettre en place une distance de sécurité	oui	Abderrahime Zaoui			
401319X	Salle PCB	Risques chimiques	Solvants, acides, bases	7	Acheter : - Armoire ventilée pour stockage de produits chimiques, - produits absorbants chimiques	oui	Abderrahime Zaoui			
3,11	Test de composants SiC en commutation	Electricité	300V (1000V ponctuellement) 2A à 8A	40	Capot en plastique pour couvrir toute la paillasse	oui	Pierre Brosselard			
401316X	Salle des fours	Electricité	Chocs électriques, fours 800°C, 450°C, 300°C	100	Mise en place d'un système de coupure du courant électrique lors de l'ouverture des portes	oui	Abderrahime Zaoui			
401316X	Salle des fours	Ambiances	mauvaises odeurs	100	Mise en place d'une ventilation de la sale, Détecteur d'oxygène	oui	Cyril Buttay et Christophe Abderrahime Zaoui			
3.12	BANCS DE CARACTÉRISATION SOUS POINTES	Electricité	1100 à 12500 V	7	Interrupteur sécurité - installer le coup de poing prévu	oui	Pierre Brosselard			

Salle Mont-Blanc	Salle-chimie avec caisson salle blanche	Risques chimiques	Solvants, acides, bases	7	travailler sur l'isolement des personnels: mettre en place un moyen de savoir s'il y a ou pas quelqu'un en salle. CLIMATISATION, détection incendie et d'alarme incendie	oui	Cyril Buttay + Abderrahime Zaoui			
3.10	Caractérisation OBIC des composants SiC	Electricité	1100 V	7	Interrupteur sécurité - installer le coup de poing prévu, acheter une paire supplémentaire de lunettes de protection UV, installer voyant lumineux pour indiquer à l'extérieur que le laser est en route	oui	Pierre Brosselard et Christophe Ducat			
Paillasse (zone manip)	Commutation de composants bipolaires en SiC	Electricité	200V, 3A et jusqu'à 260°C	100	Cage de protection	oui	Dominique Tournier			
3,11	Caractérisation électrique statique de composants en température	Electricité	1000 V, 10A jusqu'à 225°C	40	Cage de protection	oui	Pierre Brosselard			

D. Document unique INSA – Plateforme Fluid-Power

1. Fiche d'identification et évaluation des Risques

Lieu de travail	Dangers communs ou équipement ou matériel ou produit	Risques associés	Description des risques	F	Caractéristique d'exposition	G	Moyens de prévention existants	Moyens de prévention inexistants ou dysfonctionnements	Correct	A améliorer A redéfinir ou à mettre en place	M	NRR	Améliorations possibles
Centre d'essais Fluid-Power Sous-sol Coulomb	Interface Haptique	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles.		x		0,01	0,1	
	Pico-Satellite	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles (très faible débit)		x		0,01	0,1	
	BirthSim	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles		x		0,01	0,1	
	Vérin hydraulique	Equipements sous pression	Circuiteries d'huile à 210 bars	1	Ponctuelle	10	accès limité + Arrêt d'urgence		x		0,01	0,1	
	Vérin hydraulique	Equipements de travail	Pièces mobiles. Risques de chocs ou coincements.	1	Ponctuelle	10	Protection par capotage si ouverture = Arrêt d'urgence		x		0,01	0,1	
	Vérin hydraulique	Equipements de travail	Contact avec huile chaude si ouverture circuit	1	Ponctuelle	10	accès limité + Arrêt d'urgence		x		0,01	0,1	

	Vérin hydraulique	Ambiances	Bruit centrale hydraulique	1	Ponctuelle	1	Centrale dans local fermé		x			0,01	0,01	
	Asco	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles		x			0,01	0,1	
	Asco	Ambiances	Bruit jet d'air	1	Ponctuelle	1	Utilisation de casques pour le manipulateur et toutes les personnes présentes dans la salle		x			0,01	0,01	
	Caractérisation en débit	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des raccords et flexibles		x			0,01	0,1	
	Vérin linéaire	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	
	Vérin linéaire	Equipements de travail	Pièces mobiles. Risques de chocs ou coincements.	1	Ponctuelle	10	Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	Capotage
	ELEXC	Ambiances	Bruit centrale hydraulique	1	Ponctuelle	1	Utilisation de casques pour le manipulateur et toutes les personnes présentes dans la salle		x			0,01	0,01	Création d'un local isolé
	ELEXC	Equipements de travail	Contact avec huile chaude si ouverture circuit	1	Ponctuelle	10	Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	
	ELEXC	Equipements de travail	Pièces mobiles. Risques de chocs ou coincements.	1	Ponctuelle	10	Protection par capotage si ouverture = Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	

	CNES	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	
	CNES	Equipements de travail	Pièces mobiles. Risques de chocs ou coincements.	1	Ponctuelle	10	Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	Capotage
	CNES	Electricité	Variateur haute tension	1	Ponctuelle	10	Arrêt d'urgence		x			0,01	0,1	Capotage
	Volvo	Equipements sous pression	Circuiteries d'air comprimé à 7 bars	1	Ponctuelle	10	Fixation mécanique des flexibles		x			0,01	0,1	

2. Plan d'actions

Pas d'action programmée

E. L'hygiène et la sécurité au Laboratoire Ampère

1. Structure de l'Hygiène et de la Sécurité au laboratoire AMPERE

Chaque site (ECL, INSA et UCBL) a son correspondant agent de prévention qui travaille et essaie de résoudre les éventuels problèmes en contact direct avec le responsable de site. Ils exercent notamment un travail de sensibilisation et d'information conduisant à l'analyse des risques et la mise en place des règles de sécurité. Un agent de prévention pour l'ensemble du laboratoire est chargé de coordonner et diriger cette activité avec le directeur de l'unité.

Assistant de prévention	Correspondants de prévention	
Mihai Lazar	ECL	Sébastien Cecillon
	UCBL	Younes Zitouni
	INSA St Exupery	Jacques Joly

Au niveau de chaque site, les agents de prévention s'appuient également sur les chargés hygiène et sécurité de chaque établissement d'accueil ainsi que sur l'ingénieur régional de prévention et de sécurité du CNRS.

Un service d'infirmerie avec un médecin de travail existe sur chaque site ainsi qu'à la délégation régionale CNRS où le personnel du laboratoire a accès.

Le laboratoire ne dispose pas d'un comité hygiène et sécurité, en revanche l'agent de prévention coordinateur est invité régulièrement au Conseil de Laboratoire. Un temps de parole lui est réservé en début de séance.

2. Gestion des risques

a. **Inventaire du parc**

Chaque installation expérimentale présente un risque plus ou moins élevé pour les différentes personnes qui l'utilise (permanent ou non-permanent). Son niveau de risque dépend essentiellement des mises en sécurité qui ont été réalisées, mais également et surtout, quand ces dernières s'avèrent coûteuses et difficiles à mettre en conformité, d'une manière complémentaire une description détaillée doit être affichée et présentée à tout utilisateur potentiel. Afin d'éviter tout risque, le fonctionnement et les règles de prévention sont assimilées avec des formations spécifiques pour les utilisateurs.

Dans cet esprit un inventaire des installations est réalisé périodiquement sur les sites du laboratoire. Le matériel affecté est recensé ainsi que le ou les responsables de chaque installation.

La périodicité de l'inventaire est nécessaire puisque nous assistons à une évolution permanente des parcs. De plus toute création de nouvelle installation se fait d'après les règles décrites ci-dessous.

b. **Dispositions mises en œuvre pour la prévention des risques**

Tout responsable d'une installation est chargé de veiller au bon fonctionnement de celle-ci et de la prévention des risques éventuels. Dans ses tâches, il s'appuie sur les agents de prévention ainsi que les responsables des sites, des départements et des groupes.

Pour chaque installation une fiche signalétique est mise en place. Cette fiche est rédigée et actualisée par les responsables de l'installation en s'appuyant sur l'un des agents de prévention. Elle résume les différents risques: électriques, chimiques, biologiques, mécanique, rayonnement ou autres, spécifiques à chaque installation. Les consignes d'utilisation sont mentionnées ainsi que celles de prévention et de protection. Les personnes à contacter en cas d'urgence sur chaque site sont signalées ainsi que les consignes pour appeler les secours en cas de besoin.

Une fois répertoriés les risques que l'installation comporte, ces données sont insérées dans le Document Unique d'Hygiène et Sécurité du laboratoire. Ce document de synthèse est actualisé au fur et à mesure de la réception des différentes données. C'est un outil de travail qui permet par une mise à jour régulière d'évaluer et mesurer les risques en les classant par degré de gravité.

En prenant en compte également les moyens de prévention existants ou à mettre en place l'effort humain et matériel a une direction de focalisation mieux déterminée.

Notons qu'une ligne budgétaire spécifique est consacrée à l'Hygiène et Sécurité dans notre unité.

c. **Actions spécifiques**

Afin d'assurer un travail dans des bonnes conditions de sécurité, un effort substantiel est également porté sur la formation du personnel et sur sa sensibilisation aux risques spécifiques.

Risques électriques

Concernant les personnels permanents, nous nous efforçons à ce que tous disposent d'une habilitation électrique. Plusieurs sessions de formation sont réalisées sur les différents sites. Ces formations s'étendant sur plusieurs journées avec des cours théoriques et pratiques assurées en général par la société CAMIRA.

Risques chimiques

Les achats et la gestion de produits chimiques et de gaz sont groupés par site. Les achats des produits chimiques se font par l'intermédiaire d'un service spécifique de l'établissement et pour ceux de gaz ils se font avec une société avec laquelle les établissements ont établi un contrat cadre.

Le personnel concerné est formé sur l'utilisation des produits chimiques, leur stockage, et élimination des déchets. Une collecte des déchets chimiques est mise en place par les établissements avec une périodicité de 2 mois. Des bacs avec un étiquetage spécifique, avec des couleurs différentes pour les acides, bases ou solvants, ont été définis afin d'éviter le mélange des produits chimiques qui représente la cause la plus fréquente des accidents.

Une restriction pour l'accès à ces locaux spécifiques, où les travaux de chimie sont réalisés, a été également mise en place afin qu'ils ne soient utilisés que par le personnel formé.

Des séances de formation pour les nouveaux entrants sont réalisées tous les ans conjointement avec le laboratoire INL – UMR 5270.

Risques biologiques :

Cette activité est présente essentiellement sur le site de L'ECL.

Une sensibilisation aux risques biologiques a été faite auprès du personnel : signalisation particulière, exposés pour les expérimentateurs concernant les risques spécifiques. Un livret de consignes pour les nouveaux entrants a été réalisé.

La collecte des déchets biologiques a été mise en place en plus de celle des déchets chimiques organisée par l'Ecole Centrale.

Concernant le site ECL à la demande de notre laboratoire un audit a été réalisé en septembre 2012 par Ingénieur de prévention et de sécurité CNRS, Mme Patricia LANDAIS. Un rapport avec des consignes nous a été transmis suite à cette visite et servit de base à des actions correctives.

Annexe 9 : Liste des personnels

Laboratoire Ampère

UMR CNRS 5005

**Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications**

Annexe 9

**Liste des personnels présents au 30/06/2014 et qui seront toujours
présents au 01/01/2016**



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

A. Liste des personnels

ENSEIGNANTS-CHERCHEURS		
AKA	N'gnui Thomas	
ALLARD	Bruno	
AUGE	Jean-Louis	
BAKO	Laurent	
BEROUAL	Abderrahmane	
BIDEAUX	Eric	
BLANCO	Eric	
BOUTLEUX	Emmanuel	
BREARD	Arnaud	
BREVET	Olivier	
BROSSELDARD	Pierre	
BRUN	Xavier	
BURAS	Noël	
BURET	François	
CLERC	Guy	
DI LORETO	Michaël	
DUMITRESCU	Emil	
EBERARD	Damien	
FRENEA-ROBIN	Marie	

GAUTHIER	Jean-Yves	
HADDOUR	Naoufel	
HIJAZI	Alaa	
HUILLERY	Julien	
JOUBERT	Charles	
KORNIENKO	Anton	
LELEVE	Arnaud	
LIN SHI	Xuefang	
MARQUIS-FAVRE	Wilfrid	
MARTIN	Christian	
MASSIONI	Paolo	
MOREAU	Richard	
MOREL	Florent	
MOREL	Laurent	
NIEL	Eric	
ONDEL	Olivier	
PHAM	Minh Tu	
PHUNG	Luong Việt	
PIETRAC	Laurent	
PLANSON	Dominique	
RAULET	Marie-Ange	

RAYNAUD	Christophe	
RAZIK	Hubert	
REDARCE	Tanneguy	
SARI	Ali	
SCORLETTI	Gérard	
SIAUVE	Nicolas	
SIMON	Jean-Pierre	
SIXDENIER	Fabien	
SMAOUI	Mohamed	
TOURNIER	Dominique	
TREGOUET	Jean-François	
VENET	Pascal	
VOGEL	Timothy	
VOLLAIRE	Christian	
VOYER	Damien	
YAHOU	Hamed	

CHERCHEURS		
BUTTAY	Cyril	
KRAHENBUHL	Laurent	
LAFAY	Bénédicte	
LAROSE	Catherine	
LAZAR	Mihai	
MOREL	Hervé	
NAVARRO	Elisabeth	
NICOLAS	Laurent	
SCORRETTI	Riccardo	
SIMONET	Pascal	
SOUEIDAN	Maher	

INGENIEURS, TECHNICIENS, PERSONNELS ADMINISTRATIFS		
BARTHOLET	Richard	
BEVILACQUA	Pascal	
BUTTET	Edwige	
CECILLON	Sébastien	
DECOUX	Anne-Cécile	
DEMANECHE	Sandrine	
FABREGUE	Olivier	
FRANQUEVILLE	Laure	
GALBOUD	Gilles	
GONIN	Jacques	
JOLY	Jacques	
KETTAM	Abdelilah	
MERCIER	Marie-Guy	
SANTINI	Michelle	
SESMAT	Sylvie	
VALLET	Sandrine	
ZAOUI	Abderrahime	
ZITOUNI	Younes	

B. Flux entrées sorties des personnels permanents

	NOM	PRENOM	TYPE DE PERSONNEL	GRADE	DATE D'ARRIVEE	DATE DE DEPART	MOTIF DE DEPART
2010	LIGOT	Dominique	enseignant-chercheur	MC		01/01/2010	Fin d'accueil
	MARTELET	Claude	enseignant-chercheur	PEM		01/01/2010	Départ à la retraite
	SASSI	Zina	enseignant-chercheur	MC		01/01/2010	Fin d'accueil
	THOMAS	Gérard	enseignant-chercheur	PEM		07/01/2010	Départ à la retraite
	LAROSE	Catherine	chercheur	CR2	06/04/2010		
	LIBAUDE	Guillaume	ingénieur	AI		30/04/2010	Mobilité fonctionnaire
	HUILLERY	Julien	enseignant-chercheur	MC	01/09/2010		
	SARI	Ali	enseignant-chercheur	MC	01/09/2010		
	KETTAM	Abdelilah	technicien/administratif	AJT	01/10/2010		
	ONDEL	Olivier	enseignant-chercheur	MC	01/10/2010		
	PREBET	Daniel	ingénieur	IE		15/10/2010	Départ à la retraite
	PERRUSSEL	Ronan	chercheur	CR2		31/12/2010	Mobilité fonctionnaire
2011	LELEVE	Arnaud	enseignant-chercheur	MC	17/01/2011		
	JOLY	Jacques	ingénieur de recherche	IR1	01/05/2011		
	AUGE	Jean-Louis	enseignant-chercheur	MC	01/09/2011		
	HIJAZI	Alaa	enseignant-chercheur	MC	01/09/2011		
	PHUNG	Luong Viêt	enseignant-chercheur	MC	01/09/2011		
	NICOLAS	Alain	enseignant-chercheur	PU		01/10/2011	Départ à la retraite
	RETIF	Jean-Marie	enseignant-chercheur	PEM		01/10/2011	Départ à la retraite
	BREARD	Arnaud	enseignant-chercheur	MC	01/12/2011		
	CHABERT	Josiane	technicien/administratif	TCS		31/12/2011	Départ à la retraite
2012	GAUTHIER	Jean-Yves	enseignant-chercheur	MC	01/02/2012		
	BUTTET	Edwige	technicien/administratif	TCN	01/03/2012		
	LACROIX	Monique	ingénieur de recherche	IR1		09/04/2012	Départ à la retraite
	CHAPELON	Aude	technicien/administratif	TCS		30/04/2012	Mobilité fonctionnaire
	KORNIEN	Anton	enseignant-	MC	01/09/2012		

	KO		chercheur				
	MASSIONI	Paolo	enseignant-chercheur	MC	01/09/2012		
	AURIOL	Philippe	enseignant-chercheur	PEM		31/12/2012	Fin d'éméritat
	ROJAT	Gérard	enseignant-chercheur	PEM		31/12/2012	Fin d'éméritat
2013	ELBOUKH RISSI	Fatima	technicien/admin istratif	AJT		01/03/2013	Fin d'accueil
	BAKO	Laurent	enseignant-chercheur	MC	01/09/2013		
	TREGOUE T	Jean- François	enseignant-chercheur	MC	01/10/2013		
	DUCAT	Christoph e	technicien/admin istratif	TCN		17/10/2013	Fin d'accueil
	DECOUX	Anne- cécile	ingénieur	IE2	01/12/2013		
2014	RIBOT	Sylvia	ingénieur	AI		01/04/2014	Détachement
	BESSIERE	Christian	ingénieur	IE1C		11/04/2014	Départ à la retraite
	BERGOGN E	Dominiqu e	enseignant-chercheur	MC		07/05/2014	Détachement
				Nb Départs	18		
				Nb Arrivées		19	
				Solde		-1	

**Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications**



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



Département Bio-ingénierie

Fiche Bio 1 : Décryptage du microbiote tellurique pour le développement de la Bio-ingénierie.

Timothy M. Vogel, Richard Barthollet, Sébastien Cécillon, Laure Franqueville, Catherine Larose, Elisabeth Navarro, Pascal Simonet.

1. Résumé

Le développement des approches de bio-ingénierie (traitement de bio-remédiation des sols par exemple) passe nécessairement par un décryptage de la diversité taxonomique et fonctionnelle du microbiote tellurique, par une compréhension de son potentiel adaptatif et évolutif en fonction des changements naturels ou causés par l'homme de ces milieux. Pour relever ces défis le groupe GME s'est investi dans le développement d'approches microbiologiques novatrices basées sur la génomique, incluant la métagénomique et deux approches qui lui sont complémentaires, la *single cell genomics* et la capture de gènes par transformation et recombinaison (Genefish).

Mots clés (4 ou 5) :

Diversité taxonomique, Diversité fonctionnelle, Métagénomique, Bactéries, Sol

2. Introduction contexte

Le sol se caractérise par un niveau de diversité biologique extrêmement élevé avec notamment une très importante implication taxonomique et fonctionnelle de la fraction bactérienne et des Archaea. L'étude de la composante microbienne des sols a cependant été longtemps compromise par l'incapacité d'une très forte proportion des bactéries telluriques (plus de 99%) à former des colonies *in vitro* sur des milieux de culture. C'est avec le développement de l'approche métagénomique à la fin du siècle dernier que des avancées significatives ont commencé à être réalisées. Cette approche est basée sur l'extraction de l'ADN bactérien à partir de l'environnement sans recours à la culture *in vitro* et son exploitation par des approches de biologie moléculaire y compris le séquençage de dernière génération. Conscient de l'ampleur de la tâche que constituait le décryptage des génomes des millions d'espèces bactériennes colonisant un seul gramme de sol, le groupe GME a été l'instigateur du projet international « Terragenome » visant à fédérer les recherches en génomique microbienne sur le sol. Dès 2009 l'équipe a lancé la première étude internationale de grande ampleur sur un sol de référence localisé à Rothamsted au Royaume-Uni. Conscient également que l'approche métagénomique seule ne pourra répondre à l'objectif d'exhaustivité de l'analyse du microbiote tellurique, l'équipe GME s'implique dans la mise au point de deux approches complémentaires. La première est basée sur la récupération et le traitement analytique de cellules bactériennes individualisées (*single cell genomics*) par un recours aux propriétés magnétiques des nanoparticules. La seconde fait appel aux propriétés

de recombinaison d'une souche bactérienne spécifiquement « ingénierée » génétiquement pour capturer des gènes d'intérêt en conditions *in situ*.

3. Description de l'activité

a. **Métagénomique du sol**

Les travaux financés dans le cadre d'un projet ANR (Metasoil) ont ciblé le sol de référence de la parcelle « Park Grass » à Rothamsted au Royaume Uni. Ils ont permis de mettre en évidence la difficulté que représente l'application d'une approche métagénomique sur l'environnement « sol » du fait de très importants biais liés à l'extraction de l'ADN bactérien. Ce projet a toutefois permis de décrire une partie importante de la diversité taxonomique et fonctionnelle présente dans ce sol après plusieurs « runs » de séquençage 454 de l'ADN bactérien extrait. Ce même ADN a été utilisé pour construire une banque d'ADN métagénomique de 2 millions de clones contenant chacun un insert de 40kb. Le projet « Metasoil » doit être considéré comme une étape fondatrice pour une exploration en profondeur de la diversité bactérienne du sol et de son potentiel adaptatif, tant pour les innovations techniques utilisées ultérieurement sur d'autres environnements (autres sols, neige, peau humaine, etc.) que pour aborder l'impact de différents facteurs biotiques et abiotiques sur la structure taxonomique et fonctionnelle de la communauté bactérienne. Le sol de Rothamsted est notamment utilisé pour étudier l'impact de polluants métalliques (nickel, projet ANR CES « Aptitude ») et organiques (projet AAP INRA « Demichlord »), d'antibiotiques (projet ADEME « Générique » et ANSES « Impactance »), de plantes OGM (projet ANR « ImaGMO »), pour rechercher de nouvelles enzymes d'intérêt industriel (projet FP7 « Metaexplore ») ou pour approfondir les connaissances fondamentales concernant la nitrification (projet Marie Curie « NORA »), l'adaptation à la sécheresse (projet ANR VMCS « SolAO ») ou le transfert horizontal de gènes (electro-transformation naturelle).

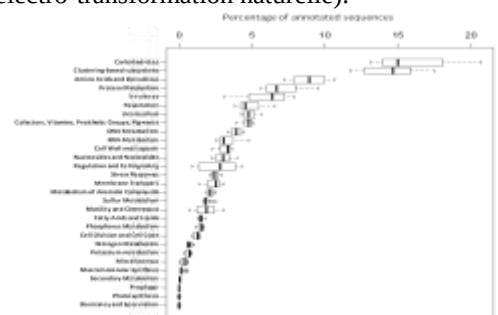


Fig.1. Description fonctionnelle du métagénome du sol de Rothamsted

b. **Génomique bactérienne sur cellules isolées**

L'inventaire taxonomique et fonctionnel du microbiote du sol, le décryptage de son potentiel adaptatif et évolutif, des relations complexes entre les différentes populations nécessitent le recours à des technologies complémentaires à celles de l'isolement *in vitro* et de la métagénomique. C'est ainsi le cas de l'approche génomique (obtention de la séquence complète du génome) appliquée sur des cellules individuelles directement extraites de

l'environnement. La collaboration pluri- et inter-disciplinaire mise en place dans le cadre du projet ANR « Emergent » vise à développer une approche innovante basée sur l'utilisation des propriétés magnétiques de certaines nano-particules. Les performances de la technique, combinant la spécificité de l'hybridation de l'ADN à la sensibilité octroyée par l'appariement de sondes marquées par des nanoparticules sur les cibles ADN ou ARN des cellules et le tri de celles-ci en systèmes microfluidiques intégrant des microaimants, apparaissent supérieures à celles des approches alternatives de cytométrie en flux basées sur la fluorescence. La mise au point définitive de cette technologie est en cours pour une application aux populations rares des sols en commençant par le groupe des Acidobactéries, important tant quantitativement que fonctionnellement.

c. **Capture de gènes. Méthode « Genefish »**

Une troisième approche développée par le groupe GME dans le cadre de ses travaux pour décrypter et exploiter les ressources génétiques du microbiote tellurique consiste à utiliser les possibilités développées à Ampère d'électro-transformation des bactéries *in situ* (sols) pour l'intégration par recombinaison dans une souche bactérienne spécifiquement construite génétiquement de gènes d'intérêt fondamental ou appliqué provenant du microbiote. Une telle approche s'apparentant au champ de la biologie synthétique nécessite un très important développement technologique pour en faire un véritable outil de l'ingénierie écologique. Le principe consiste à cloner dans la souche *E. coli* réceptrice 2 fragments d'ADN sur lesquels sera initiée la recombinaison qui permettra le remplacement du segment d'ADN initial contenant 2 gènes létaux inductibles par le gène du microbiote. Les développements ont successivement consisté à sélectionner, cloner et permettre répression et induction des gènes létaux, définir les meilleurs systèmes pour la recombinaison à partir des mécanismes décrits dans la littérature avant de créer la construction complète avec les segments d'ADN prévus pour l'amorçage de la recombinaison. Le projet en est dans sa phase finale de développement visant à comparer l'efficacité d'une telle construction sur différents types de plasmides ou sur le chromosome avant sa validation en conditions de plus en plus proches de celles recherchées, c'est-à-dire l'électro-transformation dans le sol afin de piéger des gènes de bactéries non cultivables, rares, inaccessibles par les différentes approches traditionnelles en particulier des gènes codant des enzymes d'intérêt industriel y compris pour la remédiation de sols pollués.

4. Positionnement, collaborations et partenariats

Groupe leader en métagénomique du sol, internationalement reconnu et coordinateur du consortium international « Terragenome ». Collaboration intra-département sur le développement de la génomique bactérienne sur

cellules isolées par marquage de l'ADN avec des nano-particules magnétiques et l'électro-transformation *in situ*. Nombreuses collaborations nationales dans le cadre de projets ANR (laboratoires CNRS, INRA et groupes industriels couvrant un large champ de disciplines) et internationales (projets européens FP7 et Marie Curie).

5. Faits marquants

- Développement et coordination initiale du programme « Terragenome ».
- Construction et screening de la plus importante banque d'ADN métagénomique de sol (2 M de clones).
- Développement d'une approche innovante de capture de cellules bactériennes individualisées par attraction magnétique sur micro-aimants après hybridation à l'aide de sondes marquées par des nanoparticules magnétiques.
- Exploitation fondamentale et appliquée des données de séquences d'ADN bactérien de sol extrait par une approche métagénomique.
- Transfert pour application des concepts et technologies développées sur le sol à d'autres environnements (neige et glace, peau humaine).

6. Références

- [1] Vogel TM, Simonet P, Jansson J, Hirsch PR, Tiedje JM, Van Elsas JD, Bailey MJ, Nalin R and Philippot L. 2009. TerraGenome: a consortium for the sequencing of a soil metagenome. *Nat. Rev. Microbiol.* 7: 252.
- [2] Delmont TO, Prestat E, Keegan KP, Faubladier M, Robe P, Clark IM, Pelletier E, Hirsch PR, Meyer F, Gilbert JA, Le Paslier D, Simonet P and Vogel TM. 2012. Structure, fluctuation and magnitude of a natural grassland soil metagenome. *The ISME J* 6: 1677-1687
- [3] Mathieu A, Delmont TO, Vogel TM, Robe P, Nalin R and Simonet P. 2013. Life on human surfaces: skin metagenomics. *PLoS ONE* 8(6): e65288. doi:10.1371/journal.pone.0065288.
- [4] Larose, C., Cecillon, S., Prestat, E., Malandain, C., Berger, S., Lyon, D., Dommergue, A., Ferrari, C., Schneider, D., Vogel, T. Interactions between snow chemistry, mercury contamination and microbial population dynamics in an Arctic snowpack. *PLoS ONE* (in press).
- [5] Pivetal J, Toru S, Frénéa-Robin M, Haddour N, Cecillon S, Dempsey NM, Dumas-Bouchiat F and Simonet P. 2013. Selective isolation of bacterial cells within a microfluidic device using magnetic probe-based cell fishing. Lab-on-Chip (submitted).

Fiche Bio 2 : Activité des microorganismes en milieux glacés

Catherine Larose, Richard Barthollet, Sébastien Cécillon, Pascal Simonet et Timothy M. Vogel.

1. Résumé

Les milieux polaires constituent des environnements extrêmes, fragiles, le pôle arctique subissant non seulement fortement le dérèglement climatique mais y participant activement par effet levier. Ces dérèglements amènent des changements à l'échelle de la planète altérant profondément la structure et le fonctionnement de nombreux écosystèmes.

Mots clés (4 ou 5) :

Diversité taxonomique, Diversité fonctionnelle, Métagénomique, Bactéries, Cryosphère, Changements climatiques

2. Introduction contexte

Le développement des sociétés humaines grâce aux progrès technologiques s'est accompagné de l'accroissement des besoins en énergie et en matières premières, au détriment d'un coût environnemental important à une échelle temporelle restreinte (d'environ 150 ans). Ainsi l'exploitation intensive des ressources naturelles a perturbé l'équilibre environnemental naturel résultat d'une très longue évolution, et plus particulièrement celui des cycles biogéochimiques majeurs. Afin de mieux appréhender les changements, il est essentiel de bien connaître ces cycles pour ensuite appréhender les conséquences biologiques et géochimiques résultant des perturbations anthropiques à une échelle spatiale locale. Au sein de la biosphère, les écosystèmes polaires sont aujourd'hui soumis à une pression anthropique forte, qu'elle soit locale par l'exploitation de ressources ou plus globale par le transport longue distance de contaminants. Ces apports nutritifs et contaminants, associés à un changement climatique exacerbé engendrent des perturbations mal comprises au sein des écosystèmes arctiques et de leurs composantes.

3. Description de l'activité

a. *Etude des cycles biogéochimiques en Arctique*

Les écosystèmes polaires sont soumis à une pression anthropique forte, du fait des importantes émissions humaines de contaminants depuis l'ère industrielle. Des polluants, qui sont non seulement émis par des phénomènes naturels comme les feux de forêts et les éclairs, mais également par les activités humaines, s'incorporent dans les particules de l'atmosphère et peuvent être transportés vers les pôles. Lorsque ces éléments sont déposés aux pôles, via des processus de dépôt secs et humides, ils modifient l'apport en nutriments et la chimie de ces écosystèmes cryosphériques sensibles et vont ainsi perturber leur fonctionnement et s'accumuler dans la chaîne alimentaire de ces zones sensibles. Ces modifications (nutriments, acidification, etc) vont stimuler une réponse biologique, en particulier

microbienne, réponse qui impactera par ailleurs les cycles biogéochimiques. Si les phénomènes de transport des éléments vers l'Arctique sont de mieux en mieux compris et que les observations montrent des fortes concentrations de contaminants dans les chaînes alimentaires, le lien existant entre dépôt de contaminants et contamination des espèces vivantes est loin d'être trivial.

Une composante essentielle de la cryosphère est son manteau neigeux saisonnier. Couvrant en hiver jusqu'à 47 millions de kilomètres carrés de l'hémisphère nord, la neige joue un rôle important dans le système climatique de la planète en raison de son fort albédo notamment. Elle constitue également une interface fondamentale entre l'atmosphère et les sols, une ressource hydrologique immense, un biotope insoupçonné et un réservoir et réceptacle de nutriments et de contaminants. Une part importante des éléments transportés par l'atmosphère se retrouve déposée sur les surfaces enneigées arctiques, et leur devenir devient alors très spéculatif. Le manteau neigeux saisonnier arctique n'est pas un milieu inerte restituant à la fonte l'intégralité des dépôts atmosphériques. La connaissance du mode de fonctionnement de la neige constitue un défi scientifique incontournable si l'on s'intéresse aux cycles biogéochimiques terrestres. Or, très peu est connu sur sa constitution chimique et microbiologique ainsi que son évolution en fonction des transformations physiques.

En raison des conditions extrêmes de température et de la présence restreinte d'eau liquide, la neige et la glace ont longtemps été considérées comme un piège à microorganismes, transportés sur des particules, et conservés dans un état végétatif. Cependant, la publication d'un nombre croissant d'articles scientifiques, réexaminant l'influence des microorganismes sur la composition et l'abondance de nutriments, sur l'albédo de la neige, sur l'hydrochimie, montre que leur rôle était jusqu'alors sous-évalué et méconnu. Leur rôle a d'ailleurs été totalement reconsidéré pour la production, dégradation, transformation de contaminants et nutriments. Dans des milieux très anthropisés, on peut noter des adaptations importantes des populations microbiennes soumises à un stress environnemental : accroissement des populations portant des caractères de tolérance/résistance, induction de gènes impliqués dans des mécanismes de résistance ou détoxification, et adaptation par transferts horizontaux de gènes.

Les transformations des éléments en réponse à une évolution physique couplée aux évolutions de la composition microbiologique et chimique, les changements de biodisponibilité, et le transfert vers les écosystèmes restent des processus très mal compris. Enfin, le rôle des microorganismes est bien souvent un pan de recherche totalement occulté dans les études des cycles géochimiques des éléments en zones arctiques. Par le couplage des analyses métagénomiques (puces à ADN, séquençage haut débit), métatranscriptomiques et des analyses chimiques et physico-chimiques, en utilisant les techniques d'échantillonnage de terrain

et en travaillant sur des modèles simplifiés de microcosmes, nous proposons d'identifier, non seulement les facteurs biotiques et abiotiques clés, mais aussi les cinétiques des réactions des grands cycles biogéochimiques Arctiques. Cette approche mixte (terrain, microcosmes et modélisation) et multidisciplinaire (microbiologie, chimie et physique), permettra de déterminer la contribution relative des microorganismes dans les cycles biogéochimiques des éléments.

b. ***Etude des mécanismes adaptatifs microbiens***

Les variations de température, les modifications des courants de dépositions aériens comme paramètres les plus marquants du changement climatique actuel impactent directement le manteau neigeux arctique, tant d'un point de vue chimique (teneur en contaminants, nutriments) que physique (forme et taille des cristaux, compaction du manteau). Ces écosystèmes qui vont être de plus en plus impactés par les changements climatiques globaux vont alors constituer d'extraordinaires modèles pour étudier les différents mécanismes adaptatifs microbiens au niveau du gène, de la cellule, de la population, de la communauté microbienne et jusqu'au paysage du fait des échelles géographiques considérées qui sont considérables. Les nouveaux outils de la génomique microbienne environnementale permettent aujourd'hui aux études d'accomplir un extraordinaire changement d'échelle. L'inventaire quasi-exhaustif des différentes populations composant les communautés microbiennes est envisageable grâce à l'apport de la métagénomique et du séquençage à très haut débit. A cet inventaire taxonomique s'ajoute maintenant le volet fonctionnel qui permet d'établir pour chaque espèce les activités susceptibles d'être réalisées et les synergies entre les différentes populations qui permettent de comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes et l'impact présent ou à venir des stress anthropiques ou/et climatiques. Nécessairement, ces travaux aboutissent sur la caractérisation de nouveaux déterminants génétiques que les approches traditionnelles n'avaient pu révéler. Ils révèlent ainsi le formidable potentiel adaptatif des communautés bactériennes capables par exemple de s'adapter à un contaminant comme le mercure dans des conditions de très basse température, en conditions oligotrophiques et sous un rayonnement UV important. Toutes ces approches en « omics » et « meta-omics » vont permettre d'aborder le volet mécanistique de l'évolution et l'adaptation microbienne, l'importance du transfert horizontal de gènes, le recours à des populations rares stimulées par de nouvelles conditions environnementales, l'expression sélective de gènes adaptatifs, le rôle des bactériophages etc. Elles vont ouvrir la voie à la caractérisation de bio-indicateurs des modifications physico-chimiques du milieu, de l'ampleur de leur impact mais permettront aussi de prendre en compte le rôle que vont y jouer ces microorganismes, non pas simples sentinelles des changements mais acteurs à part entière des évolutions climatiques soit

pour en tamponner ou au contraire en accentuer les effets.

4. **Positionnement, collaborations et partenariats**

Recruté comme CR2 (2013) et membre du groupe de Génomique Microbienne Environnementale, Catherine Larose est spécialiste de microbiologie et chimie en Arctique. Collaboration intra-département sur le développement de modèles d'interaction entre les compartiments biotiques et abiotiques de la neige. Nombreuses collaborations nationales dans le cadre de projets ANR (laboratoires CNRS, INRA et groupes industriels couvrant un large champ de disciplines) et internationales (projets européens FP7 et Marie Curie).

5. **Faits marquants**

- Génération de la plus vaste base de données sur les différents compartiments de la neige arctique
- Développement d'un biocapteur *mer-lux* pour mesurer la fraction biodisponible de mercure (fraction du mercure qui peut entrer à l'intérieur d'une cellule et interagir avec une construction génétique)
- Exploitation fondamentale et appliquée des données de séquences d'ADN et ARN bactérien de la neige extrait par une approche métagénomique.

6. **Références**

- [1] Larose C, Prestat E, Cecillon S, Malandain C, Berger S, et al. (Accepted for publication) Interactions between snow chemistry, mercury contamination and microbial population dynamics in an Arctic snowpack. PLoS ONE
- [2] Larose C, Dommergue A, Vogel TM (2013) Microbial nitrogen cycling in Arctic snowpacks. Environmental Research Letters 8: 035004.
- [3] Larose C, Dommergue A, Vogel TM (2013) The dynamic Arctic Snow Pack: An Unexplored Environment for Microbial Diversity and Activity. Biology 2: 317-330.
- [4] Larose C, Berger S, Ferrari C, Navarro E, Dommergue A, et al. (2010) Microbial sequences retrieved from environmental samples from seasonal arctic snow and meltwater from Svalbard, Norway. Extremophiles 14: 205-212.
- [5] Larose C, Dommergue A, De Angelis M, Cossa D, Averty B, et al. (2010b) Springtime changes in snow chemistry lead to new insights into mercury methylation in the Arctic. Geochimica Et Cosmochimica Acta 74: 6263-6275.

Fiche Bio 3 : Microsystèmes pour la manipulation et la caractérisation de cellules

François Buret, Marie Frénéa-Robin, Naoufel Haddour, Damien Voyer.

1. Résumé

Les laboratoires sur puce offrent de très nombreuses perspectives pour le développement de nouvelles approches de diagnostic, la découverte de médicaments et la mise au point de thérapies innovantes. La mise au point de ces laboratoires miniaturisés passe toutefois par la maîtrise des techniques de manipulation et caractérisation des espèces biologiques, jusqu'au niveau de la cellule unique. Les travaux menés dans le cadre de l'activité « microsystèmes » du groupe BMS portent essentiellement sur le développement de microsystèmes dédiés à la manipulation de cellules (tri, micropositionnement), à la caractérisation et à la détection de cibles biologiques, ainsi qu'à l'étude de différents phénomènes intervenant à l'échelle cellulaire (électroporation, lyse, électrofusion, etc.).

Mots clés (4 ou 5)

Diélectrophorèse, force magnétique, force acoustique, microfluidique, détection électrochimique.

2. Introduction/Contexte

Les laboratoires sur puce sont amenés à se développer considérablement dans la prochaine décennie, avec de nombreux débouchés industriels dans les domaines de la santé et de l'environnement notamment (criblage pharmacologique, analyse d'échantillons cliniques, analyse de la qualité de l'eau, etc.). La miniaturisation permet de limiter la quantité de réactifs utilisés et de déchets produits, mais également de réaliser de multiples analyses en parallèle et de produire un diagnostic en un temps très court. Outre ces avantages, elle permet de tirer profit de la modification des équilibres physiques liée à la réduction d'échelle pour produire des forces significatives sur des objets de taille micro ou nanométrique, avec peu d'énergie. Dans ce contexte, le groupe BMS s'intéresse au développement de microsystèmes permettant la manipulation sans contact de cellules par l'emploi de différents types de force (diélectrophorétique, magnétique, acoustique, hydrodynamique). En étudiant ces moyens de manipulation complémentaires, une « boîte à outils » est progressivement constituée pour la réalisation de microsystèmes hybrides permettant de s'adapter à différentes conditions expérimentales (cellules marquées ou non, milieux conducteurs ou non, expériences menées en batch ou sous flux, etc.) et d'exploiter au mieux les propriétés intrinsèques des cellules d'intérêt (conductivité, susceptibilité, densité, etc.).

Compte-tenu des activités menées au sein du groupe dans le domaine de la dosimétrie numérique, une attention particulière est portée à l'étude des caractéristiques diélectriques des cellules et agrégats de cellules, dont la connaissance est un préalable à l'étude de différents phénomènes

induits au niveau cellulaire sous l'effet d'un champ électrique. Lorsqu'elle est bien maîtrisée, l'interaction champ électrique/cellule peut être mise à profit pour optimiser les techniques de préparation d'échantillons (lyse cellulaire), de mise au point de nouveaux vaccins en immunothérapie du cancer (électrofusion), ou de transferts de gènes (électroporation) pour des applications en microbiologie environnementale, par exemple, ou pour la thérapie génique. L'étude de ces différents phénomènes passe par le développement de microsystèmes innovants permettant de soumettre les cellules à des conditions d'exposition identiques et bien maîtrisées, ainsi que leur observation sous microscope. L'étude de la cinétique de ces différents phénomènes revêt également un intérêt particulier. Enfin, l'une des problématiques rencontrées par les chercheurs en sciences du vivant repose sur l'isolement de cellules spécifiques présentes éventuellement en faible quantité au sein d'un échantillon et parfois récalcitrantes à la culture *in-vitro*. Dans ce contexte, différentes techniques de manipulation de cellules sans contact peuvent être combinées à la microfluidique pour permettre le développement de trieurs cellulaires performants.

3. Description de l'activité

a. ***Etude des propriétés diélectriques des cellules et agrégats cellulaires***

Les propriétés électriques de cellules isolées et d'agrégats de cellules sont étudiées à l'aide des techniques d'électrorotation et de micro-impédancemétrie. Ces travaux doivent permettre à terme de faire le lien entre les études conduites à différentes échelles (la cellule, le tissu, le corps humain dans son ensemble). Par exemple, la technique d'électrorotation a été employée pour détecter d'éventuelles modifications des propriétés électriques de cellules HEK 293 à une exposition prolongée à un champ magnétique statique de 0.5 T. Des microsystèmes basés sur l'emploi de la diélectrophorèse ont été développés pour permettre la formation d'agrégats de cellules de taille maîtrisée. Les techniques permettant de rendre permanentes les structures ainsi obtenues sont en cours d'investigation. Les dispositifs développés pour mesurer les caractéristiques électriques de ces agrégats par micro-impédancemétrie reposent sur l'intégration d'électrodes nanocomposites (PDMS-fibres de carbone) dans un canal microfluidique.

b. ***Microsystèmes pour l'étude des phénomènes induits à l'échelle cellulaire sous l'effet d'un champ électrique***

Dans le cadre d'une collaboration avec l'Institut des Nanotechnologies de Lyon, des dispositifs microfluidiques à base de PDMS dopé au carbone ont été développés, afin d'être en mesure d'appliquer un champ électrique directement entre les parois d'un canal microfluidique. Ces systèmes sont appliqués à l'étude des phénomènes d'électrofusion et de lyse cellulaire. Le développement de cette technologie se poursuit à Ampère, afin de mieux comprendre le mécanisme de formation de pores dans la membrane cellulaire lors de l'application d'un champ électrique

(électroporation). L'approche proposée consiste à employer des liposomes encapsulant des espèces redox, afin de détecter par voie électrochimique la libération de ces espèces lors de l'application des impulsions de champ, ce qui permet d'étudier la dynamique de formation des pores. Les systèmes microfluidiques développés dans le cadre de ce projet pourront être utilisés dans de nombreuses autres applications (biocapteurs à transduction électrochimique).

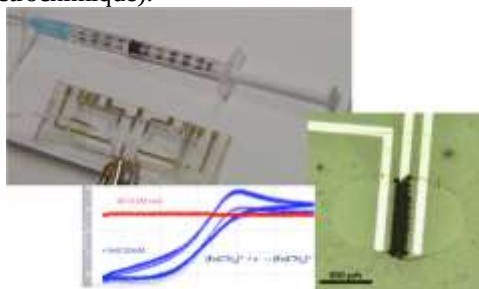


Fig.1. Microsystème avec cellule de détection électrochimique.

c. **Développement de nouvelles méthodes d'isolement spécifique de cellules**

En collaboration avec le groupe GME, des systèmes microfluidiques intégrant des microaimants fabriqués à l'Institut Néel ont été mis au point pour permettre l'isolement spécifique de bactéries cibles présentes dans un mélange en très faible abondance, en exploitant la technique d'hybridation magnétique *in-situ*. Cette approche offre de formidables perspectives pour l'exploration de la diversité bactérienne (possibilité d'isoler des bactéries appartenant à l'immense réservoir des non cultivables). Le dispositif développé permet également d'envisager une nouvelle méthode d'étude des transferts horizontaux de gènes entre bactéries. L'approche proposée consiste à greffer sur des molécules d'ADN cibles des nanoparticules magnétiques qui vont permettre grâce aux micro-aimants, d'isoler et de récupérer spécifiquement les cellules bactériennes marquées par cet ADN. Le greffage des nanoparticules sur l'ADN est basé sur l'interaction biotine/streptavidine. Une méthode de greffage « localisé » (i.e. ciblant une région spécifique de l'ADN) doit cependant être envisagée afin de limiter les problèmes d'expression de gènes. Ce projet a fait l'objet d'un soutien de la Région Rhône-Alpes. Les très bonnes performances du dispositif ont également été constatées dans le cadre de l'isolement de cellules eucaryotes ciblées par immunomarquage magnétique.

D'autres dispositifs microfluidiques basés sur la génération d'ondes acoustiques de surface stationnaires ont été développés pour permettre le tri de cellules suivant leur taille et leur densité. Ils pourront être mis à profit dans le cadre des travaux menés sur les bactéries du sol, notamment pour le prétraitement des échantillons de sol.

4. **Positionnement, collaborations et partenariats**

Le groupe « Bioélectromagnétisme et microsystèmes » entretient depuis plusieurs années une collaboration avec le G2Elab et l'Institut Néel à Grenoble, autour de la manipulation de cellules par champ magnétique. Il collabore en interne avec le

groupe GME, autour du développement de la génomique bactérienne sur cellules isolées. L'originalité des travaux menés au sein du groupe repose notamment sur le ciblage d'applications spécifiques (formation d'agrégats de cellules permanents par diélectrophorèse, étude des transferts de gènes dans les bactéries du sol, suivi de la cinétique d'électroporation par détection électrochimique, etc.), que permet son environnement fortement pluridisciplinaire.

5. **Faits marquants**

- Modélisation et réalisation d'une pince acoustofluidique basée sur l'emploi d'ondes acoustiques de surface stationnaires (SSAW) pour la focalisation et l'aiguillage cellulaire.
- Isolement sélectif de bactéries ciblées par hybridation *in-situ* et immuno-séparation magnétique de cellules à l'aide d'un système microfluidique intégrant des microaimants permanents.
- Réalisation d'un système microfluidique dédié à l'étude du phénomène d'électroporation par mesures électrochimiques.

6. **Références**

- [1] A.-L. Deman, M. Brun, M. Quatresous, J.-F. Chateaux, M. Frénéa-Robin, N. Haddour, V. Semet, and R. Ferrigno, "Characterization of C-PDMS electrodes for electrokinetic applications in microfluidic systems," *J. micromechanics microengineering*, vol. 21, no. 9, p. 095013, 2011.
- [2] S. Toru, M. Frenea-Robin, N. Haddour, and F. Buret, "Tunable and Label-Free Bacteria Alignment Using Standing Surface Acoustic Waves," in *34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'12), San Diego, USA, 2012*, pp. 4998–5001.
- [3] A. El-Gaddar, M. Frénéa-Robin, D. Voyer, H. Aka, N. Haddour, and L. Krähenbühl, "Assessment of 0.5 T static field exposure effect on yeast and HEK cells using electrorotation.," *Biophys. J.*, vol. 104, no. 8, pp. 1805–11, Apr. 2013.
- [4] O. Osman, S. Toru, F. Dumas-Bouchiat, N. M. Dempsey, N. Haddour, L.-F. Zanini, F. Buret, G. Reyne, and M. Frenea-Robin, "Microfluidic immunomagnetic cell separation using integrated permanent micromagnets," *Biomicrofluidics*, vol. 7, no. 5, p. 054115, 2013.
- [5] J. Pivetal, S. Toru, N. Frénéa-Robin, Marie Haddour, S. Cecillon, N. M. Dempsey, F. Dumas-Bouchiat, and P. Simonet, "Selective isolation of bacterial cells within a microfluidic device using magnetic probe-based cell fishing," *Sensors Actuators B Chem.* (submitted)

Département Energie électrique

Fiche EE 1 : Développements technologiques pour l'intégration de puissance

Cyril BUTTAY, Mihai LAZAR, Christian MARTIN, Bruno ALLARD, Maher SOUEIDAN, Dominique TOURNIER, Charles JOUBERT, Jean-Louis AUGE.

1. Résumé

Le but de cette action est de développer de nouvelles technologies pour l'intégration des systèmes de puissance, tant hybrides que monolithiques.

Il s'agit d'une action émergente, qui est amenée à se développer dans le futur, avec la convergence des différents aspects.

Mots clés (4 ou 5)

Intégration de puissance, packaging, microsystemes, composants passifs intégrés, composants grand gap.

2. Introduction/contexte

L'intégration des systèmes de puissance est actuellement l'un des enjeux majeurs du Génie Électrique. Plusieurs groupements de recherche s'intéressent à cet aspect. On peut citer le CPES aux États-Unis, ainsi que le pôle ISP3D en France.

Le laboratoire AMPERE est pleinement intégré à ce dernier. Sa position est unique en France, car il peut apporter des compétences à la fois sur :

- les matériaux diélectriques et magnétiques
- les composants de puissance grand gap
- l'intégration de puissance monolithique
- la conversion des très faibles tensions et puissances (grappillage d'énergie)
- les technologies d'assemblages

3. Description de l'activité

a. **Packaging et intégration de puissance**

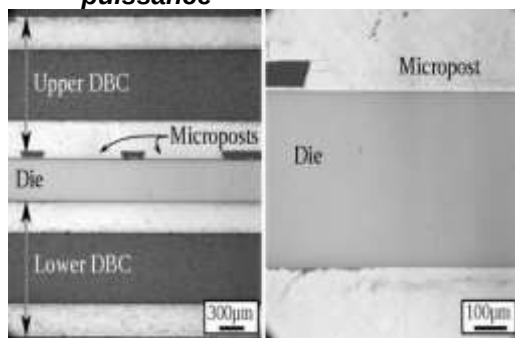


Fig.1. Vue en coupe d'un assemblage « sandwich » dans lequel les puces de puissance sont assemblées entre deux substrats céramiques, permettant ainsi leur refroidissement par deux faces, contre une seule habituellement.

Les travaux menés à Ampère sur le packaging (l'environnement immédiat des puces) ont deux objectifs principaux : l'intégration de puissance, avec pour objectif des systèmes plus compacts et plus performants ; et le packaging pour la haute température, qui permet de tirer pleinement partie des composants en carbure de silicium.

b. **Composants passifs intégrés**

Les travaux menés à AMPERE sur l'intégration des composants passifs répondent à un besoin de miniaturisation rendu possible grâce à la montée en fréquence des convertisseurs tout en tenant compte des contraintes de températures de fonctionnement (jusqu'à 200 °C). Des premiers prototypes d'inductances et de transformateurs ont été réalisés par le dépôt de conducteurs en cuivre sur des substrats en ferrite (Température de Curie > 250 C) issus du commerce (fig. 2).



Fig 2. Photos des spires électrodéposées sur du ferrite

À partir des éléments de base présentés à la fig. 2, des assemblages ont permis d'une part d'augmenter la valeur de l'inductance en ajoutant un capot magnétique (seconde plaque de ferrite) et d'autre part de réaliser des inductances.

c. **SiC dopé P à fort dopage par VLS**

La réalisation des couches SiC type P à fort dopage reste un talon d'Achille dans la fiabilité des composants SiC de puissance, bipolaire et unipolaire. Pour diminuer les résistances d'accès et le pouvoir d'injection, des méthodes alternatives à l'implantation ionique sont exploitées pour réaliser des couches SiC à fort dopage.

Le laboratoire AMPERE a travaillé ces dernières années avec le laboratoire LMI pour insérer leur méthode de croissance localisée par VLS (Vapeur-Liquide-Solide) comme étape technologique dans la fabrication de composants SiC. Cette méthode permet d'obtenir des couches SiC de type P avec un dopage autour de 10^{20} cm^{-3} .

Ces couches P^+ en SiC ont été également utilisées dans la fabrication d'un bras d'onduleur monolithique SiC où des JFET à canal P et N ont été réalisés sur la même puce en SiC.

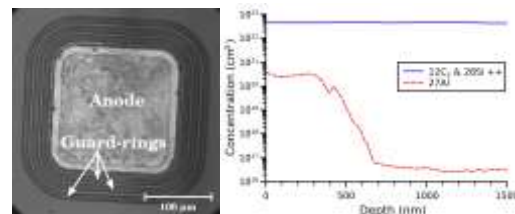


Fig.3. Diode PiN SiC avec l'émetteur réalisé par VLS: vue au MEB, profil du dopage de l'émetteur réalisé en SIMS

Dans l'optique d'intégration fonctionnelle pour les applications très haute température, le laboratoire a développé, en partenariat avec le CNM de Barcelone, un circuit intégré de puissance « full-SiC » comportant l'étage de commande rapproché et l'interrupteur de puissance (fig. 4). Ces réalisations ouvrent la possibilité de lever le verrou de la technologie SOI pour les applications très haute température (>400°C).

d. **Contact électrique à haute température**

Nous avons pour objectif de jeter les bases d'une technologie en totale rupture avec celles existantes pour la fabrication d'une nouvelle génération de composants électroniques à base du Carbure de Silicium pour les applications à très hautes températures (300 – 600 °C). Cette nouvelle technologie sera basée sur l'emploi d'une nouvelle génération de matériaux pour les contacts électriques. Nous avons ciblé les phases appelées MAX pour cette étude. Parmi ces phases MAX, on trouve le composé ternaire Ti_3SiC_2 , très étudié pour des applications composites de hautes performances. Ce travail est en collaboration avec le laboratoire LMI de l'Université Claude Bernard Lyon 1.

4. **Positionnement, collaboration, partenariats**

Laboratoires, universités et groupes de recherche partenaires : Université de Nottingham, IMS, LAPLACE, 3DPHI, LGEP, G2ELab, IES.

Depuis une dizaine d'années une étroite collaboration entre les laboratoires lyonnais LMI et AMPERE est centrée sur la mise en valeur des couches VLS réalisées au LMI et leur utilisation par AMPERE dans la fabrication technologique des composants grand-gaps. Cela nous a permis d'obtenir des couches SiC d'une qualité compatible avec la fabrication de composants de puissance. Plusieurs démonstrateurs ont été réalisés (diodes PiN, JFETs). Actuellement dans le cadre du projet industriel VELSiC (thèse Ciffre), nous regardons l'insertion de ces couches dans la fabrication des diodes Schottky fabriquées par STMicroelectronics Tours. Ce procédé est actuellement également étudié pour l'appliquer sur d'autres semi-conducteurs grand-gaps (supports ou couches fonctionnelles) comme le diamant (ANR blanc VLOC) et le GaN.

5. **Faits marquants**

La figure 4 montre la faisabilité d'un circuit intégré de puissance "tout SiC". Cette démonstration positionne le laboratoire dans le "top-5" des équipes adressant cette problématique au niveau international.



Fig.4: Fonction intégrée de puissance « tout SiC » reportée dans un boîtier

6. **Références**

- [1] « [Application of the Spark Plasma Sintering Technique to Low-Temperature Copper Bonding](#) » B. Mouawad, M. Soueidan, D. Fabrègue, C. Buttay, B. Allard, V. Bley, H. Morel, C. Martin, IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 2012, vol 2 n°4, pp 553 - 560
- [2] « [Full densification of Molybdenum powders using Spark Plasma Sintering](#) », B. Mouawad, M. Soueidan, D. Fabrègue, C. Buttay, V. Bley; B. Allard, H. Morel, Metallurgical and Materials Transactions A, 2012, pp. 1-8
- [3] « [Die attach using silver sintering. Practical implementation and analysis](#) » A. Masson, W. Sabbah, R. Riva, C. Buttay, S. Azzopardi, H. Morel, D. Planson, R. Meuret, European Journal of Electrical Engineering, 2013, 16 (3-4), pp. 293-305
- [4] « Modeling, Fabrication, and Characterization of Planar Inductors on YIG Substrates » E. Haddad, C. Martin, C. Joubert, B. Allard, M. Soueidan, M. Lazar, C. Buttay, B. Payet-Gervy, , Advanced Material Research (volume 324), Advances in Innovative Materials and Applications, pp 294-297, August 2011.
- [5] « [Migration issues in sintered-silver die attaches operating at high temperature](#) » R. Riva, C. Buttay, B. Allard, P. Bevilacqua, *Microelectronics Reliability*, 2013, 53 (9-11), pp. 1592-1596

Fiche EE 2 : Composants : conception, caractérisation et modélisation

Christian MARTIN, Fabien SIXDENIER, Dominique PLANSON, Dominique TOURNIER, Pierre BROSELARD, Hervé MOREL, Christophe RAYNAUD, Mihai LAZAR, Cyril BUTTAY, Dominique BERGOGNE.

1. Résumé

L'augmentation des performances des composants de puissance requiert la bonne connaissance de leurs caractéristiques, indispensable pour la conception des composants. Cela est vrai pour les composants actifs (coefficients d'ionisation) et pour les composants passifs (inductance, capacité, pertes).

En outre, ces mesures doivent être faites dans des conditions proches de la réalité, par exemple pour des gammes importantes de température.

Mots clés (4 ou 5)

Composants passifs, composants de puissance grand gap, haute température, haute tension

2. Introduction/Contexte

Les performances électriques des composants (actif ou passif) sont dépendantes de leur température et de ses variations. Le fonctionnement à haute température (température ambiante supérieure à 200°C) accélère les mécanismes de dégradation de ces mêmes composants et de leurs assemblages.

Il devient donc nécessaire d'effectuer la caractérisation des composants sur une large plage de température, mais également au cours d'essais de vieillissement prolongés afin de pouvoir proposer des modèles de performance et de durée de vie portant sur tout le domaine de fonctionnement.

3. Description de l'activité

a. **Composants passifs**

Nous réalisons les caractérisations sur des plages de température pouvant aller de -196 à 700°C, et nous avons mis en place plusieurs bancs d'essai pour suivre les performances de composants sur des périodes longues (plusieurs centaines d'heures ou plus), à température élevée (jusqu'à 450°C).

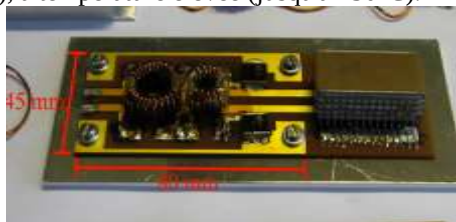


Fig.1. Filtre CEM haute température

Plusieurs matériaux magnétiques et différents types de condensateurs ont été caractérisés indépendamment dans des conditions sévères (haute température) afin d'évaluer leur capacité à fonctionner à haute température et l'évolution de leur comportement. A partir des caractérisations précédentes qui ont été menées sur plusieurs échantillons, un filtre CEM a été réalisé dans le but de fonctionner à haute température (Fig. 1).

Des premiers essais ont été menés sur l'effet de la température sur le vieillissement des matériaux magnétiques nanocristallins. Selon le type de recuit,

un comportement différent a été observé. Des études complémentaires ont été lancées et feront l'objet de résultats dans le prochain quadriennal.

b. **Caractérisation des composants actifs**

La caractérisation de composants est un savoir-faire du laboratoire Ampère qui permet de contribuer à :

- une meilleure connaissance de paramètres physiques du SiC et semi-conducteurs grand gap (détermination des coefficients d'ionisation, de la durée de vie des porteurs, de la mobilité, analyse de la dépendance de ces paramètres avec la température...
- une meilleure compréhension et modélisation des phénomènes physiques dans des géométries complexes : optimisation de la topologie des composants
- l'analyse des modes de dégradation sous différentes conditions de stress des composants de puissance.

Le laboratoire a renouvelé un banc de caractérisation unique en France (OBIC) qui permet d'extraire les coefficients d'ionisation (fig. 2) [1]. Cet outil permettra à terme l'extraction des paramètres physiques d'autres matériaux grand Gap tels que le Diamant et le GaN, et d'envisager ainsi la conception de nouveaux interrupteurs pour les applications très haute tension.

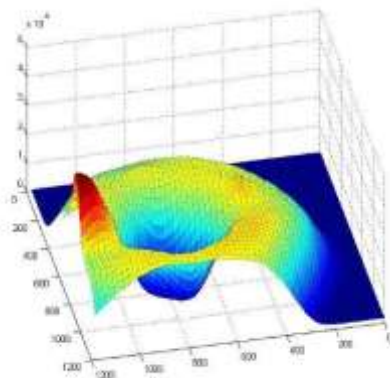


Fig. 2 : Cartographie 2D du courant induit OBIC pour une diode bipolaire polarisée en inverse.

Concernant l'analyse des mécanismes de dégradation des composants de puissance, plusieurs travaux en cours (dans le cadre de projet ANR, FUI et industriels) ont permis de mettre en évidence la maturité de la filière SiC aussi bien pour des transistors MOSFETs que pour des transistors bipolaires.

c. **Conception de composants**

L'activité de conception de composants concerne les aspects haute tension, haute température et forte puissance. Ces travaux se déroulent dans le cadre de plusieurs projets FUI, DGA et/ou industriels. Plusieurs types d'interrupteurs ont été développés, la fabrication de ces composants étant effectuée en collaboration avec des partenaires universitaires (ISL, CNM) ou industriels (IBS). Les caractéristiques électriques obtenues placent ces réalisations dans l'état de l'art mondial en termes de performances (calibre en tension et en courant).

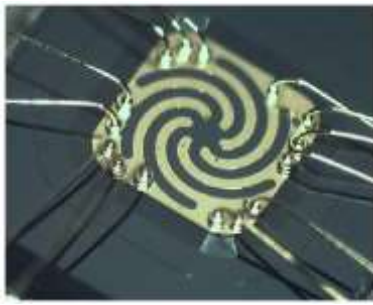


Fig.3. Thyristor SiC 4.5 kV à commande optique

Ainsi des diodes 1.2 kV, 3.3 kV et 10 kV ont été fabriquées, tout comme un thyristor optique d'une tenue en tension de 4.5 kV (fig. 3). De plus deux topologies de JFET permettant d'assurer des fonctions d'interrupteur et de limiteur de courant ont été proposées et fabriquées avec succès. Deux brevets (en cours d'extension à l'international) ont été également déposés.

L'impact de la géométrie 3D des structures est analysé avec des logiciels par éléments finis.

4. Positionnement, collaborations et partenariats

Le laboratoire Ampère est l'un des seuls laboratoires français à travailler sur la caractérisation des composants passifs dans des conditions sévères de fonctionnement, proches des modes d'utilisation dans lesquels ils seront soumis : température et excitations.

En termes de composants grand gap (SiC, GaN et Diamant), le laboratoire Ampère fait partie des rares équipes mondiales travaillant sur la conception, la modélisation, la caractérisation avec des bancs dédiés, et le suivi de fabrication. Cette spécificité se concrétise dans l'IET Supergrid.

Collaboration nationale universitaire : G2ELab, Laplace, LAAS.

Collaboration internationale : CNM (Espagne), KTH (Suède), ISEA (Allemagne), Université de Kyoto (Japon), CPES (USA).

5. Faits marquants

Un filtre CEM a été réalisé dans le but de fonctionner à haute température (fig. 1).

6. Références

- [1] « Experimental determination of impact ionization coefficients in 4H-SiC » D.M. Nguyen, C. Raynaud, N. Dheilily, M. Lazar, D. Tournier, P. Brosselard, D. Planson, *Diamond and Related Materials*, Volume 20, Issue 3, March 2011, Pages 395-397
- [2] « [Thermal stability of silicon-carbide power diodes](#) », C. Buttay, C. Raynaud, H. Morel, G. Civrac, M.-L. Locatelli, F. Morel, *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2012, 59 (3), pp. 761-769
- [3] « Design of a High Temperature EMI Input Filter for a 2 kW HVDC-Fed Inverter » R. Robutel, C. Martin, H. Morel, C. Buttay, D. Bergogne, N. Gazel, *Journal of Microelectronics and Electronic Packaging*, Volume 8, Number 1, First Quarter 2011, ISSN #1551-4897
- [4] « Wide Band Gap Semiconductors benefits for High power, High voltage and High temperature applications » D. Tournier, P. Brosselard, C. Raynaud, M. Lazar, H. Morel and D. Planson, *Advanced and Innovative Materials*, Vol.324 (2011), pp. 46-51
- [5] « Simulation and design of junction termination structures for diamond Schottky diodes » F. Thion, K. Isoird, D. Planson, M.L. Locatelli, H. Ding, *Diamond & Related Materials* (2011), doi: 10.1016/j.diamond.2011.03.011

Fiche EE 3 : Matériaux : modélisation et caractérisation

Abderrahmane BEROUAL, Jean-Louis AUGE, Fabien SIXDENIER, Laurent MOREL, Marie-Ange RAULET, Christian MARTIN.

1. Résumé

Le laboratoire AMPERE a acquis une expertise certaine dans les domaines de la caractérisation expérimentale des matériaux, de leur modélisation et de leur mise en œuvre dans les dispositifs du génie électrique dans des conditions optimisées et compatibles avec l'environnement. En particulier, le laboratoire dispose de compétences dans le domaine des méthodes de caractérisation globales et locales des propriétés des matériaux magnétiques, de la physique de la décharge et de l'élaboration de modèles prédictifs, du diagnostic de l'ingénierie haute tension.

Mots clés (4 ou 5)

Matériaux diélectriques – magnétiques – composites, Caractérisation expérimentale, Modélisation, Hystérésis Dynamique, Phénomènes de décharge, Matériaux écologiques.

2. Introduction/Contexte

Le laboratoire AMPERE mène des recherches sur l'approfondissement des connaissances sur les phénomènes dans les matériaux (traditionnels, nouveaux et innovants), leur caractérisation et leur modélisation en vue d'optimiser leur intégration dans les systèmes électriques ; le comportement des matériaux étant à la base des performances des matériels électriques. C'est donc un enjeu majeur pour le fonctionnement des composants et systèmes dans leur environnement. L'objectif de ces recherches est de pouvoir disposer d'outils d'aide à la décision stratégique lors de la phase de conception.

Des résultats importants ayant un impact tant au niveau des connaissances et de la phénoménologie que des applications industrielles ont été obtenus.

3. Description de l'activité

a. **Matériaux Diélectriques**

Un des aspects des recherches concerne les matériaux écologiques :

- Les gaz et mélanges de substitution au SF₆ : ces recherches menées en collaboration avec un industriel (Alstom Grid) s'inscrivent dans le cadre des recommandations internationales et européennes qui tendent à restreindre fortement l'utilisation de l'hexafluorure de soufre, voire l'interdire pour préserver l'environnement. Elles ont pour objectif de trouver des gaz ou mélanges de gaz à faible effet de serre, pouvant être utilisés pour les applications haute tension et répondant aux critères d'hygiène, de sécurité et d'environnement..
- La recherche de nouvelles huiles de substitution aux huiles minérales et synthétiques : l'objectif de nos recherches est de trouver des huiles répondant aux exigences et critères environnementaux et pouvant remplacer les esters synthétiques et les huiles minérales dans les matériels électriques et en particulier les transformateurs de puissance.

Les activités de modélisation concernent aussi :

- Les phénomènes de caractérisation et modélisation aux interfaces : cette activité est d'une grande importance pour la conception, le dimensionnement et la réalisation de structures isolantes mixtes (solide/gaz et solide/liquide) pour les systèmes industriels haute et moyenne tension tels que les appareils de coupure (disjoncteurs), les câbles à isolation gazeuse, les postes (GIS), les isolateurs de ligne, les transformateurs et condensateurs de puissance (traversées, pressboards ...) et les extrémités de câbles solides/imprégnés.

- La modélisation des longues décharges et foudre : ces travaux nous ont permis de prédire les caractéristiques macroscopiques de la décharge et de mettre au point des simulateurs permettant de déterminer la tension U₅₀ (tension à 50 % d'amorçage).

- Les phénomènes de pollution des isolateurs et le contournement. Les études menées, tant au niveau théorique qu'expérimental, nous ont permis d'établir des modèles prédictifs dynamiques de contaminations d'isolateurs pollués (dépôts continus et discontinus de différentes natures (sels)) sous différentes formes de tension.

b. **Matériaux magnétiques**

L'activité matériaux magnétiques s'intéresse aux méthodes de caractérisations globales et locales des propriétés des matériaux magnétiques. En particulier, la modification des propriétés magnétiques vis à vis du comportement fréquentiel, temporel ainsi qu'en température est et sera étudiée. Toutes ces modifications de propriétés sont modélisées de manière à pouvoir implanter ces modèles dans des logiciels de simulation ou de conception.

Pour ce faire, le laboratoire AMPERE a développé et continue d'améliorer ses différents bancs de caractérisation. Ces derniers permettent entre autre de mesurer des cycles d'hystérésis dans des conditions très variables (formes d'ondes, amplitudes, fréquence, température,...). Un des objectifs recherché est de caractériser le matériau dans les conditions les plus proches possibles de son application visée.

La modélisation du comportement des matériaux magnétiques constitue un élément indispensable pour la conception de systèmes du génie électrique. Cette activité, étroitement corrélée à celle de la caractérisation, permet de tenir compte de l'influence respective des variables citées dans le paragraphe précédent.

Les approches utilisées sont de types macroscopiques et conduisent à l'obtention de modèles globaux mais aussi locaux qui permettent d'avoir des informations non accessibles par voie expérimentale. Les modèles mis en œuvre, principalement basés sur des considérations physiques, permettent d'apporter des réponses quant aux tests de matériaux nouveaux, au prototypage virtuel de dispositifs ou à l'utilisation de lois empiriques comportementales. Les modèles de matériaux développés sont modulaires ce qui permet une implantation aisée dans des simulateurs de circuits (Reluctool, Simplorer). Ceci permet, par exemple de tester virtuellement plusieurs solutions

de matériaux pour une même application et de choisir le plus adapté.

4. Positionnement, collaborations et partenariats

Le laboratoire AMPERE est le seul laboratoire français à avoir développé une plate-forme de partage des connaissances « Magathèque » (mesures, caractéristiques de matériaux,...) sous la forme d'une base de données accessible par internet.

- Il est le deuxième laboratoire français (avec le G2ELAB) à voir ses modèles de comportement de matériaux intégrés dans un logiciel commercial de dimensionnement (Reluctool-CEDRAT).

- Au niveau international, il est l'un des rares à développer des modèles de comportement des matériaux magnétiques tenant compte de la température pour les intégrer dans des logiciels de conception et/ou dimensionnement. Notons que les approches développées permettent de simuler de manière précise l'auto-échauffement (phénomènes magnétiques et thermiques couplés) des circuits magnétiques des dispositifs.

- Les travaux menés sur les phénomènes de décharges aux interfaces solide/liquide et solide/gaz tant au niveau amont que pour les applications industrielles sont une spécificité du laboratoire reconnue mondialement.

- Les modèles prédictifs de la longue décharge dans l'air et de la décharge de foudre sont reconnus à travers le monde. Nous sommes l'un des rares, voire le seul laboratoire universitaire, à travailler sur cette thématique en France. Les modèles prédictifs de contournement d'isolateurs pollués sont l'une de nos spécificités. Nous sommes les seuls travaillant au niveau national sur un sujet de très grande importance pour la qualité du transport et de la distribution de l'énergie électrique.

- A notre connaissance, nous sommes seuls au niveau national à nous engager avec un industriel, sur la recherche de gaz à faible effet de serre pour le remplacement de l'hexafluorure de soufre et les seuls aussi, avec le G2ELAB, à travailler sur les nouvelles huiles de substitution (à moindre impact sur l'environnement) aux huiles minérales et synthétiques.

- Au niveau national, AMPERE est le seul laboratoire à travailler avec un industriel sur les gaz de substitution au SF6.

AMPERE entretient des collaborations avec des partenaires universitaires et industriels tant au niveau national qu'international :

-Collaborations nationales universitaires (G2ELAB, DIOM, LAPLACE, LGEF) et industrielles (ALSTOM GRID, ALSTOM GRID – TCEE, EDF R&D, RTE, Schneider, ABB, MorsSmitt, APERAM, Hispano-Suiza ...).

-Collaborations internationales (Chaire ISOLIME (Canada Research Chair on Insulating Liquids and Mixed Dielectric for Electrotechnology) - Université du Québec à Chicoutimi – Canada, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Université de Yaoundé – Cameroun, Universitas Indonesia ...

5. Faits marquants

- Mise en évidence d'une corrélation entre la dimension fractale et les propriétés physiques et géométriques des interfaces solide/gaz.

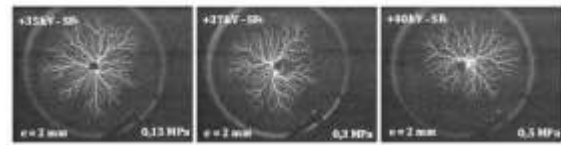


Figure 1 : Influence de l'épaisseur d'un isolateur sur les décharges se propageant sur une surface en Téflon (PTFE) dans le SF6 sous onde de foudre positive.

- Modèles prédictifs de décharges dans les liquides, l'air (foudre) et aux interfaces.

6. Références

- [1] I. Fofana, A. Beroual and J. H. Rakotonandrasana, *Application of Dynamic Models to predict Switching Impulse Withstand Voltages of Long Air Gaps*, IEEE TDEI, Vol. 20, Issue 13, pp. 89-97, 2013.
- [2] M. El-A. Slama, A. Beroual and H. Hadi, *Influence of Pollution Constituents on DC Flashover of High Voltage Insulators*, IEEE TDEI, Vol. 20, Issue 2, pp. 401-408, 2013.
- [3] Y. Khan, F. N. Budiman, A. Beroual, N. H. Malik and A. A. Al-Arainy, *The Estimation of Size and Position of Contaminating Particle Adhering to the Insulating Spacer Surface in GIS*, [EPJ - Applied Physics](#), Vol. 62, Issue 02, 2013, p. 20801 (11 pages).
- [4] Messal, Oualid; Sixdenier, Fabien; Morel, Laurent; et al *Temperature Dependent Extension of the Jiles -Atherton Model: Study of the Variation of Microstructural Hysteresis Parameters* IEEE Trans. on magnetics Volume: 48 Issue: 10 Pages: 2567-2572, OCT 2012
- [5] Sixdenier, F.; Raulet, M. A. *Current Sensor Modeling With A FE-Tuned MEC: Parameters Identification Protocol* IEEE SENSORS JOURNAL, Volume: 12 Issue: 5 Pages: 859-863, MAY 2012

Fiche EE 4 : Systèmes pour la gestion et le transport de l'énergie

Abderrahmane BEROUAL, Bruno ALLARD, Olivier ONDEL, Dominique BERGOGNE, Luong-Viet PHUNG, Pierre BROSSELDAR, Dominique TOURNIER, Olivier BREVET, Florent MOREL, Hervé MOREL.

1. Résumé

Le laboratoire AMPERE utilise diverses technologies disponibles pour concevoir des systèmes. Les compétences des chercheurs sont mises à profit pour l'application de ces compétences dans le domaine de l'énergie, des transports et du développement durable.

Mots clés (4 ou 5)

Ingénierie haute tension, composants pour les réseaux de transport haute tension, gestion de l'énergie, récupération de l'énergie, systèmes embarqués, convertisseurs haute température, convertisseurs haute tension.

2. Introduction/Contexte

Les résultats des recherches conduites au sein du laboratoire AMPERE (composants actifs grand gap, fluides diélectriques plus écologiques, décharges dans les gaz, les liquides et aux interfaces...) ont permis d'envisager des applications nombreuses et novatrices : convertisseurs à haute tension, électronique de puissance haute température, transformateurs HT avec système de ralentissement du vieillissement...

Ces applications, bien loin de rester confidentielles, sont en lien direct avec des problématiques sociétales d'actualité telles que : le transport terrestre et aérien, l'énergie, la récupération, la gestion et le stockage de l'énergie, le développement durable.

3. Description de l'activité

a. *Haute tension et réseaux électriques du futur*

Les réseaux électriques du futur seront principalement des réseaux maillés à courant continu (HVDC) notamment pour le transport de l'électricité à très haute tension. Les enjeux scientifiques traités par le laboratoire AMPERE sont les nouveaux composants du réseau et leurs constituants : traversées, isolateurs, disjoncteurs, postes, câbles à isolation gazeuse ou solide, les transformateurs à haute tension et moyenne fréquence, l'électronique de puissance à haute tension avec les composants en carbure de silicium (SiC) et les drivers associés.

Des techniques de diagnostic et de prédiction sur les postes blindés (en particulier l'identification et la localisation des particules métalliques), les transformateurs de puissances (turbidité en particulier), les isolateurs de lignes pollués et les traversées ont été développées (capteurs de mesure des courants de fuite et de détection des DP à distance). Une nouvelle technique de régénération des huiles de transformateurs a été mise au point. Et un outil d'aide à la conception et au choix des isolateurs de lignes HT a été également développé.

b. *Gestion des faibles énergies*

L'activité relative à l'énergie faible est répartie en 3 types de questions :

- la valorisation électrique de micro-générateurs de faible tension, faible courant comme les piles microbiennes organiques ou le champ électromagnétique ambiant ;
- la montée en fréquence à rendement égal, comme levier pour la co-intégration (système-sur-puce) ou l'intégration des passifs (systèmes-en-boîtier) ;
- l'exploration de techniques originales pour augmenter les performances de convertisseurs à découpage, à rendement égal et coût silicium égal.

La montée en fréquence vise à permettre le rapprochement des composants passifs au sens du Beyond-Moore. Cette question est étudiée dans le cadre du projet EU PowerSWIPE. La figure 1 explicite un synoptique de la démarche.

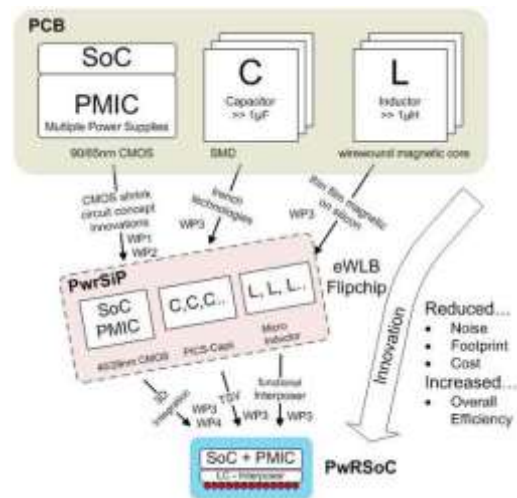


Fig.1. Synoptique des voies explorées pour conduire à un PowerSoC.

c. *Convertisseurs haute température*

Les composants en carbure de silicium, qui commencent à être produits industriellement, peuvent fonctionner à haute température (température ambiante supérieure à 200 °C). Notre laboratoire travaille donc sur :

- les composants de puissance en SiC et l'optimisation de la technologie pour leur fonctionnalité à haute température, notamment en ce qui concerne de nouveaux procédés de réalisation de couches localisées et de contacts ohmiques fonctionnels à haute température ;
- les circuits de commande, que ce soit en technologie SOI ou Grand-Gap (SiC, GaN) ;
- l'environnement de ces composants (composants passifs, packaging, etc.),

afin de pouvoir les exploiter pleinement dans des applications liées aux transports, au forage ou à l'exploration spatiale.

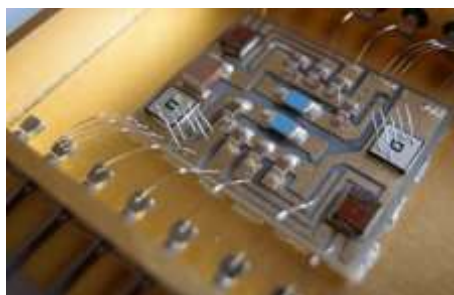


Fig.2. Convertisseur haute température conçu et testé à 310°C.

d. **Récupération de l'énergie électrique pour Tramway.**

Dans le cadre du pôle de compétitivité LUTB, la collaboration entre la société Adetel et Ampère a abouti à un système de récupération d'énergie de freinage de systèmes électriques de transport de personnes (Trolley, tramways). Ce projet a permis une activité trans-département [5].



Fig.2. Prototype de convertisseur de récupération d'énergie de freinage

La figure ci-dessus montre le prototype conçu et réalisé au laboratoire dans le cadre d'un projet FUI. La puissance gérée est 70kW, le courant crête atteint 300A.

4. Positionnement, collaborations et partenariats

On peut souligner :

- deux projets européens (THOR et PowerSWIPE)
- des collaborations académiques européennes : Tyndall National Institute (Irlande), CNM (Barcelone, Espagne)
- des liens forts avec les laboratoires de Génie Electrique nationaux : SATIE, GREEN, LAPLACE, LAAS, IMS
- de nombreuses relations industrielles : Safran, Valeo, Dassault
- la participation au workshop IEEE « PowerSoC » duquel AMPERE fait partie des créateurs

5. Faits marquants

- Le convertisseur visible figure 2 constitue l'aboutissement de nombreux travaux : étude des composants passifs, des composants de puissance en carbure de silicium, conception de circuits de commande intégrés, packaging haute température.... Ce convertisseur a été testé avec succès à 310°C de température ambiante, une performance à notre connaissance inégalée pour un système incluant non seulement les composants de puissance mais également leur commande (Thèse de Jean-François Mognotte – lauréat du prix Centralp2013).
- L'étude et réalisation de micro-convertisseurs permettant d'associer ensemble des générateurs à base de Piles à Combustible Microbiennes (PCM) tout en augmentant leur rendement.

- Le développement d'un outil d'aide à la conception et au choix des isolateurs de lignes HT.

6. Références

- [1] B. Labbe, B. Allard, X. Lin-Shi, D. Chesneau, "An integrated sliding-mode buck converter with switching frequency control for battery-powered applications", IEEE Trans. Pow. Electr., Special issue on PowerSoC, 2013, vol. 28, n°9, pp. 4318-4326
- [2] Mognotte, J.-F.; Tournier, D.; Bevilacqua, P.; Godignon, P.; Planson, D., "Design of an integrated power converter in Wide Band Gap for harsh environments," Integrated Power Electronics Systems (CIPS), 2012 7th International Conference on , vol., no., pp.1,6, 6-8 March 2012
- [3] N. Dhahbi – Megriche, W. Arfaoui and A. Beroual, Computer aided design for polluted high-voltage insulator, IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation, Volume 20, Issue 4, pp. 1428-1435, 2013.
- [4] J. S. N'cho, A. Beroual, I. Fofana, T. Aka-Ngnui and J. Sabau, "Verification of Oil Reclamation Process by Turbidity and Spectrophotometric Measurements", Journal of Energy and Power Engineering, Vol. 6, pp. 703-712, 2012.
- [5] Julien Morand, Dominique Bergogne, Pascal Venet, Ali Sari, and Pascal Bevilacqua. "An energy saver for tramway networks using double active bridge and supercapacitors". Power Electronics and Applications, 2013. EPE'13. 11th European Conference on, pages 1–9. IEEE, 2013.

Département Méthodes pour l'ingénierie des systèmes

Fiche MIS 1 : Méthodes et outils multi-échelles pour l'analyse et la commande des systèmes multi-physiques

S. Sesmat, J. Joly, D. Eberard, M. di Loreto, L. Krähenbühl, W. Marquis-Favre, E. Bideaux.

1. Résumé

L'objet de cette activité de recherche est d'explorer et de proposer de nouvelles approches en modélisations multi-échelles pour l'analyse du comportement dynamique de systèmes multi-physiques (mécaniques, électriques, fluidiques, thermiques, ...). Les différentes échelles peuvent être spatiale (du local au macroscopique) ou temporelle (de la milliseconde à plusieurs années). L'ensemble des travaux vise une formulation du comportement permettant d'optimiser le dimensionnement du système physique ou de conduire la synthèse d'une commande ou d'un observateur. Ces travaux contribuent au développement d'approches théoriques de construction de modèle (C-1), de méthodes de résolution par couplage des différentes échelles (C-2) et s'appuient sur des démarches expérimentales (C-3). Ils sont mis en œuvre pour répondre à différents enjeux scientifiques et technologiques (C-4).

Mots clés : Modélisation multi-échelle, Bond Graph, Systèmes multi-énergie, Fluidique, Théorie de la commande.

2. Introduction contexte

Les enjeux environnementaux conduisent à développer des systèmes à forte efficacité énergétique en s'appuyant sur des technologies en rupture ou un pilotage plus efficace. Toutefois, les approches sont souvent séquentielles et ne considèrent qu'un aspect du problème à chaque étape : optimisation d'un composant, d'un écoulement, d'une commande ... Ainsi l'optimisation de l'écoulement dans une vanne peut réduire une dissipation naturelle qui était très utile pour la stabilité de l'organe de commande ; la commande/gestion optimale d'un point de vue énergétique d'un véhicule électrique peut avoir des conséquences négatives sur le vieillissement du système de stockage de l'énergie électrique ! L'émergence de nouveaux outils permettant d'aborder ces problématiques de manière plus globale constitue de ce fait un enjeu important.

3. Description de l'activité

Nous abordons cette question sous deux angles : d'une part au travers de recherches méthodologiques, comme la prise en compte de phénomènes localisés dans l'espace, et leur intégration fidèle dans des modèles macroscopique (C-1 et C-2) ; d'autre part via des applications en fluidique (C-3) ou pour une gestion rationnelle de l'énergie (C-4).

a. Schéma de discrétisation conservatifs en énergie

Dans le cadre de l'ANR [AIDS](#) sur l'approximation de systèmes de dimension infinie, nous avons abordé la synthèse de schémas de discrétisation en temps pour des systèmes algébro-différentiels. En exploitant une formulation port-Hamiltonienne et des intégrateurs énergétiques pour des systèmes entrée-sortie, nous avons proposé de nouveaux

schémas de discrétisation conservatifs en énergie, dans un premier temps pour des systèmes algébro-différentiels en dimension finie (à paramètres localisés). Cette approche a ensuite été généralisée au cas de systèmes en dimension infinie, régis par des équations aux dérivées partielles, par le biais d'une semi-discrétisation en espace et en temps, conservative en énergie.

Ces schémas de discrétisation ont ensuite été appliqués à la simulation numérique, à l'analyse de systèmes conservatifs régis par des équations aux dérivées partielles hyperboliques du 1^{er} ordre, et à la synthèse de lois de commande. Ils présentent l'avantage de garantir la conservation de propriétés intrinsèques, telles que la passivité ou l'énergie. Ils répondent aux besoins de la simulation numérique ou de la conception de lois de commande, qui sont basées sur les propriétés d'évolution interne de l'énergie transitant dans des systèmes via leurs interconnexions.

b. Couplage approches locales et modélisation système

Dans le cas idéal, la conception et l'optimisation des systèmes doivent être étudiées en analysant simultanément les performances aux niveaux local et macroscopique. Cependant, certaines physiques sont trop coûteuses en temps de calcul pour être directement intégrées à une boucle d'optimisation, ou de simulation de la dynamique. L'étude de la sensibilité paramétrique, comme problème combinatoire, implique des temps de calcul très élevés.

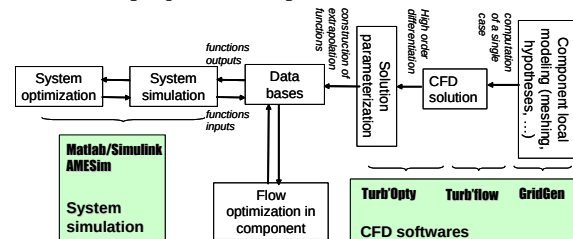


Fig.1 : Paramétrisation en CFD pour la simulation système et l'optimisation.

Dans le cadre du projet [CINEMAS²](#), nous avons appliqué une nouvelle approche basée sur le paramétrage de la solution CFD (Computational Fluid Dynamics) calculée via une approximation polynomiale des équations de Navier-Stokes complètes autour d'un point de référence. Ce procédé est particulièrement efficace pour prendre en compte les changements de la géométrie ou des conditions aux limites, et facilite le couplage avec la simulation macroscopique du système (Fig.1). Ce paramétrage permet d'intégrer les résultats de CFD à une boucle d'optimisation couplant performances stationnaires et dynamiques (lois de commande).

c. Caractérisation spatiale d'un écoulement en régime instationnaire

Face aux actionneurs électriques, l'efficacité de la transmission de l'énergie fluide est fortement pénalisée car le principe de la commande est le contrôle d'une perte de charge (valve). En génie électrique, le principe des convertisseurs de puissance repose sur des composants on/off à haute fréquence de commutation, ce qui limite les pertes essentiellement aux phases de commutation. Le développement de composants fluidiques de puissance *minia-*

tures (une centaine de cm^3) à *commutation rapide* (inférieure à la milliseconde) est donc un enjeu important. De plus, des applications hautes fréquences se développent aussi dans des secteurs comme le transport, l'alimentaire, ou le tri des déchets. L'émergence de ces technologies en rupture rend nécessaire le couplage d'outils issus de la mécanique des fluides, de l'électromécanique et de l'automatique afin d'atteindre des performances stationnaires et dynamiques adéquates. Le laboratoire s'est appuyé sur les outils présentés plus haut pour concevoir ou spécifier des composants fluidiques haute fréquence. Cependant à ces fréquences, les phénomènes locaux dans l'écoulement deviennent prépondérants et leur dynamique n'est plus négligeable devant les temps de réponse mécaniques.

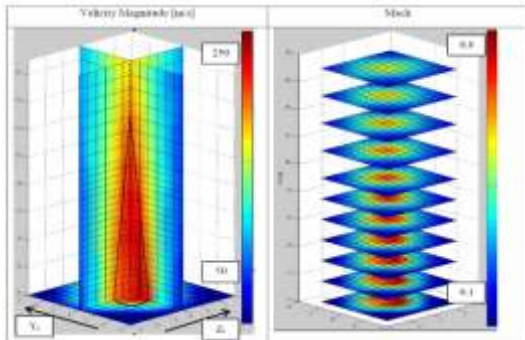


Fig.2: Caractérisation expérimentale d'un jet d'air en conditions stationnaires.

La prise en compte de la forme et du temps d'établissement de l'écoulement constituent un paramètre caractéristique important de l'efficacité du composant. On est ici à la limite des connaissances en mécanique des fluides, et la modélisation numérique doit s'appuyer sur de nouveaux équipements pour la validation expérimentale des modèles. Pour illustrer ces travaux, une cartographie spatiale d'un jet d'air obtenue expérimentalement est présentée (Fig. 2); l'équipement du laboratoire permet d'obtenir une résolution temporelle des phénomènes jusqu'à des fréquences de 1.6 kHz.

d. **Commande optimale multi-échelle des véhicules électriques**

Dans le domaine de la recherche d'une meilleure efficacité énergétique des véhicules routiers ou automobiles, la recherche s'est souvent focalisée sur la modification de l'architecture. Le laboratoire s'est intéressé à d'autres voies, qui visent à améliorer autrement les performances de ces systèmes hybrides, par exemple par une utilisation aux meilleurs points de rendement/émission de polluants, une gestion plus intelligente des stockages d'énergie, la prise en compte du vieillissement des composants, l'interaction avec l'utilisateur.

Ces approches globales s'appuient évidemment sur une bonne compréhension de ces systèmes hybrides et des flux d'énergie entre les différentes physiques, mais aussi sur différentes méthodes d'optimisation multi-physiques et multi-échelles permettant soit d'évaluer le potentiel en terme de gain énergétique (optimisation hors ligne), soit de synthétiser les commandes optimales à mettre en œuvre (optimisation en ligne).

Cette démarche a été appliquée par exemple pour le développement d'un Advanced Driver Assistance

System pour l'éco-conduite des véhicule thermique, électriques et hybrides avec prise en compte des émissions de polluants [thèse [Mensing](#)], ou encore la commande d'un véhicule à pile à combustible garantissant une gestion optimale de l'énergie en respectant les contraintes de vieillissement de la pile pour une durée de vie de 5000h [thèse [Da Fonseca](#)]. Nous abordons également la gestion de la consommation des auxiliaires d'un véhicule, problème qui se rapproche de la gestion d'un smart grid. Ces recherches considèrent la forme générique des problèmes et développent des outils originaux articulant différentes approches (programmation dynamique, principe de Pontryagin, optimisation convexe, Branch & Bound, théorie des jeux, ...).

4. **Positionnement, collaborations et partenariats**

- ✓ Travaux méthodologiques et appliqués.
- ✓ Originalités :
 - point de vue adopté pour dimensionner /optimiser/commander des systèmes complexes et multi-physiques avec vaste échelle de temps et d'espace,
 - domaine d'application particulier (fluidique).
- ✓ Collaborations académiques : réseau [FPCE](#) ; [Institut C. Ader](#), Laboratoire [Roberval](#) ; LMFA, CETHIL, LAMCOS, LAGEP, IFSTTAR.
- ✓ Partenariats industriels : Volvo Trucks, Volvo CE, Plastic Omnium, Renault, PSA, Sherpa Engineering, Asco-Joucomatic, Moog, ...

5. **Faits marquants**

- ✓ Electrovanne pneumatique pour la génération de jets. Commutation en 0.5 ms pour 100 NI/mm à 6 bars ; actionnement réalisé par AMF magnétique [*brevet ASCO déposé en 2014*].
- ✓ Contrôle de la traînée aérodynamique des véhicules (Fig.3) [*projet ANR déposé*].



Fig.2: Recollement de l'écoulement par jet pulsé (150 Hz).

6. **Références**

- [1] F. Mensing, E. Bideaux, *et al.*, "Eco-driving: An economic or ecologic driving style?", Transportation Research Part C, 38 pp. 110-121, 2014
- [2] R. Da Fonseca, E. Bideaux, B. Jeanneret, M. Gérard, M. Desbois-Renaudin, A. Sari, "Energy management strategy for hybrid fuel cell vehicle", ICCAS'2012, Corée
- [3] Y. Xu, E. Bideaux, S. Sesmat, J.-P. Simon, "Dynamic Effect of the Intermediate Block in a Hydraulic Control System", JMEA 2, 6 pp. 184-193, 2012
- [4] E. Bideaux *et al.*, "Drag reduction by pulsed jets on strongly unstructured wake: towards the square back control", IJAD vol. 1, n°3/4, pp.282-298, 2011
- [5] S. Aoues, D. Eberard, W. Marquis-Favre, "Canonical Interconnection of discrete linear port-Hamiltonian systems", CDC 2013, Florence, Italy.

Fiche MIS 2 : Méthodes et Outils pour la Conception et la Commande Robuste de Système

L. Bako, E. Bideaux, X. Brun, M. Di Loreto, D. Eberard, J. Huillery, A. Kornienko, W. Marquis-Favre, P. Massioni, R. Moreau, G. Scorletti, M. Smaoui, D. Thomasset, J.-F. Tréguet.

1. Résumé

Cette activité développée au laboratoire Ampère concerne le développement de méthodes et d'outils pour répondre aux besoins toujours plus contraignants de performance des systèmes dynamiques. Elle est centrée sur l'Automatique pour l'analyse, la conception et la conduite de systèmes complexes. Cette activité amont, fortement liée aux champs applicatifs développés au sein du laboratoire Ampère, s'appuie sur une synergie de différentes approches afin de répondre au mieux aux problématiques posées, qui sont de natures différentes. Les méthodes développées et les cadres théoriques choisis ont comme ligne directrice de garantir un bon compromis entre leur conservatisme, leur complexité algorithmique et leur adéquation pour leur exploitation aux domaines applicatifs visés.

Mots clés : Analyse de performance, Optimisation convexe, Analyse structurelle, Inversion, Robustesse, Conception de systèmes commandés.

2. Introduction/contexte

Les enjeux industriels actuels induisent une conception en un temps réduit de systèmes d'une grande complexité, et garantissant un haut niveau de performance et d'efficacité énergétique. Les systèmes abordés par les champs applicatifs du laboratoire Ampère présentent ces caractéristiques. Ils sont en effet multi-physique (mécatronique, génie électrique, biologie), tout en incluant des aspects non linéaires et/ou commutés, distribués/décentralisés, à grande échelle, ou encore de dimension infinie. Pour répondre à ces enjeux, il est nécessaire de développer des méthodes efficaces permettant de poser un cahier des charges, le valider et le satisfaire en exploitant des modèles suffisamment simplifiés.

Les travaux de recherche menés au laboratoire Ampère visent à développer ces nouvelles méthodes en abordant les différentes étapes fondamentales de la conception d'un système : modélisation (approximation et incertitude), choix d'une architecture (approche structurelle), détermination paramétrique de sous-systèmes et dimensionnement (approche entrée-sortie), aide à la rédaction de spécifications. Ces méthodes sont avant tout motivées par leur intégration dans les processus de conception mécanique, électrique, électronique et biologique. De par l'hétérogénéité des spécifications d'un cahier des charges (performances) et des différentes étapes de la conception, l'originalité des travaux réalisés consiste à effectuer une synergie entre différentes approches : modélisation inverse et bond graph,

commande robuste et performance non linéaire, optimisation convexe et systèmes décentralisés/grande échelle, systèmes distribués et systèmes à retard. Ces synergies s'appuient sur des méthodes et outils performants pour des familles de modèles définis par des représentations simplifiées et construites de façon à contenir le modèle complexe de départ.

3. Description de l'activité

a. Analyse de performance pour le cahier des charges

(1) Modélisation inverse et analyse de performance

Cette activité vise à développer des méthodes de conception par le biais de procédures graphiques de vérification structurelle et comportementale sur les représentations bond graph. L'originalité des travaux est l'exploitation de la modélisation inverse, qui, par les outils de la bicausalité, de l'analyse structurelle pour la commandabilité et du découplage entrée-sortie, permet de vérifier l'adéquation à des spécifications d'un modèle de conception ou d'un modèle de composant, à sélectionner ou à concevoir [2], [hal-00476283]. Des procédures algébriques ont également été développées pour l'inversion générique de systèmes LTI [hal-00805593].

(2) Analyse de la performance non linéaire

La norme H infini pondérée a fondé l'analyse de spécifications en poursuite, régulation, synchronisation pour les systèmes linéaires stationnaires. L'originalité de nos travaux est de l'étendre aux systèmes non-linéaires en se fondant sur le gain incrémental L_2 , ce que ne permet pas le gain L_2 usuellement utilisé [thèse Hillerin] [hal-00992392].

(3) Analyse de la performance des systèmes de dimension infinie, distribués et à grande échelle

L'enjeu associé à l'analyse de ces systèmes réside dans leur complexité. Elle est abordée en utilisant des méthodes d'optimisation adaptées, en recherchant des structurations de modèles plus appropriées, ou par approximation afin d'obtenir un modèle de complexité réduite doté d'une incertitude dynamique.

L'optimisation convexe a été exploitée en ingénierie inverse appliquée à la Biologie des Systèmes. Afin de déterminer le cahier des charges d'une bactérie en phase de croissance, une modélisation systémique a été développée et sa performance évaluée par programmation linéaire [hal-00753127], [4], [thèse Goelzer].

La structuration de modèles a été exploitée pour des systèmes multi-agents (interconnexion de sous-systèmes identiques) pour l'analyse de réseaux d'oscillateurs soumis à des spécifications réalistes [thèses Zarudniev, Kornienko].

La détermination d'un modèle d'approximation de complexité réduite est explorée pour l'analyse de la performance de systèmes de grande dimension, et de systèmes à paramètres répartis. Les contributions sous-jacentes concernent la propagation des

contraintes quadratiques intégrales pour l'analyse hiérarchisée [hal-00793948], [hal-00684302], ou la réalisation de systèmes à retards distribués [3] pour l'approximation de systèmes à paramètres répartis [hal-00957352].

b. **Outils de synthèse pour la conception de systèmes performants**

(1) **Synthèse de systèmes distribués et de grande dimension**

Les travaux ont porté sur la commande d'un agent ou sur leur interconnexion pour garantir la performance globale d'un système multi-agents en se basant sur la représentation LFT et sur l'optimisation convexe (IQC). Ces techniques ont été appliquées à la conception d'un réseau de PLL (boucles à verrouillage de phase) validé expérimentalement [thèse Kornienko], [5], [hal-00550425], et à la conception d'un réseau d'oscillateurs spintroniques [th. Zarudniev], [hal-00871119], [hal-00673955].

(2) **Commande en performance des systèmes non linéaires**

La commande LPV (linéaire à paramètres variants) vise à améliorer la commande par séquençement de gains des systèmes non linéaires. Constatant qu'elle ne garantit pas des spécifications importantes de performance, nous avons proposé une nouvelle approche de la commande LPV basée sur un critère incrémental gain L_2 afin de les garantir [1]. Elle permet la synthèse d'un correcteur avec des garanties de performance robuste et de coût énergétique [1], [th. Hillerin], [hal-00651979].

(3) **Synthèse de systèmes en présence de variations paramétriques et dynamiques**

Des travaux sont développés autour de l'évaluation de l'ensemble des paramètres d'un système qui réalise un certain niveau de performance défini par un cahier des charges.

Une première problématique (synthèse de tolérances) est, étant donné un cahier des charges et un jeu de paramètres pour lequel le système le satisfait, de déterminer les variations maximales des paramètres (tolérances) telles que le cahier des charges soit satisfait. Une première approche a été développée dans le cas de spécifications temporelles en se basant sur une représentation bond graph et la logique floue, dans un contexte probabiliste [hal-00799531]. Une seconde approche a été développée dans le cadre du contrôle actif des vibrations mécaniques pour la satisfaction de spécifications fréquentielles [hal-00839744], [hal-00859441], [thèse Zhang].

Une seconde problématique (analyse de la performance robuste) est, étant donné un ensemble de paramètres du système, évaluer le niveau de performance fréquentielle satisfait par le système. Elle peut être efficacement abordée par l'analyse de la robustesse basée sur la représentation LFT et sur l'optimisation convexe (IQC). Les travaux ont porté sur son intégration dans la conception de filtres CEM (voir [fiche MIS/EE 1](#)), en exploitant le formalisme graphique des circuits électriques.

Une troisième problématique est la synthèse de la performance robuste. Une partie des paramètres du système étant fixée mais incertaine, il s'agit alors de déterminer les autres paramètres pour satisfaire un niveau de performance, en présence d'incertitudes dynamiques. Des solutions pour une classe de systèmes dit «boucle ouverte» ont été proposées [thèse Bayon], [hal-00793954], [hal-00734571], et appliquées à l'observation robuste (voir Activité IV) et à la commande par anticipation pour l'impression jet d'encre [hal-00655805].

4. **Positionnement, collaborations et partenariats**

- ✓ positionnement : méthodes pour l'analyse de performance de systèmes complexes, en vue de leur intégration métier
- ✓ collaborations : MIG INRA (1.2, 1.3 et 2.2), DCSC TU Delft (2.3), Cinvestav (1.3), CEA LETI (1.2, 1.3 et 2.1), LTDS (2.3), Supélec (2.2)
- ✓ partenariats : EDF (1.1), IFPen (1.1), LMS Imagine (1.1 et 2.3), PELAB (1.1 et 2.3)

5. **Faits marquants**

- ✓ Développement de l'outil BoGiE pour l'analyse structurelle et la simulation de la représentation Bond Graph d'un modèle dynamique
- ✓ Conception d'un réseau de boucles à verrouillage de phase (PLL) et mise en œuvre expérimentale

6. **Références**

- [1] S. De Hillerin, G. Scorletti, V. Fromion, "Reduced complexity controllers for LPV systems: Towards incremental synthesis", 50th IEEE CDC - ECC, 2011
- [2] M. El Feki, A. Jardin, W. Marquis-Favre, L. Krähenbühl, E. Bideaux, D. Thomasset, "Determination of essential orders from a bond graph model", ASME Journal of DSMC, 134, 6, 2012
- [3] H. Lu, M. Di Loreto, D. Eberard, J.P. Simon, "Approximation of distributed delays", Systems & Control Letters 66, 16-21, 2014
- [4] A. Goelzer, V. Fromion, G. Scorletti, "Cell design in bacteria as a convex optimization problem", Automatica 47, 1210-1218, 2011
- [5] A. Kornienko, G. Scorletti, E. Colinet, E. Blanco, J. Juillard, D. Galayko, "Control law synthesis for distributed multi-agent systems: Application to active clock distribution networks", ACC, 2011

Fiche MIS 3 : Diagnostic, pronostic et supervision

E. Boutleux, G. Clerc, H. Razik, L. Piétrac, E. Niel, E. Dumitrescu.

1. Résumé

Ces activités de recherche visent à augmenter la durée de vie des systèmes complexes par la maîtrise des phénomènes physiques ou logiques de propagation de fautes. Nos investigations en FDIR (Fiabilité, Diagnostic, Identification, Recouvrement) regroupent l'identification des défauts, leur diagnostic ainsi que les méthodes sûres de conception et de tolérance aux fautes. Les applicatifs concernent les entraînements électriques (actionneurs), les systèmes de contrôle/commande embarqués et l'assistance à la supervision.

Mots clés : Diagnostic, Classification, Pronostic, Vérification Formelle, Synthèse de contrôleurs.

2. Introduction/contexte

Les exigences fonctionnelles, structurelles et sécuritaires des systèmes critiques actuels, notamment pour le transport (avionique, ferroviaire, automobile) deviennent de plus en plus drastiques et concurrentielles. Au-delà des caractéristiques de fiabilité intrinsèque de ses composants (actionneurs, pré-actionneurs, chaîne de commande), elles conduisent au niveau système (procédure, architecture, codage) au développement de méthodes de conception sûres et prouvables. Ainsi, l'amélioration de la sûreté de fonctionnement s'impose du composant au système, qu'elle relève de la conception ou de l'exploitation. Respectant cette dimension d'investigation du composant au système pour conforter les liens entre le diagnostic et la supervision, nos travaux de recherche ciblent trois activités majeures pour améliorer la sûreté de fonctionnement : le superviseur, le contrôle/commande, l'actionneur. Au niveau de la conduite des systèmes, les SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) représentent le moyen le plus commun de surveiller et d'ajuster le comportement déviant. Les actions de recherche visent à optimiser les engagements de ressources et à mettre en cohérence les procédures sécuritaires dans des situations dangereuses. Pour les fonctions de contrôle/commande, si l'électronique embarquée apporte flexibilité (programmable) et souplesse (poids, gabarit), c'est une technologie qui doit répondre à des contraintes d'homologation particulières (Safety Integrated Level SIL) discutées depuis plus d'une décennie et dont les méthodes de conception font encore l'objet d'intenses investigations de recherche.

Au niveau de l'actionneur, la prédiction de défauts consiste à élaborer des signatures pour l'identification des défaillances. Le pronostic de défauts repose sur l'évolution de marqueurs afin de suivre le vieillissement des appareillages/systèmes afin d'anticiper l'apparition de défauts et d'estimer le temps de vie restant.

3. Description de l'activité

a. Supervision

Le véritable aboutissement d'un superviseur industriel consiste à assister l'opérateur dans la conduite du process surveillé notamment face à des situations critiques. Certaines procédures sont prescrites pour gérer de telles confrontations, elles se doivent d'être exemptes d'ambiguïté et bien refléter l'objectif industriel.

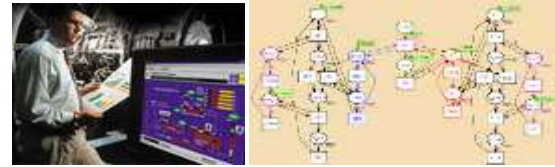


Fig.1. Superviseur et modèle d'états

Verrous scientifiques

Identification des états dangereux à partir de prescriptions textuelles. Evaluation de l'efficacité industrielle. Comportement complexe en cas de simultanéité d'actions.

Propositions

Nous avons développé des méthodes d'assistance à la prise de décision pour l'assurance de la cohérence des protocoles et la configuration des systèmes distribués, basées respectivement sur l'interprétation de procédures BPMN (Business Process Model and Notation) par approches d'états de modèles de réseaux de Petri de haut niveau et une optimisation multicritère à partir de formalisme Max+. Les modèles RdPHN (Réseau de Petri Haut Niveau) évaluent également la fiabilité dynamique des procédés. Dans le cas d'engagement simultané de ressources, les automates Max+ ont été étendus pour appréhender la synthèse synchrone.

b. Contrôle/Commande

La supériorité de la logique programmée par rapport à la logique câblée réside dans sa capacité à intégrer de multiples niveaux opérationnels voire d'auto configuration. Cette faculté d'intégration peut cependant induire des erreurs (codage, comportement physique) conduisant à entreprendre des protocoles sécuritaires additionnels.

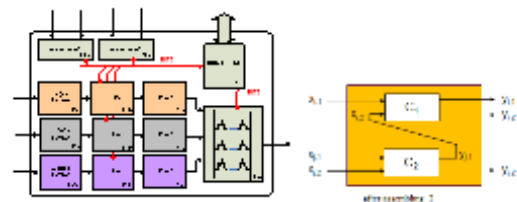


Fig.2. Architecture fiable FPGA 2003 et automates composés

Verrous scientifiques

Le verrou scientifique majeur d'une implantation de systèmes électroniques programmables sûrs réside dans l'explosion combinatoire (passage à l'échelle) des états discrets des systèmes à contrôler.

Propositions

Pour maîtriser ce passage à l'échelle, nous avons adopté une approche compositionnelle et exploité la synergie entre les techniques de synthèse de contrôleurs discrets et de vérification formelle qui

au-delà participe à la démonstration du respect des niveaux SIL exigés.

Dans le cas d'engagement simultané de ressources, les automates Max+ ont été étendus pour appréhender la synthèse synchrone.

c. Actionneur

L'apport majeur se situe sur la mise au point d'outils qui exploitent des grandeurs caractéristiques des défauts et de méthodes pour la supervision de ceux-ci.

Verrous scientifiques

Les verrous scientifiques concernent la mise en place de nouvelles méthodes tant pour la supervision que pour l'estimation de fin de vie restante sachant que les comportements et le fonctionnement changent avec le vieillissement. Le champ d'application va du convertisseur électromécanique à son alimentation et aux dispositifs de stockage de l'énergie.

Propositions

Ainsi, des méthodes heuristiques basées sur le comportement des essaims de particules, des fourmis artificielles, voire l'algorithme hybride du Kangourou, ont été mises en œuvre pour effectuer soit l'apprentissage, soit pour la poursuite des signatures de défauts.

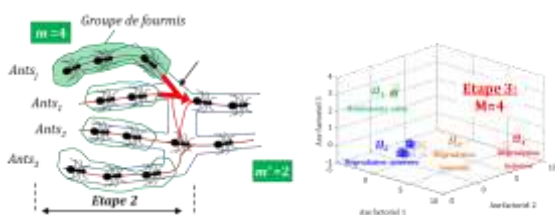


Fig.3. Classification par algorithme des fourmis artificielles et pronostic

Nous avons aussi travaillé sur la classification à base de chaîne de Markov cachées. A chaque mode de fonctionnement est associé un modèle. L'affectation d'un élément à une classe est liée au modèle le plus probable. Par ailleurs, nous avons développé les premiers algorithmes de pronostic, appliqué au vieillissement des roulements. En effet, le pronostic peut être défini comme une extension du problème de diagnostic. La prédiction d'un défaut est réalisée par trois méthodes basées sur les modèles de Markov cachés pour la détection de l'imminence d'un défaut ainsi que deux méthodes basées sur le système neuro-flou (ANFIS pour Adaptive Neuro Fuzzy Inference System et le neurone neo-flou) pour estimer le temps restant avant son apparition.

4. Positionnement, collaborations et partenariats

Les travaux relevant de l'assistance à la décision pour la supervision de process et de conception sûre pour les systèmes embarqués contribuent à l'extension de techniques basées sur les SED. Nous exploitons les méthodologies de vérification formelle et de synthèse de contrôleurs bien identifiés au sein de la communauté IFAC, MSR, WODES et de DCDS. Toutefois, rares sont les

validations sur objets industriels. Les travaux relevant du diagnostic et du pronostic contribuent à l'extension des approches dites de softcomputing.

Nos collaborations académiques : CRAN, LAGIS, IFSTTAR dans le cadre d'un FUI porté par Bombardier, le LAAS sur un projet international de coopération liant diagnostic et supervision (PCP Venezuela). Plusieurs thèses en cotutelles (Tunisie, Venezuela) et collaboration en cours avec le East Lansing (Michigan).

Parmi nos partenaires industriels : PDVSA (Vz), Bombardier, Dassault Système, Thalès.

5. Faits marquants

- ✓ Nos publications ont donné lieu aux prix des meilleurs articles :

Détection des défauts dans les moteurs asynchrones par une nouvelle méthode basée sur les fourmis artificielles, JCGE 2011

Méthode de conception sûre de systèmes embarqués à base de COTS, CIEL 2012 ([hal-00811615](#))

- ✓ Collaboration avec le Green sur le diagnostic d'un actionneur électrique de commande de vol

- ✓ Intégration en 2013 dans le programme de l'ITE SuperGRID sur les architectures HVDC fiables et reconfigurables.

6. Références

- [1] G. Faraut, L. Piétrac, E. Niel, "Process tracking by equivalent states in modal supervisory control", Proc. of the [IEEE 16th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation](#), France, 2011
- [2] M. Ren, E. Dumitrescu, L. Piétrac, E. Niel, "Incremental discrete controller synthesis for communicating systems based on modular decomposition", WODES 2012
- [3] S. Hajjar : "Méthode de conception sûre de systèmes embarqués à base de COTS ", [Thèse](#) de doctorat (direction E. Niel et E. Dumitrescu). INSA de Lyon, 2013
- [4] A. Soualhi, H. Razik, G. Clerc, "Prognosis of Bearing Failures using Hidden Markov Models and the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System", [IEEE Transactions on IES](#), vol. 61 n°6, pp. 2864 – 2874, 2014
- [5] A. Soualhi, G. Clerc, H. Razik, "Detection and Diagnosis of Faults in Induction Motor using an Improved Ant Clustering Technique". [IEEE Transactions on IES](#), vol. 60 n°9, pp. 4053 – 4062, 2013

Fiche MIS 4 : Identification, Observation & Capteurs Logiciels

L. Bako, E. Blanco, X. Brun, J. Huillery, X. Lin Shi, M.T. Pham, G. Scorletti, M. Smaoui, D. Thomasset, H. Yahoui.

1. Résumé

Cette activité vise un double objectif :

- (i) Développer des méthodes générales d'identification de modèles et d'observation (estimation paramétrique) en prenant explicitement en compte l'incertitude et/ou le caractère temps variant / non linéaire / commuté des systèmes ainsi que la finalité des modèles et observateurs obtenus (identification/observation pour la commande) ;
- (ii) Développer des méthodes adaptées d'estimation et d'observation pour les applications phares du laboratoire Ampère et les valider expérimentalement : diagnostic et commande de systèmes électriques, commande des systèmes électropneumatiques, robotique, etc.

Mots clés : identification, observation, dérivateurs, déconvolution, capteurs logiciels.

2. Introduction/contexte

D'une part cette activité se développe en interaction avec les développements théoriques sur l'analyse de la performance, la prise en compte des incertitudes et des effets temps variant, non linéaires et commutés (fiches [MIS 1](#) et [MIS 2](#)). Les problèmes d'observation et de déconvolution peuvent être interprétés comme des problèmes de conception de systèmes en boucle ouverte.

D'autre part, cette activité est portée par les applications développées dans les fiches [MIS 5](#), [MIS 6](#), [INTER 1](#) et [INTER 2](#). Du fait que de nombreux problèmes sont (et probablement resteront ouverts dans leur généralité), il est nécessaire d'exploiter les spécificités des applications visées et les potentialités des méthodes générales les plus avancées tout en contribuant à leur développement.

3. Description de l'activité

a. **Développement de méthodes générales**

Les travaux développés s'articulent autour de l'identification et de la synthèse d'observateurs.

Identification pour la commande et la déconvolution

Les travaux sur la performance robuste (fiche [MIS 2](#)) portent sur la quantification du niveau de performance garanti en fonction du niveau d'incertitude du modèle. Sachant que l'expérience d'identification conditionne l'incertitude du modèle identifié et que la performance atteignable garantie par un correcteur dépend des incertitudes de modèles, l'idée est de construire l'expérience d'identification à réaliser en fonction du cahier des charges du correcteur. L'originalité des [travaux développés](#) est d'obtenir une expérience d'identification avec un coût (énergétique) minimal grâce à une synergie entre l'approche d'identification et de commande robuste. Ces concepts ont été appliqués

à l'identification pour la déconvolution [[hal-00655789](#)]. Parallèlement aux travaux de la fiche [MIS 2](#), la perspective est l'extension de l'approche à l'identification de systèmes avec des effets temps variant, non linéaire et/ou commutés.

Observation robuste et synthèse de systèmes en boucle ouverte

Des méthodes de conception d'observateurs efficaces ont été développées pour les systèmes linéaires stationnaires supposés parfaitement modélisés. Une telle hypothèse étant irréaliste, l'objectif est de développer des méthodes prenant en compte explicitement des écarts (robustesse) entre le modèle et le système observé. La très grande majorité des travaux présentés dans la littérature se sont focalisés sur la synthèse de filtres robustes, en utilisant des approches de type Lyapunov pour des classes spécifiques d'incertitudes. Par des approches entrée/sortie faisant appel aux IQC (fiche [MIS 2](#)), l'originalité des travaux développés est de proposer un ensemble complet de nouvelles méthodes de synthèse de filtres et d'observateurs, pour des structures d'incertitudes très générales, basées sur l'optimisation convexe sous contrainte LMI [thèse [Bayon](#), ref. [2]].

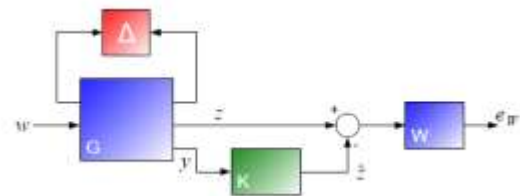


Fig.1. Synthèse de filtres robustes

De façon plus fondamentale, ils ont mis en évidence la possibilité de formuler de façon convexe des conditions peu pessimistes pour les problèmes de synthèse robuste en boucle ouverte [[hal-00793954](#), [hal-00734571](#)]. Des premières applications ont été réalisées en déconvolution robuste et testées expérimentalement [[hal-00772618](#), [hal-00655805](#)]. Malgré le fort potentiel des IQC pour l'observation, peu de travaux ont été développés avec ce degré de généralité. Leur utilisation ouvre la prise en compte d'effets non linéaires et temps variant, la formalisation de la performance étant fondée sur la norme incrémentale [[hal-00651984](#)], (fiche [MIS 2](#)).

b. **Développement de méthodes adaptées**

Le développement de capteurs logiciels a été étudié sur les applications phares du laboratoire Ampère à travers trois problématiques : la dérivation en présence de bruit, les pertes d'observabilité ainsi que le caractère commuté/temps variant.

Dérivation et application aux capteurs logiciels pour les systèmes fluide sous pression

Les commandes en position des systèmes mécaniques nécessitent souvent, en plus des capteurs de position, des capteurs de vitesse et d'accélération. Ces deux derniers types de capteurs sont remplacés

par des algorithmes de dérivation (dérivation numérique) qui calculent des estimations de la vitesse et de l'accélération à partir de mesures de position (capteur logiciel). Bien que la dérivation numérique soit un problème classique en automatique, cela ne s'est pas traduit par le développement de capteurs logiciels adaptés, notamment pour la commande de systèmes électropneumatiques et électrohydrauliques. Les travaux ont porté sur la dérivation algébrique, par observateurs par modes glissants d'ordre supérieur ou par observateurs H infini pondérés ainsi que sur leur intégration en temps réel. Les algorithmes ont été testés et comparés en co-simulation et expérimentalement sur des systèmes fluides sous pression [thèses [Sidhom](#) et [Dridi](#), [hal-00550422](#), [hal-00550424](#) et, pour d'autres applications : [hal-00799772](#), [2]]. Le bruit est pris en compte suivant deux axes :

- en présence de son modèle, dérivateur optimal (H infini) [[hal-00799203](#)],
- en l'absence, dérivateur par modes glissants d'ordre un adaptatif [5], observateur non linéaire dont nous avons prouvé la convergence en temps fini (Lyapunov).

A la différence des travaux du projet [INRIA-Non-A](#), les algorithmes adaptatifs proposés ne présentent pas de contrainte d'initialisation.

Capteurs logiciels pour les systèmes présentant des pertes d'observabilité

Pour des raisons économiques, des capteurs logiciels doivent se substituer aux capteurs physiques. Deux classes d'application ont été étudiées : commandes de position des moteurs synchrones à aimant permanent et des vérins électropneumatiques. La difficulté est ici la perte d'observabilité avec l'annulation de la vitesse. La solution développée est d'injecter des signaux hautes fréquences sur les commandes : couplée à un filtre de Kalman étendu, la solution a été validée sur bancs expérimentaux [thèses [Zgorski](#) et [Abry](#), [hal-00704657](#), [hal-00704651](#)] et testée avec un observateur LPV [[hal-00793950](#)] et par mode glissant [[hal-00799772](#)]. Elle fait l'objet du brevet [1].

Observateurs pour les systèmes commutés

Deux approches ont été utilisées pour développer des observateurs des systèmes commutés à partir d'un modèle moyen et d'un modèle commuté. Dans le premier cas, la démonstration de convergence de l'observateur basé sur des modèles moyens de convertisseurs de puissance se base sur le formalisme hamiltonien [[hal-00799336](#), [4]]. L'observateur commuté proposé permet la prise en compte de modes de fonctionnement inobservables, ce qui est un cas peu traité dans la littérature [thèse [Meghnous](#), [hal-00799362](#)].

4. Collaborations et Partenariats

Par rapport à d'autres équipes, une originalité est d'intégrer toutes les étapes, des développements théoriques basés sur des démonstrations de propriétés à la mise en œuvre expérimentale. Une autre originalité est de développer des travaux à l'interface de deux domaines de l'automatique et reconnus par ceux-ci. L'activité est basée sur une

collaboration avec le département DCSC de l'Université de Delft (identification et déconvolution robuste), l'équipe EMMAH de l'INRA (filtrage robuste) et le LAGEP (observation non linéaire appliquée au diagnostic).

5. Faits marquants

- ✓ Des méthodes de conception d'observateurs / filtres prenant en compte explicitement les incertitudes par optimisation convexe, avec un faible niveau de pessimisme ont été obtenus dans la thèse de B. Bayon, ce qui n'est pas en général possible pour les problèmes de conception robuste.
- ✓ Les travaux sur les méthodes d'injection de signaux pour l'observation ont fait l'objet d'un brevet.
- ✓ Les différentes techniques appliquées ont fait l'objet de réalisations logicielles et de démonstrateurs temps réels.

6. Références

- [1] Brevet [WO 2012143458](#) - F. Abry, X. Lin-Shi and A. Zgorski, "Method of detecting an angular position of a synchronous machine rotor"
- [2] B. Bayon, G. Scorletti and E. Blanco, "Robust L2-Gain Observation for structured uncertainties: an LMI approach", 50th IEEE CDC-ECC, 2011
- [3] X. Bombois and G. Scorletti, "Design of least costly identification experiments," JESA 46, 6-7, pp. 587-610, 2012
- [4] A.-R Meghnous, M.T. Pham, X. Lin-Shi. "Nonlinear Observer and Lyapunov-Based Control for SEPIC Converter: Design and Experimental Results," Proc. of ACC (2013).
- [5] L. Sidhom, M. Smaoui, D. Thomasset, X. Brun, E. Bideaux, "Adaptive Higher Order Sliding Modes for Two-dimensional Derivative Estimation," 18th IFAC World Congress, 2011.

Fiche MIS 5 : Commande et gestion d'énergie de systèmes mono ou multi-sources

X. Brun, E. Bideaux, M. Di Loreto, A. Hijazi, J. Joly, X. Lin Shi, P. Massioni, S. Sesmat, M. Smaoui, D. Thomasset.

1. Résumé

Nous présentons ici les développements effectués en Automatique non linéaire en termes de commande et de gestion d'énergie pour des applications complexes utilisant différentes sources d'énergies : pneumatique (air, hélium, gaz médical), hydraulique (huile, fluide frigorigène), électrique (batterie, supercondensateur). Ces travaux sont à caractères méthodologiques et appliqués.

Mots clés : Commande Non Linéaire : Platitude, Backstepping, Modes glissants, Gestion d'énergie, Fluid Power, Transport.

2. Introduction/contexte

Les travaux effectués dans le domaine de l'Automatique reposent sur une démarche de modélisation fine des systèmes complexes étudiés, demandant des connaissances pluridisciplinaires en thermodynamique, mécanique, électronique, électrotechnique afin d'établir des modèles de simulation. Ces modèles sont alors simplifiés dans un but d'analyse et de synthèse de commande et d'observateurs. Dans ce contexte, les commandes étudiées lors de ce quadriennal sont essentiellement des stratégies de commande non linéaire du fait du comportement fortement non linéaire des systèmes étudiés. L'originalité de ces travaux repose sur le fait que toute la démarche de l'automaticien est étudiée en terme de conception, dimensionnement, analyse, synthèse de commande pour partir du cahier des charges jusqu'à la réalisation temps réel de la commande sur un processus industriel ou un prototype conçu en collaboration institutionnelle ou industrielle. Les bancs utilisés et/ou développés lors de ce quadriennal ont fortement participé au développement du Centre d'Essais Fluid Power.

3. Description de l'activité

a. **Commandes linéarisantes**

Les deux techniques étudiées sur des systèmes non linéaires complexes concernent la linéarisation entrées / sorties par feedback et la platitude. Ces deux techniques ont pour avantage principal de linéariser le système sur une grande plage de fonctionnement ce qui permet d'avoir des commandes globales et non locales. Par contre, leur défaut principal concerne leur robustesse : si le modèle n'est pas suffisamment connu, cette approche peut s'avérer dangereuse en termes de stabilité.

Dans le cadre de la linéarisation par bouclage endogène statique, la difficulté réside non pas dans la synthèse de la commande mais dans la recherche de preuve de la stabilité de la dynamique résiduelle. Dans ce cadre, des difféomorphismes adéquats permettent de simplifier l'étude de stabilité globale qui est un réel problème (par exemple pour les systèmes à fluide sous pression). Des résultats locaux

ont été ainsi obtenus. Ils sont encore insuffisants pour une belle preuve théorique mais très utiles pour leur application, le bassin d'attraction étant tout le domaine de travail. De plus, des techniques de commande commutant sur deux objectifs ont permis de résoudre des problèmes de stabilité asymptotique connus sous le terme de redécollage (cas particulier de « stick-slip »). Ces preuves de stabilité ont été obtenues en utilisant l'optimisation convexe pour des modèles simplifiés linéaires par morceaux.

L'approche de platitude a été utilisée dans le cadre de la synthèse de commande non linéaire par feedforward. L'avantage ici est de linéariser globalement le modèle étudié, la complexité se situant dans la recherche de sorties plates et la gestion des singularités des commandes. Notre originalité réside dans le fait de chercher ces sorties plates dès les phases de conception du système physique. L'automaticien intervient alors sur l'architecture physique du système afin de pouvoir agir sur les transferts énergétiques de l'ensemble. Des travaux utilisant l'outil bond graph ont permis de spécifier des architectures dites plates dont les modèles possèdent des propriétés fortes de stabilité (stabilité asymptotique exponentielle globale). Cette approche initialisée sur des actionneurs électropneumatiques a été étendue à des actionneurs hydrauliques et à des systèmes de transport.

b. **Commandes stabilisantes**

Une autre approche connue en automatique pour la commande des systèmes non linéaires concerne la commande par stabilisation qui cherche avant tout à stabiliser le système, sans pour autant maîtriser ses performances. Dans ce cadre nous nous sommes intéressés aux techniques des modes glissants et du backstepping.

Les travaux sur les modes glissants au sein du laboratoire ont commencé il y a une vingtaine d'années et ont permis de résoudre le problème de réticence (« chattering ») en utilisant des algorithmes d'ordre supérieur. Lors de ce quadriennal, la principale avancée effectuée au laboratoire Ampère sur les modes glissants concerne l'utilisation de l'algorithme du super twisting, initialement développé pour la commande, comme un algorithme de différentiation robuste. Ceci a permis dans les applications en temps réel de s'affranchir de capteurs pour reconstruire les dérivées première et seconde de n'importe quel signal sur une grande plage de fréquence et d'amplitude (fiche [MIS 4](#)). Ces résultats sont depuis deux ans utilisés dans de nombreux algorithmes de commande nécessitant des dérivées de signaux et ont permis l'amélioration des performances de nombreux procédés.

L'utilisation de la technique du backstepping débute par la recherche de modèles sous forme « strict feedback ». Lorsqu'un changement de variable permet de le faire, la synthèse par fonctions de Lyapunov successives entraîne des résultats très intéressants en termes de stabilité. Néanmoins comme pour la plupart des techniques de commande non linéaires, la difficulté réside dans l'apparition de nombreux paramètres de réglage sans information concernant leur influence sur les performances du

système. Ce problème, bien connu des automaticiens et trop peu souligné a été particulièrement étudié ces derniers temps au sein du laboratoire. Dans le cadre des actionneurs fluidiques un changement de variable adéquat a permis de montrer qu'il est possible de donner un sens physique aux paramètres de synthèse de commande par back-stepping. Ainsi, pour la première fois à notre connaissance, il a été possible d'effectuer en temps réel un suivi de position et un suivi de raideur en boucle fermée afin de pouvoir dynamiquement et statiquement maîtriser une perturbation d'effort sur un axe en mouvement et donc ainsi sa compliance.

c. **Gestion d'énergie**

Les problèmes de gestion d'énergie ont été principalement étudiés en terme de planification de trajectoire et gestion de mode et ce au niveau actionneur, système et système dans son environnement.

Au niveau actionneur, des travaux issus des commandes non linéaires ont permis de développer des actionneurs pneumatiques alliant performances de suivi de trajectoire de position ou de force et faible consommation énergétique.

Au niveau système, à l'aide d'une approche d'optimisation, des algorithmes ont été développés, permettant ainsi de répartir la puissance dans un système multi-sources d'énergie (exemple batterie et pile à combustible). Les apports dans ce domaine concernent la synthèse d'algorithmes de gestion d'énergie pour des applications temps réel avec l'adoption d'une méthode d'optimisation globale combinée à une stratégie de commande prédictive et l'inclusion de la dynamique du système.

Nous avons également travaillé à plus haut niveau de synthèse sur l'optimisation énergétique de l'utilisation des véhicules conventionnels, électriques et hybrides. L'application des algorithmes d'optimisation au principe d'éco-conduite a permis de quantifier l'apport de l'éco-conduite et ses avantages économiques et écologiques.

4. **Collaborations et Partenariats**

Nos fortes compétences en termes de commande et de gestion d'énergie des systèmes multi-physiques se sont développées dans ce quadriennal via de nombreuses collaborations institutionnelles et industrielles classées ci-dessous en trois thématiques pour lesquelles Ampère est reconnu :

a. **Fluid Power**

- ✓ Commande de banc hydraulique pour tests hautes performances [Thèse [Xu](#)].
- ✓ Commande et stabilisation d'actionneur électropneumatique [Thèses [Turki](#) et Ameer].
- ✓ Commande de machine frigorifique à pistons ou à vis [Thèse [Fallahsohi](#)].
- ✓ Plateforme de Stewart actionnée par muscles pneumatiques [Projet PEPS CNRS].
- ✓ Contrôle d'actionneur électropneumatique pour la commande du vecteur de poussée d'un nano lanceur [Thèse [Abry](#), projet CNES].

b. **Robotique**

- ✓ Conception et Commande d'un simulateur d'accouchement BIRTHSIM [Thèse Herzig, projet ANR [SAGA](#)].

- ✓ Automatisation d'un système multi-robot pick and place [Thèse Humbert avec Schneider EL.]
- ✓ Commande d'attitude de picosatellite [LST].
- ✓ Développement de stimulateur pneumatique pour réaliser des potentiels évoqués chez l'homme [Projet CHU St-Etienne].

c. **Transports**

- ✓ Banc hacheur survolteur pour l'alimentation d'un trolleybus [Thèse [Hijazi](#)].
- ✓ Banc pneumatique de récupération d'énergie au freinage [Projet CAP]
- ✓ Contrôle du patinage d'un véhicule mono et multi-sources de puissance [Thèse [Chapuis](#)]



- ✓ Optimisation de la trajectoire de vitesse pour les véhicules thermiques et électriques [Thèse [Mensing](#) IFSTTAR LTE, projet ADEME]
- ✓ Commande par platitude du système PROSPAC (Pile à combustible + Batterie), [Thèse [Da Fonseca](#), CEA LITTEN]
- ✓ Banc hybride d'actionneur électrique et hydraulique. [Thèse Gendrin, projet FUI Volvo]

5. **Faits marquants**

- ✓ Ampère est à ce jour le seul laboratoire français membre du réseau européen [FPCE](#)
- ✓ Plateforme de 180 m² unique en France
- ✓ 3 Brevets durant le quadriennal.

6. **Références**

- [1] F. Mensing, E. Bideaux, R. Trigui, H. Tattegrain: "Trajectory optimization for eco-driving taking into account traffic constraints". [Transportation Research Part D](#), 2013, 18, pp. 55-61
- [2] L. Sidhom, M. Smaoui, D. Thomasset, X. Brun, E. Bideaux: "Adaptive Higher Order Sliding Modes for Two-Dimensional Derivative Estimation". [Proc. of the 18th IFAC World Congr.](#), 18, pp. 3063-3071
- [3] F. Abry X. Brun, S. Sesmat, E. Bideaux, "Non-linear position control of a pneumatic actuator with closed-loop stiffness and damping tuning", [ECC'13](#), Zürich, 2013
- [4] R. Naiff Da Fonseca, E. Bideaux, B. Jeanneret, M. Gérard, M. Desbois-Renaudin, A. Sari : "Energy management strategy for hybrid fuel cell vehicle". [ICCAS](#), Oct 2012, Jeju, Korea, pp. 485 – 490
- [5] A. Hijazi, X. Lin-Shi, A. Zgorski, L. Sidhom : "Adaptive sliding mode observer-differentiator for position and speed estimation of Permanent Magnet Synchronous Motor". [SLED 2012](#), Milwaukee

Fiche MIS 6 : Amélioration de la Sûreté de Fonctionnement des Systèmes de Stockage de l'Energie

G. Clerc, A. Hijazi, H. Razik, A. Sari, P. Venet.

1. Résumé

La réduction des ressources fossiles et minières, confortée par une prise de conscience environnementale, portent les problématiques liées à l'énergie et à son stockage au cœur des préoccupations. Des avancées technologies majeures sont attendues dans les années à venir dans le domaine des systèmes de stockage de l'énergie électrique et en particulier sur l'amélioration de leur sûreté de fonctionnement. Les systèmes de stockage couramment utilisés (batteries, supercondensateurs et condensateurs) présentent en effet des durées de vie limitées et peuvent engendrer des risques en matière de sécurité des biens et des personnes. Les études des comportements électrothermiques sur les mécanismes de vieillissement de ces composants permettent de développer des modèles de grande précision, pour estimer leur état de santé et prévoir leur durée de vie.

Mots clés : Batterie, condensateur, supercondensateur, caractérisation, modélisation, durée de vie, vieillissement, diagnostic, pronostic.

2. Introduction/contexte

Dans son rapport de mai 2013 sur les ruptures technologiques et les avancées qui transformeront la vie, les activités et l'économie mondiale d'ici 2025, le [McKinsey Global Institute](#) cite parmi les 12 avancées technologiques majeures, les Systèmes de Stockage de l'Energie (SSE). Leur marché potentiel jusqu'en 2025 pourrait atteindre 635 milliards de dollars par an dont plus de la moitié serait liée aux véhicules.

Si les principales avancées seront liées à l'emploi de nouveaux matériaux d'électrodes, l'amélioration de la sûreté de fonctionnement des SSE permettra de réduire leur coût d'exploitation et d'accroître leur développement. Des recherches sur les batteries, les supercondensateurs et les condensateurs sont menées au laboratoire AMPERE depuis plusieurs années dans ce sens.

3. Description de l'activité

a. Caractérisation et modélisation

Un suivi du vieillissement nécessite de caractériser finement les SSE afin d'extraire des signatures de leur état de santé. Cet objectif de caractérisation optimale dans le temps le plus faible possible, a été abordé dans le cadre de la thèse CIFRE d'An LI en partenariat avec Renault [brevet [FR 2993993](#)].

Les travaux des doctorants [R. German](#) (thèse 2013, ANR [SUPERCAL](#)) et M. Makdessi ([ISS Power & Control](#)) ont permis grâce à des caractérisations temporelles et/ou fréquentielles d'identifier des modèles comportementaux permettant d'analyser le vieillissement des composants. Par exemple, le modèle multipore développé avec l'IFSTTAR permet un suivi précis de l'état de vieillissement des pores des électrodes des supercondensateurs [1] ; les modèles de condensateurs films [2] permettent

d'obtenir une adéquation particulièrement précise avec le comportement du composant sur une large plage de fréquence (Fig. 1).

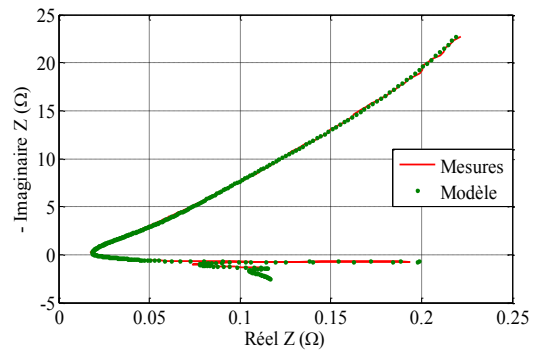


Fig. 1. Comparaison des impédances obtenues par mesure et par modélisation sur un diagramme de Nyquist pour un condensateur MPETF 680 nF-630 V.

b. Etude des contraintes

Plusieurs travaux ont été menés afin d'identifier précisément les contraintes électriques et thermiques influençant le vieillissement des composants. Nous avons analysé les profils de mission réels demandés à des batteries de véhicules ([thèse Devie](#), 2012). Notre outil a permis d'extraire les signatures typiques de cas aussi variés que des vélos à assistance électrique, des véhicules hybrides et électriques et d'un trolleybus. Pour chaque cas les sollicitations caractéristiques ont été déterminées. Des profils synthétiques représentatifs de l'application ont pu être proposés, qui ont permis d'établir des profils de vieillissement accéléré caractéristiques de l'utilisation des véhicules.

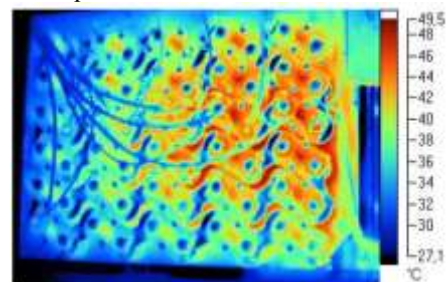


Fig. 2. Photo thermique du banc de supercondensateurs 50 kW pour récupération d'énergie de freinage d'un trolleybus

Le développement des SSE sous forme de modules (assemblage d'éléments) se heurte à des difficultés liées à la dissipation thermique des composants. Dans le cadre du projet Hybus ([4] et [thèse Hijazi](#)) le modèle thermoélectrique d'un banc de supercondensateurs a permis de prédire les évolutions de la température de chaque composant en fonctionnement. La comparaison entre les températures obtenues par simulation et par mesures (Fig. 2) a montré une très bonne concordance. Le vieillissement des composants a pu être intégré au modèle proposé. Pour identifier l'impact négatif ou éventuellement positif de sollicitations sur les batteries, [F. Savoye](#) (thèse CIFRE Volvo) a identifié le rôle potentiel des impulsions périodiques de courant sur la performance et la durée de vie d'accumulateurs lithium ion [5]. Par ailleurs, en se référant à une application de véhicule industriel hybride électrique, nous avons évalué sur des critères techniques et économiques l'intérêt d'implémenter un système de stockage d'énergie combiné, c'est-à-

dire mutualisant l'usage d'une batterie Li-ion et de supercondensateurs / condensateurs.

c. **Etude des mécanismes de vieillissement**

Afin d'étudier les différents mécanismes de vieillissement des SSE, plusieurs types d'essais de vieillissement accéléré sont mis en œuvre (calendaire, cyclage, ondulations haute fréquence, impulsif...). Nos études permettent d'identifier les phénomènes physiques de vieillissement liés aux conditions d'utilisation des composants. A titre d'exemple, nous donnons ici quelques résultats originaux marquants : pour les supercondensateurs, le non-impact sur le vieillissement des ondulations de courant ; l'augmentation inattendue de la cinétique de vieillissement lors de baisses périodiques du niveau de contrainte en tension (th. [R. German](#)).

d. **Estimation de la durée de vie**

Les thèses de [P. Kreczanik](#) (2012, projet Hybus), [R. German](#) et M. Makdessi (déjà citées) ont permis d'identifier les différents facteurs qui influent sur la durée de vie des supercondensateurs et de condensateurs film, et de proposer des nouvelles lois de vieillissement. Ces lois peuvent être par exemple de type Eyring (généralisation de la loi d'Arrhenius) en considérant des contraintes en température, tension et courant efficace. Des lois de suivi de dégradation temporelles des paramètres électriques ont aussi été élaborées. Notamment, une loi en racine carrée du temps, qui lie la perte de capacité d'un supercondensateur à la croissance d'une couche d'interface électrode/électrolyte, a été proposée ([R. German](#)).

e. **Pronostic de l'état de santé**

La connaissance des mécanismes de vieillissement et des lois de suivi des paramètres électriques, inhérentes à ces mécanismes, nous a permis de proposer plusieurs méthodes de pronostic de l'état de santé des SSE.

Les travaux effectués par le doctorant Ali Zenatti (en collaboration avec SAFT et le GREEN) ont permis d'estimer l'état de charge ainsi que l'état de santé des batteries lithium ion en combinant des méthodologies basées sur la logique floue avec des mesures d'impédance [brevet [EP2410346](#)].

Pour diagnostiquer l'état de santé des deux composants à risque des alimentations sans interruptions, à savoir les condensateurs électrolytiques et les batteries plomb étanches, K. Abdennadher (thèse CIFRE APC by Schneider Electric) a développé des observateurs à base de filtre de Kalman qui pourront être intégrés sur les microprocesseurs des futures alimentations sans interruptions moyennant quelques lignes de codes supplémentaires [6].

De son côté, [A. Soualhi](#) a étudié durant son doctorat des méthodes sans modèle, basées sur les données de mesure, pour pronostiquer l'état de santé des SSE. L'hypothèse faite est que les paramètres de surveillance extraits des données de mesure recueillies sur le système restent relativement inchangés jusqu'à l'apparition d'un défaut. Ces paramètres de surveillance sont des mesures

passives (tension, courant, température), ou actives (spectres d'impédance). Ils permettent de diagnostiquer l'état de santé des SSE et, par estimation de leurs tendances, de pronostiquer leur « RUL » (Remaining Useful Life). Ces méthodes ont déjà été appliquées avec succès aux pronostics de l'état de santé des condensateurs films et des supercondensateurs [7].

4. **Positionnement**

Collaborations industrielles : Airbus, APC by Schneider Electric, Blue Solutions, Irisbus, PSA Peugeot Citroën, Renault, Saft, Valeo, Volvo.

Partenaires académiques : IFSTTAR, IMS, GREEN.

5. **Faits marquants**

- ✓ Une expérimentation en grandeur nature sur une ligne de trolleybus d'un système de stockage par supercondensateurs 50 kW, 1 MJ récupérant l'énergie de freinage du véhicule a été réalisée (voir fiche spécifique « Fait marquant : A11.6 Electromobilité »).
- ✓ Les travaux sur les SSE ont permis d'entreprendre un partenariat rapproché avec le LTE de l'IFSTTAR qui s'est concrétisé par la création d'une [Equipe de Recherche Commune](#) « GEST » (Gestion Energie et Stockage pour les Transports) entre Ampère et LTE (IFSTTAR).

6. **Références**

- [1] R. German, P. Venet, A. Sari, et al. : "Improved Supercapacitor Floating Ageing Interpretation Through Multi-pore Impedance Model Parameters Evolution", [IEEE Tr. on Power El. 29/7](#) (2014).
- [2] M. Makdessi, A. Sari, P. Venet "Improved Model of Metallized Film Capacitors", IEEE Tr. on Dielect. and Electrical Ins., *accepted* (2014).
- [3] A. Devie, E. Vinot, S. Pelissier, P. Venet: "Real-World Battery Duty Profile of a Neighbourhood Electric Vehicle". [Transp. Res. C, Vol. 25](#) (2012).
- [4] A. Hijazi, P. Kreczanik, E. Bideaux, et al. : "Thermal network model of supercapacitors stack". [IEEE Tr. on Ind. El., 59/2](#) (2012).
- [5] F. Savoye, P. Venet, M. Millet, J. Groot : "Impact of periodic current pulses on Li-ion battery performance". [IEEE Tr. on Ind. El. 59/9](#) (2012).
- [6] K. Abdennadher, P. Venet et al.: "A real time predictive-maintenance system of aluminium electrolytic capacitors used in uninterrupted power supplies". [IEEE Tr. on Ind. Appl. 46/4](#) (2010).
- [7] A. Soualhi, R. German, A. Sari et al.: "Supercapacitors Ageing Prediction by Neural Networks". [IEEE IECON 2013](#).

Fiche MIS 7 : Robotique médicale, apprentissage et assistance des gestes médico-chirurgicaux

X. Brun, A. Leleve, R. Moreau, M.T. Pham, T. Redarce.

1. Résumé

La robotique médicale au laboratoire AMPERE s'intéresse principalement aux gestes médicaux en développant depuis plus de 10 ans des simulateurs pour l'apprentissage et des méthodes d'analyse des gestes en vue de leur évaluation objective.

Mots clés : Apprentissage et évaluation de gestes médicaux, Conception et Commande de robot médicaux, Haptique, Électropneumatique, Modélisation.

2. Introduction/contexte

Historiquement, l'activité robotique du laboratoire concernait la robotique industrielle. Depuis le début des années 2000, notre activité s'est plutôt orientée vers la robotique médicale avec des travaux sur le développement d'outils et de méthodes dédiés à l'apprentissage et l'évaluation des gestes chirurgicaux.

Traditionnellement, le geste médical est un geste appris empiriquement, ce qui rend difficile le transfert du savoir-faire entre les médecins. L'objectif est de remédier aux faiblesses de l'enseignement clinique et pratique en médecine et de combler le fossé entre la théorie et la pratique. De ce constat, il nous est apparu nécessaire de développer de nouvelles méthodes d'apprentissage et d'assistance du geste médical. Nous nous intéressons donc à ces deux aspects, d'une part à travers le développement et la commande des simulateurs dédiés à l'apprentissage des gestes médicaux et, d'autre part, à la mise en œuvre de systèmes d'assistance au geste afin de soulager le médecin de tâches pénibles. Ce travail repose sur des aspects de conception et de modélisation de systèmes mécatroniques, de commande de systèmes, et d'asservissement visuel. Dans la continuité des activités menées au laboratoire sur le dimensionnement de systèmes mécatroniques et l'analyse structurelle de systèmes multi-physiques et multi-échelles, des domaines d'application telle que la robotique de chantier sont développés au sein du laboratoire.

3. Description de l'activité

a. **Méthode d'évaluation des gestes**

Une des problématiques liées au développement d'outils pour la formation des gestes chirurgicaux est la difficulté d'évaluer l'apport de la simulation pour l'apprentissage. Il est donc nécessaire de développer des techniques permettant de comparer des gestes entre eux. Une première méthodologie a été développée puis mise en place au sein du laboratoire. Elle repose sur la longueur d'arc et la courbure des trajectoires. L'algorithme développé, appelé DALW (Dynamic Arc Length Warping), permet de comparer des trajectoires 3D indépendamment de la nature des capteurs utilisés [Thèse de Cifuentes].

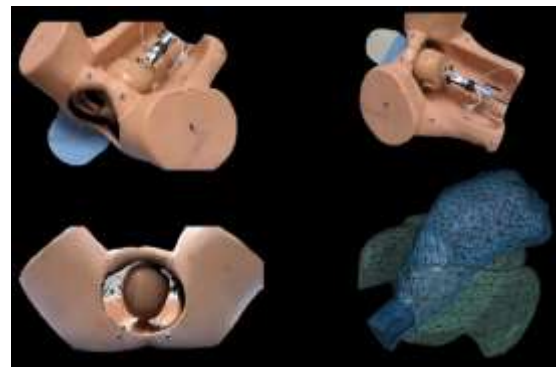
b. **Apprentissage du geste**

L'apprentissage du geste doit prendre en compte le phénomène appelé "self advantage". En effet nous avons démontré que l'Homme arrive à distinguer ses propres gestes de ceux d'une autre personne [Thèse [Moubarak](#), projet Européen WARTHE]. Or la transmission du savoir-faire en chirurgie nécessite une transmission du savoir-faire entre deux personnes distinctes. Il faut donc prendre en compte ce phénomène pendant l'apprentissage du geste.

Pour améliorer la courbe d'apprentissage, il est nécessaire de comprendre et reproduire au mieux le geste de l'humain. Ainsi des simulateurs sont développés au laboratoire. En particulier un simulateur d'accouchement qui doit permettre de reproduire différents types d'accouchement afin de proposer des outils de formation aux sages-femmes et aux obstétriciens. Un modèle numérique a été développé [Thèses [Buttin](#)] et est actuellement en train d'être couplé à une interface haptique [Thèse de Herzig, projet ANR [SAGA](#)].

c. **Haptique et téléopération**

Une autre problématique sur laquelle nous travaillons est l'apprentissage à distance et en coopération. En effet il peut être intéressant pour des médecins d'accompagner l'apprentissage de novices sans avoir à être présent à leurs côtés. Ainsi nous avons développé une interface haptique constituée d'un maître et d'un esclave. Cette interface peut également être utilisée pour faire de la téléopération i.e. manipuler à distance un outil. Il sera ainsi possible de manipuler un actionneur à l'intérieur d'une IRM alors que le médecin est à l'extérieur de cette pièce [Thèse de [M.-Q. Le](#), projet PEPS DecortiqueMax et API Haptique]. Une des originalités de ces travaux provient de la nature des actionneurs utilisés. En effet, la technologie pneumatique a été choisie pour profiter de leur compliance naturelle qui rend plus réaliste le rendu haptique. Différentes lois de commande ont été testées (modes glissants et commande hybride). Pour se former à ce type d'outil, l'apprenant pourra le co-manipuler avec un expert potentiellement situé à distance [Thèse de Liu].



Couplage entre simulations *numérique* et *haptique* d'un accouchement.

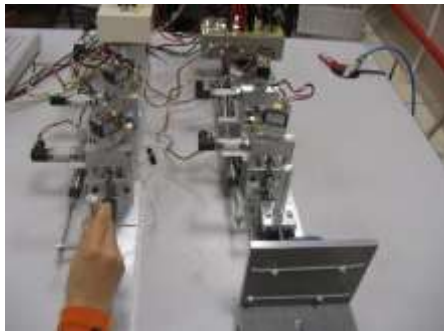
En collaboration avec l'institut PRISME, nous étudions une sonde haptique pneumatique pour proposer aux radiologues une sonde maîtresse restituant des efforts réalistes dans le cadre d'une télé échographie [projet SoHappy].

4. Partenariats

- ✓ Institutionnels : INSERM, CHU St-Etienne, HCL
- ✓ Internationaux : Canada (AMMI, MRC, Telerobotic and Biorobotic Group), Colombie (Universidad Nacional de Bogota), Italie (Department of Psychology), Rép. tchèque (CMP)
- ✓ Nationaux : LIRIS, FEMTO ST, LIRMM, LSIIT, Roberval, PRISME, LAMCOS
- ✓ Industriels : All4Tec, S&R, Mobilev, Mesea.
- ✓ GdR Stic Santé : codirection du thème F (Apprentissage et Assistance aux gestes médico-chirurgicaux)
- ✓ GdR Robotique : codirection du GT1 (Robotique Médicale)
- ✓ Prof. invités (Univ. of Alberta, Canada) :
 - Mahdi Tavakoli (Telerobotic and Biorobotic Group): 3 mois en 2010
 - Irene Cheng (MRC) : 2 mois en 2011 - Anup Basu (MRC) : 1 mois en 2012

5. Faits marquants

- ✓ Utilisation d'un exosquelette au service de la neuroscience.
- ✓ Démonstration de la faisabilité d'une interface haptique à énergie pneumatique.
- ✓ Couplage entre une simulation numérique et une interface haptique pour l'apprentissage des gestes de l'accouchement.
- ✓ Partenariats avec des médecins (inscription en thèse scientifique de médecins au laboratoire AMPERE en cours).



Démonstration de la faisabilité de la commande bilatérale avec une interface haptique en vue de la téléopération.



Un exosquelette avec une application en neuroscience.

6. Références

- [1] MQ Le, MT Pham, M Tavakoli, R Moreau, JP Simon, T Redarce : "Bilateral Control of Nonlinear Pneumatic Teleoperation System with Solenoid Valves". [IEEE Trans. on CST](#), 21/4, pp. 1463 – 1470, 2013.
- [2] J Cifuentes-Quintero, R Moreau, F Prieto, MT Pham, T Redarce: "Why and how to objectively evaluate medical gestures?". [IRBM](#), 2013, 34 (1), pp. 74-78.
- [3] R Moreau, MT Pham, M Tavakoli, T Redarce. "Sliding-mode bilateral teleoperation control design for master-slave pneumatic servo systems". [CEP](#), 2012
- [4] J Cifuentes, MT Pham, R Moreau, F Prieto, P Boulanger. "An Arc-length Warping Algorithm for Gesture Recognition Using Quaternion Representation". Proc. of the 35th Annual International Conference of the [IEEE Engineering in Medicine and Biology Society](#), Osaka, Japan, July 2013, pp. 6248-6251
- [5] R Moreau, S Moubarak, MT Pham, F Frassinetti, A Farne. "The use of an exoskeleton to investigate the self advantage phenomenon". Proc. of the 35th Annual International Conference of the [IEEE Engineering in Medicine and Biology Society](#) Osaka, Japan, 3 - 7 July 2013, pp. 2503-2506
- [6] S. Hodgson, M. Tavakoli, A. Lelevé 2, M.T. Pham, "Control of a teleoperation system actuated by low-cost pneumatic on/off valves", [Proc. of the IEEE IROS](#), pp. 3029 – 3034, 2012
- [7] R. Moreau, M.T. Pham, X. Brun, T. Redarce, O. Dupuis, "Simulation of an instrumental childbirth for the training of the forceps extraction: control algorithm and evaluation", [IEEE Tr. on Information Technology in Biomedicine](#) 15/3 (2011) pp 364 - 372

Inter-département MIS/EE

Fiche *inter* 1 : Compatibilité Électromagnétique des Convertisseurs d'Électronique de Puissance

A. Bréard, C. Joubert, L. Krähenbühl, C. Martin, F. Morel, C. Voltaire.

1. Résumé

Cette activité permet d'établir un lien entre les développements méthodologiques (modèles pour la CEM, traitement des incertitudes) et leur mise en œuvre au sein de convertisseurs de puissance sûrs et efficaces, intégrant des composants SiC.

Mots clés : CEM, perturbations conduites, couplages, champs proches, environnement sévère, filtres, convertisseurs, SiC.

2. Introduction/contexte

Le nombre croissant de dispositifs de conversion statique (électronique de puissance) dans les systèmes complexes (transport, industrie, tertiaire) et leur impact de plus en plus important sur l'électronique avoisinante et sur les réseaux électriques imposent des contraintes de plus en plus sévères en termes de fiabilité et sécurité. Les concepteurs sont aujourd'hui confrontés à deux préoccupations majeures : d'une part, ils doivent s'assurer du respect des normes limitant les émissions parasites et le respect de l'exposition des personnes aux champs EM à proximité, d'autre part, ils doivent garantir le bon fonctionnement de l'ensemble des équipements dans une ambiance électromagnétique normalement polluée. C'est pourquoi l'étude CEM d'un système doit aujourd'hui faire partie intégrante du cycle de développement, et doit intervenir dès le début de la phase de conception. Cet aspect est le principal point bloquant que l'ensemble des recherches en CEM au laboratoire Ampère visent à dépasser.

3. Description de l'activité

a. Modélisation des chemins de propagation

Les travaux de modélisation des chemins de propagation ont porté d'une part sur les perturbations conduites et d'autre part sur les couplages en champs proches.

Modélisation des circuits passifs

Les méthodes de modélisation de composants passifs peuvent être classées en deux catégories : les méthodes extensives et les méthodes « boîtes noires ». Les utilisations sont différentes et complémentaires. Les travaux ont porté sur les deux démarches.

Dans le premier cas, les perturbations conduites dans un convertisseur d'électronique de puissance utilisant des JFET en carbure de silicium ont été modélisées en représentant chaque élément (charge, condensateurs, pistes...) par un circuit équivalent [1]. La comparaison avec les résultats expérimentaux a permis de montrer que les perturbations de mode commun et de mode différentiel au niveau du RSIL pouvaient être prédites jusqu'à 10 MHz avec une précision supérieure à 6 dBμV, en dépit des vitesses de commutations des composants en

SiC (supérieures à celles constatées avec des composants en Si). Lorsque différents routages ou valeurs de résistances de grille ont été considérés, l'impact mesuré sur le spectre des perturbations a été prédit par le modèle. C'est un résultat important pour les concepteurs de convertisseurs.

Nous avons également poursuivi nos travaux sur la modélisation de portions de circuits passifs (filtres, charge...) par matrices d'impédances. Précédemment restreinte au mode commun, cette méthode essentiellement basée sur des mesures a été élargie à la prise en compte des modes différentiels et des transferts de mode [2]. Les temps de calculs très réduits permettent de tester rapidement l'association de portions de circuits dont les matrices d'impédances ont été préalablement mesurées. Ce modèle a été utilisé avec succès pour optimiser le choix des composants d'un filtre dans une bibliothèque fournie par les constructeurs.

Couplage par champs proches

Nos travaux visent maintenant le couplage de l'approche précédente aux calculs de perturbations rayonnées au voisinage des câbles d'alimentation des convertisseurs, et plus généralement entre éléments d'un circuit, ou entre systèmes non interconnectés.

L'objectif est ici d'établir des modèles permettant de prédire de manière précise, systématique mais rapide le couplage en champ proche entre systèmes ou sous-systèmes (par exemple, éléments d'un convertisseur d'un filtre CEM). Pour ce faire, le champ électromagnétique rayonné par chacun des sous-systèmes (bobinages, capacités, ...) est représenté comme une source équivalente localisée, identifiée par mesures ou par calcul ; cette source est ensuite utilisée pour calculer le couplage avec les différents autres éléments, en fonction de leurs positions respectives.

Une méthodologie originale a été mise en place dans un large cadre collaboratif franco-brésilien (dans le cadre du LIA [Maxwell](#), avec une véritable collaboration tripartite USP / G2ELab / Ampère, commencée en 2008) pour valider ces idées, puis pour permettre la mise en œuvre effective d'identification de sources. Elle s'appuie d'une part sur des développements de la source en harmoniques sphériques (avec l'arsenal mathématique permettant d'en déduire les couplages en fonction du placement), d'autre part sur la conception d'un banc de mesures spécifique dont la géométrie permet le filtrage de ces harmoniques [3].



Prototype de boucles filtrant les Harmoniques Sphériques (2011)

b. Conception sous contraintes de CEM

Filtrage en environnement sévère

Les études menées sur les composants discrets ont permis d'évaluer l'influence de la température sur les composants magnétiques et les condensateurs. Un choix approprié a permis la réalisation d'un filtre CEM discret pouvant fonctionner à 200 °C.



Prototype de module de puissance incluant des JFET en SiC avec capacités de mode commun intégrées.

Une première étape d'intégration a ensuite été franchie en réalisant un module de puissance intégrant en son sein des condensateurs discrets de mode commun en céramique [4]. Les technologies de packaging utilisées ont été validées jusqu'à 250 °C (JFETs SiC reportés sur un DBC en Al_2O_3 avec une brasure $\text{Sn}_{10}\text{Pb}_{88}\text{Ag}_2$). Cette étude, menée également en simulation, a permis de mettre en évidence l'intérêt d'un pré-filtrage au plus proche de la cellule de commutation et donc des sources de perturbations.

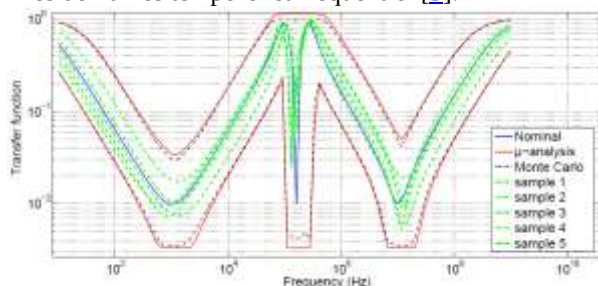
Intégration des éléments de filtrage et optimisation du placement

Les couplages électromagnétiques entre composants passifs sont une cause essentielle de diminution des performances des filtres CEM. Nous avons initié un travail de modélisation du champ magnétique proche émis par les condensateurs et inductances afin d'optimiser le placement relatif des différents composants. En maîtrisant ainsi les inductances mutuelles, nous avons pu montrer qu'il était possible d'améliorer les performances des filtres au lieu de constater une dégradation.

Prise en compte des incertitudes

Le couplage des outils de modélisation CEM existants est effectué avec des méthodes permettant d'évaluer l'impact sur la signature CEM des incertitudes sur les paramètres des modèles.

Les méthodes de propagation d'incertitudes (chaos polynomial, Adaptive Unscented Transform, μ -analyse...) dans les modèles sont non intrusives et très économiques en termes de nombre de réalisations du modèle par rapport à la méthode de Monte Carlo. Ces modèles incertains sont utilisables dans les domaines temporel et fréquentiel [5].



Exemple de résultat (circuit linéaire à 3 branches anti-résonantes et 10 paramètres incertains) : comparaison entre fonction de transfert nominale, 5 tirages aléatoires de paramètres, le résultat

Monte Carlo (104 tirages), et le calcul direct du pire cas obtenu par μ -analyse.

4. Positionnement, collaborations et partenariats

Cette activité est transverse entre les départements MIS (Méthodes pour l'ingénierie des systèmes) et EE (Energie électrique) du laboratoire, ce qui se traduit en particulier par l'étude spécifique de convertisseurs utilisant des composants en SiC. L'implication du département EE a notamment permis l'accès à des JFET qui ne sont pas largement disponibles sur le marché, et l'utilisation pour la conception de modèles de composants développés au sein du laboratoire. L'étude de l'impact sur la CEM de l'introduction de composants en SiC est peu abordée dans la littérature disponible, et correspond à une attente industrielle forte. Ces travaux sont originaux dans le paysage français, et participent à notre reconnaissance internationale (LIA [Maxwell](#)). Les collaborations industrielles sont nombreuses notamment au travers de thèses CIFRE (Valéo, Safran Power, ST Microelectronics) et d'une implication forte dans des projets ANR et FUI (sur les 4 dernières années : 4 ANR et 1 FUI) dans lesquels on trouve aussi les autres laboratoires français travaillant sur la CEM en électronique de puissance (Satie, G2ELab, IRSEEM). Cette activité correspond à un des thèmes du laboratoire commun [IPES](#).

5. Faits marquants

- ✓ Novembre 2013 : Ampère et le groupe Safran inaugurent à Lyon leur laboratoire commun « [IPES](#) » (Intégration de Puissance en Environnement Sévère), aboutissement logique d'une longue collaboration, dont la CEM est l'un des axes forts.
- ✓ Démonstration de la réduction du bruit de mode commun obtenue en insérant des capacités dans le module électronique, au plus près de la source de bruit. Collaboration DGA/Hispano (Safran)/CPES.

6. Références

- [1] E. Rondon, F. Morel, C. Vollaie, J.-L. Schanen : "Modeling of a Buck Converter With a SiC JFET to Predict EMC Conducted Emissions" - [IEEE T-Power El. 29/5](#) (2014).
- [2] R. Mrad, F. Morel, G. Pillonnet, C. Vollaie et al. : "N-Conductor Passive Circuit Modeling for Power Converter Current Prediction and EMI Aspect" - [IEEE T-EMC, 55/6](#) (2013).
- [3] S. Zangui, K. Berger, M. Ferber, B. Vincent et al. : "Using equivalent emission sources to evaluate the coupling between components" - [IEEE T- Mag. 48/2](#) (2012).
- [4] R. Robutel, C. Martin, C. Buttay et al. : "Design and Implementation of Integrated Common Mode Capacitors for SiC-JFET Inverters" - [IEEE T-Power El. 29/7](#) (2014).
- [5] M. Ferber, C. Vollaie, J.L. Coulomb et al. : "Conducted EMI of DC-DC converters with parametric uncertainties" - [IEEE T-EMC, 55/5](#) (2013).

Fiche inter 2 : Commande en électronique de puissance pour la gestion d'énergie

B. Allard, J. Y. Gauthier, A. Hijazi, X. Lin-Shi, M. T. Pham.

1. Résumé

Cette activité concerne principalement la recherche, l'élaboration et la mise en œuvre d'algorithmes de commande pour des convertisseurs électroniques de puissance à commutations, en vue d'améliorer leurs performances et leur efficacité énergétique. L'activité concerne des actions transversales entre le département Méthodes pour l'Ingénierie des Systèmes (MIS) et le département Energie Electrique (EE). L'objectif consiste à développer des outils d'Automatique qui offrent des solutions permettant de répondre à des verrous industriels en tenant compte de contraintes technologiques.

Mots clés : Convertisseurs en électronique de puissance; commande hybride, commande prédictive; intégration de commandes (DSP, FPGA, ASIC).

2. Introduction/contexte

Les convertisseurs de tension ou de courant, à commutations, sont largement utilisés dans les systèmes de conversion d'énergie électrique. Pour des dispositifs embarqués ou intégrés, tels les systèmes nomades, des défis sont encore plus importants pour améliorer leurs performances fonctionnelles et leur efficacité énergétique, car les contraintes technologiques sont beaucoup plus sévères.

En associant les compétences dans les domaines de l'Automatique et de l'Electronique de Puissance Intégrée, nous avons dirigé cette activité de recherche suivant plusieurs directions :

- développement de méthodologies d'analyse et de synthèse de commande (analogique et numérique) pour la conception de systèmes intégrés (Thèses [Labbe](#), [Branca](#) et Ratiu) ;
- intégration de lois de commande ou d'observateurs sur FPGA et ASIC (th. [B. Li](#) et [N. Li](#)) ;
- proposition de commandes performantes visant à améliorer l'efficacité énergétique des convertisseurs (Thèse [Meghnous](#)) ;
- recherche théorique plus en amont autour de lois de commande et d'observateurs pour étendre les champs d'applications ([Meghnous](#)).

3. Description de l'activité

a. **Méthodologies d'analyse et de synthèse**

Afin de réduire la consommation énergétique des composants numériques complexes (au sein des systèmes nomades), des techniques de modulation dynamique de la tension d'alimentation et de la fréquence de fonctionnement du cœur de calcul numérique sont utilisées. L'alimentation du cœur doit donc faire face à de forts transitoires de charge, de tension de référence et de tension de source. Cette alimentation est assurée par la cascade d'un convertisseur DC/DC connectée à une batterie et de convertisseurs DC/DC disséminés au sein du circuit intégré numérique. La commande par mode de glissement à fréquence de découpage fixe du conver-

tisseur DC/DC amont a été proposée avec une nouvelle structure de régulation de fréquence de découpage moyenne du convertisseur. Cette structure permet de maintenir la réponse transitoire du convertisseur asynchrone par rapport à l'horloge de référence [\[1\]](#). Une analyse de stabilité qui prend en compte les spécificités d'un tel système est aussi proposée. Un autre exemple concerne l'alimentation en tension bipolaire d'amplificateurs audio pour l'application « casque » des plateformes mobiles [\[2\]](#). Une étude comparative en termes de rendement énergétique, de l'empreinte sur la plateforme et du coût en composants passifs externes des architectures existantes nous a conduits à choisir un convertisseur DC/DC avec une architecture SIBO (Single Inductor Bipolar Outputs). Le convertisseur SIBO est modélisé comme un système double-entrées, double-sorties couplées. Des simulations permettent de transformer un flux audio en courbe de courant absorbé par l'amplificateur audio, c'est-à-dire la charge réelle vue par le convertisseur. En utilisant les théories d'analyse et de synthèse pour des systèmes multi-variables, nous avons identifié des cas critiques liés à des profils de charge réelle du convertisseur, puis proposé des solutions analogiques pour découpler le système et étudié la limite ainsi que la robustesse de ces solutions.

b. **Intégration numérique de commande**

Les technologies avancées de semi-conducteur permettent de mettre en œuvre des contrôleurs numériques dédiés aux convertisseurs à découpage, de faible puissance et de fréquence de découpage élevée, sur FPGA et ASIC. L'objectif vise à proposer des contrôleurs numériques de performances élevées, de faible consommation énergétique et qui peuvent être implémentés facilement. Nous avons développé un nouveau contrôleur numérique DDP (Digital Dual-state-variable Predictive controller) pour la structure abaisseur de tension. Sur le principe de la commande prédictive, il introduit une nouvelle variable de commande qui est la position de la largeur d'impulsion permettant de contrôler de façon simultanée le courant dans l'inductance et la tension de sortie. La solution permet une dynamique très rapide en transitoire, aussi bien pour une variation de la charge que pour des changements de tension de référence. Les résultats expérimentaux portés sur FPGA vérifient les performances de ce contrôleur jusqu'à une fréquence de découpage de 4MHz. Deux circuits ASICs ont été portés en CMOS 0,35µm où plusieurs lois de commande sont intégrées (Fig.1). Un modèle de puissance a été établi afin d'estimer la consommation électrique des commandes numériques. Les prototypes illustrent la pertinence d'une commande complètement numérique pour des convertisseurs abaisseurs ou élévateurs de tension, de puissance de sortie supérieure à 400mW, pour un rendement de 90%, avec l'avantage d'une meilleure performance et une meilleure flexibilité comparées aux solutions analogiques.

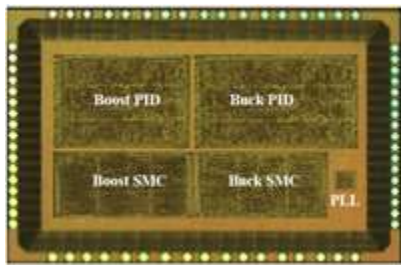


Fig.1 : Layout en technologie standard CMOS 0,35 μm d'un PID et d'une commande par mode de glissement pour un convertisseur abaisseur et un convertisseur élévateur

Dans un autre contexte, afin de réduire le nombre de capteurs, un observateur de Kalman étendu a été porté sur FPGA pour un convertisseur SEPIC (Single-Ended Primary Inductor Converter) de 500 kHz de découpage (Fig. 2).

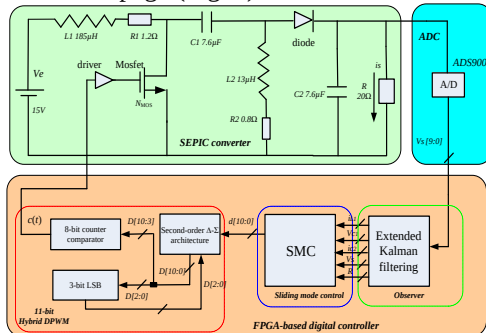


Fig.2 : Commande numérique par mode de glissement avec un observateur de Kalman étendu pour un convertisseur SEPIC.

c. Commandes prédictives directes

Depuis une dizaine d'années, le laboratoire Ampère s'intéresse à la commande de convertisseurs à commutation en utilisant les techniques de commandes prédictives directes. Cette technique repose sur une modélisation simplifiée, valable sur un horizon court de décision. Une stratégie de commande détermine directement les configurations des interrupteurs sans passer par des techniques de modulation. Pour la commande d'un convertisseur multicellulaire, nous avons pris en compte les pertes par commutation des interrupteurs dans la stratégie de choix (Fig. 3). Ce qui permet d'agir directement sur le compromis efficacité / performances transitoires du convertisseur [4].

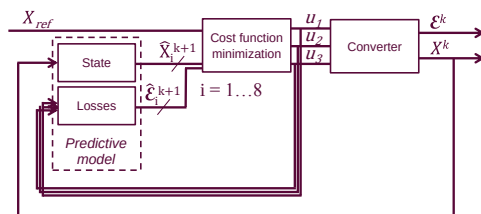


Fig.3: Commande prédictive directe pour un convertisseur multicellulaire prenant en compte des pertes par commutation.

d. Commandes pour les systèmes commutés

Les convertisseurs de puissance à commutations constituent une des classes de Systèmes Dynamiques Hybrides (SDH) où les aspects continus et événementiels sont intrinsèquement liés. Afin de développer des méthodes plus générales pour cette classe de systèmes, nous nous intéressons à la commande et à la synthèse d'observateurs (voir la [Cette activité vise](#) pour les observateurs)

s'appuyant sur le formalisme Hamiltonien. Plusieurs commandes ont été proposées : deux de type Lyapunov, synthétisées respectivement à partir du modèle moyen et du modèle hybride ; une commande optimale hybride en utilisant le principe du maximum de Pontryagin [5]; une commande prédictive hybride établie à partir d'un modèle discrétisé du système. Ces commandes sont faciles à implémenter et ouvrent une perspective intéressante pour les systèmes commutés à fréquence de commutation faible, comme par exemple les systèmes électropneumatiques munis d'électrovannes (voir les applications dans la [Nous présentons ici](#)).

4. Positionnement, collaborations

Collaborations nationales et internationales :

- Supélec, ST-Ericsson, CEA
- Institute of Microelectronics of the Chinese Academy of Sciences (IMECAS), Pékin, Chine
- Pontificia Univ. Javeriana, Bogotá, Colombie

5. Faits marquants

Les recherches menées dans le domaine de l'électronique intégrée (alimentation à très faible puissance) sont originales, notamment :

- ✓ la démonstration de la pertinence d'une commande complètement numérique pour des convertisseurs de puissance de faible consommation énergétique ([thèse B. Li](#)) et
- ✓ la validation expérimentale sur un circuit en technologie CMOS 130 nm de la nouvelle structure de régulation de fréquence de découpage d'un convertisseur DC/DC contrôlé en mode glissant ([th. Labbe](#)).

6. Références

- [1] B. Labbe, B. Allard, X. Lin-Shi, D. Chesneau, "An Integrated Sliding-Mode Buck Converter With Switching Frequency Control for Battery-Powered Applications". IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 28 n°9, 2013, pp. 4318 – 4326.
- [2] X. Branca, B. Allard, X. Lin-Shi, D. Chesneau, "Single-inductor bipolar-outputs converter for the supply of audio amplifiers in mobile platforms", IEEE Trans. on Power Electronics. Vol. 28 n°9, 2013, pp. 4248 – 4259.
- [3] B. Li, X. Lin-Shi, B. Allard, J.M. Rétif, "A digital dual-state-variable predictive controller for high switching frequency buck converter with improved sigma-delta DPWM", IEEE Trans. on Industrial Informatics, Vol. 8 n°3, 2012, pp. 472-481
- [4] J. Y. Gauthier, X. Lin Shi, A. Avramoae, "Predictive control with efficiency optimization and normalization for a multilevel converter", Proceedings of SLED PRECEDE 2013.
- [5] A. Meghnous, D. Patino, M.T. Pham, X. Lin-Shi, "Hybrid optimal control with singular arcs for DC-DC power converters", IEEE Control Systems Society Conference CDC 2013.

Inter Département MIS/Bio-ingénierie

Fiche inter 3 : Modélisation, dosimétrie numérique des champs électromagnétiques

D. Voyer, N. Burais, O. Fabrègue, L. Krähenbühl, R. Perrussel, R. Scorretti, C. Vollaïre.

1. Résumé

La dosimétrie numérique des champs électromagnétiques consiste à quantifier le niveau de champs dans le corps humain dans le cadre d'une exposition indésirable (champs électrique induit par la proximité de systèmes électriques, courants de contact) ou volontaire (IRM, électrochimiothérapie...). L'équipe a développé des modélisations numériques pour étudier ces deux situations d'exposition. Une attention particulière est consacrée à la prise en compte des incertitudes, qui dans ce contexte applicatif sont particulièrement importantes.

Cette activité s'inscrit dans le cadre plus général de la modélisation en électromagnétisme, activité historique fondatrice du Laboratoire Ampère (menée avec le Département MIS).

Mots clés : Dosimétrie, Fantômes numériques, Incertitudes, Homogénéisation, Asymptotiques, Calcul efficace.

2. Introduction/Contexte

L'exposition humaine aux champs électromagnétiques peut être non souhaitée, comme c'est le cas lorsqu'on se trouve à proximité des systèmes électriques en fonctionnement tels que lignes haute-tension ou des dispositifs antivol. A moins que le niveau de champ ne soit extrêmement intense, cette exposition n'est même pas ressentie par l'individu : néanmoins la question de savoir quels sont les effets à long terme est toujours objet de controverses. Il existe de nombreuses recherches qui visent à mieux comprendre les effets biologiques de l'exposition à long terme à des champs électromagnétiques de faible niveau (courants de contact, proximité de lignes HT), ou d'effets à court terme provoqués par des champs de forte intensité. Ces études se heurtent à de nombreuses difficultés expérimentales, telles que l'impossibilité de mesurer directement et ponctuellement les champs induits dans le corps ou la quantification de modifications de la perception sensorielle (magnétosphères, sensation de goût « métallique » à l'intérieur de systèmes IRM). Ces études expérimentales sont généralement déconnectées d'une dosimétrie fine des champs : la dosimétrie se limite à la détermination du niveau d'exposition, mais dans la plupart des cas elle ne contribue pas à expliquer les phénomènes biologiques en tant que tels. Dans ce contexte d'incertitude, les pouvoirs publics mettent à jour des réglementations pour limiter l'exposition humaine aux champs électromagnétiques.

Dans d'autres cas, et en particulier pour des applications médicales ou pour certains métiers de l'industrie, l'exposition aux champs est volontaire : la dosimétrie numérique est alors un outil d'ingénierie indispensable pour le développement de systèmes fiables et performants (planification d'actes médicaux, électrochimiothérapie...).

Les branches de l'industrie concernées par cette activité sont d'une part certaines industries lourdes

(transport et production d'énergie, véhicules électriques), et d'autre part le secteur biomédical.

3. Description de l'activité

a. **Aspects numériques**

Les méthodes numériques pour la dosimétrie sont assez bien établies, en particulier pour les basses fréquences ; néanmoins certains aspects méritent d'être approfondis. Un « point dur » dans la dosimétrie numérique est la fiabilité des résultats, aucun calcul réalisé chez l'homme n'ayant pu être validé par expérience. Il est communément admis que la source d'erreur la plus importante est la méconnaissance des propriétés diélectriques des tissus (voir §3) ; mais nous avons aussi travaillé sur la quantification de l'erreur purement numérique, dans le cas des fréquences ELF (< 300 Hz), ou bien en utilisant deux formulations Eléments Finis duales [4], ou bien avec un estimateur résiduel qui ne requiert qu'un calcul. Les résultats obtenus devraient permettre de mettre en place des stratégies adaptatives de raffinement local de la discrétisation.

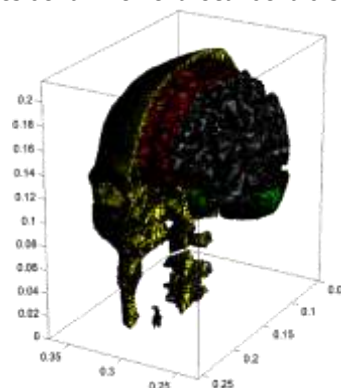


Fig.1. Maillage en vue explosée d'une tête humaine (« Duke »).

b. **Maillage de fantômes anatomiques**

Le fantôme⁶ de calcul est un élément fondamental dans les calculs dosimétriques. Pour exploiter au mieux la versatilité dans la représentation de la géométrie offerte par la méthode des éléments finis, il est nécessaire de générer des maillages du corps humain à partir d'une représentation surfacique de ce dernier, ou d'images en voxels labélisées. Si la génération de maillages limités à une partie du corps, ou avec un sous-ensemble limité d'organes est une tâche relativement facile, il est plus difficile de générer des maillages du corps entier à cause de la grande complexité géométrique, qui peut entraîner des problèmes d'instabilité des algorithmes de maillage. Nous avons pu générer plusieurs maillages hétérogènes du corps complet à partir des modèles en voxel faisant partie de la *Virtual Family* (IT'IS foundation) et les exploiter dans nos calculs dosimétriques (Fig. 1). La génération de maillages de qualité est le point de départ pour des recherches futures, notamment sur les effets de la variabilité morphologique sur la dosimétrie, ou encore la construction rapide de modèles numériques ajustés à un individu particulier, en vue de la planification d'interventions cliniques.

c. **Propriétés diélectriques des tissus**

Un verrou en dosimétrie numérique est la méconnaissance des propriétés diélectriques des tissus,

⁶ En dosimétrie on appelle « fantôme » un modèle du corps humain, de nature matérielle ou numérique.

avec dans la littérature des variations de plusieurs ordres de grandeurs⁷. Cette méconnaissance s'explique par des limitations expérimentales (polarisation d'électrodes en basse fréquence, rayonnement parasite en haute fréquence), par un certain degré de variabilité intrinsèque, et par la rapidité de dégradation des propriétés des tissus après leur excision, ou après la mort. Nous avons donc mis en œuvre des méthodes permettant de quantifier l'effet de l'incertitude des propriétés diélectriques sur les résultats des calculs dosimétriques [1], [2]. Chaque paramètre incertain ajoutant une dimension au problème à résoudre (exemple : géométrie 3D + 4 paramètres inconnus = 7 dimensions), le nombre de calculs nécessaires devient vite prohibitif. Pour surmonter cette difficulté, nous avons utilisé des schémas d'intégration par grilles creuses et des méthodes de bases réduites [3]. Ces mêmes méthodes s'appliquent aussi à l'étude des effets des variabilités morphologiques [5]. Par ailleurs, nous développons une approche alternative qui devrait permettre à long terme de remonter aux propriétés des tissus, à partir d'expériences d'électrorotation menées sur les agrégats de cellules (thèse El-Gaddar, 2014).

d. **Activités « amont » en modélisation**

Parallèlement à nos recherches en dosimétrie numérique, nous menons des travaux plus « génériques » en modélisation numérique, avec le département MIS. Très transversale en interne, cette activité représente aussi une ouverture importante pour des collaborations y compris hors de France et avec des mathématiciens (LIA Maxwell, Rennes, Toulouse, Liège, INRIA Bordeaux et Pau).

L'idée générale poursuivie est l'amélioration de la précision et de la rapidité des simulations, et plusieurs voies complémentaires sont suivies : travaux sur les grands systèmes linéaires (multigrilles, ...); traitement efficace des incertitudes de données (évoqué plus haut), des « singularités » (milieux très minces, coins et arrondis, ... [6]); homogénéisation de milieux complexes, périodiques ou composites; méthodes de « perturbations ».

Les méthodes étudiées peuvent coupler leurs efficacités : par exemple, un modèle de milieu mince (ou d'angle arrondi) conduit à un paramétrage de son épaisseur (de son rayon), ce qui permet de prendre en compte l'incertitude sur la petite dimension en post-traitement, par méthodes asymptotiques. La méthode des perturbations, conçue au départ pour permettre la prise en compte de détails dans un très gros problème, s'applique aussi à la prise en compte d'incertitudes, tant sur des valeurs de propriétés que sur la forme des objets modélisés.

4. **Positionnement, collaborations et partenariats**

Notre équipe est reconnue en France via ses partenariats industriels et académiques, et au niveau

international par ses nombreuses publications et exposés invités. En particulier, nous travaillons depuis longtemps avec EDF sur la dosimétrie des champs ELF et sur la réglementation. Nous avons également des partenaires académiques, dans le cadre d'un projet sur l'électrochimiothérapie (ANR « [Memove](#) » [7]), et nous faisons partie du [Labex PRIMES](#) consacré à la physique, l'imagerie et la simulation numérique pour la médecine.

5. **Faits marquants**

- ✓ Génération de maillages réalistes haute résolution (1.5 mm) du corps entier.
- ✓ Etude des effets de l'incertitude sur les propriétés de 4 tissus (8 paramètres) dans une simulation d'exposition au champ rayonné par un téléphone mobile.
- ✓ En modélisation numérique, importantes avancées théoriques sur les solutions statiques et quasi-statiques vers les angles et sur la paramétrisation des solutions CF à faible pénétration.

6. **Références**

- [1] M.A. Drissaoui, S. Lanteri, P. Lévêque, F. Musy, L. Nicolas, R. Perrussel, D. Voyer (2012). "A stochastic collocation method combined with a reduced basis method to compute uncertainties in numerical dosimetry". [IEEE T-Mag.](#) 48/2, 563-566.
- [2] R. Gaignaire R., Scorretti, R. Sabariego, C. Geuzaine (2012). "Stochastic Uncertainty Quantification of Eddy Currents in the Human Body by Polynomial Chaos Decomposition". [IEEE T-Mag.](#), 48/2, 451-454.
- [3] R. Perrussel, D. Voyer, L. Nicolas, R. Scorretti, N. Burais (2011). "Domain decomposition for computing extremely low frequency induced current in the human body". [IEEE T-Mag.](#) 47/5, 886-889.
- [4] R. Scorretti, R. Sabariego, L. Morel, C. Geuzaine, N. Burais, L. Nicolas (2012). "Computation of induced fields into the human body by dual finite element formulations". [IEEE T-Mag.](#) 48/2, 783-786.
- [5] Drissaoui, A., Musy, F., Nicolas, L., Perrussel, R., Scorretti, R., & Voyer, D. (2012, July). "Propagation de l'incertitude sur la géométrie en dosimétrie numérique". Actes de Numelec, juillet 2012.
- [6] M. Dauge, P. Dular, L. Krähenbühl, V. Péron, R. Perrussel, C. Poignard : "Corner asymptotics of the magnetic potential in the eddy-current model". MMAS, [RR-8204](#), août 2013.
- [7] M. Breton, F. Buret, L. Krähenbühl, M. Leguèbe, L. Mir, R. Perrussel, C. Poignard, R. Scorretti, D. Voyer. "Nonlinear steady-state electrical current modeling for the electropermeabilization of biological tissue". Proc. of CEFC, Mai 2014.

⁷ Par exemple, pour la graisse on trouve des valeurs de conductivité à 100 Hz comprises entre 0.0015 et 0.03 S/m (*Modelling the human body exposure to ELF electric fields*, WIT press, pag. 31).

**Génie électrique, Electromagnétisme, Automatique,
Microbiologie environnementale et Applications**



ÉCOLE
CENTRALE LYON

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON



CNRS – Ecole Centrale de Lyon – INSA de Lyon – Université Claude-Bernard Lyon I

**A11.1 Terragenome: Le sol garde (encore) ses mystères****1. Contexte et problématique**

Le sol, environnement complexe et hétérogène se caractérise par un très haut niveau de diversité bactérienne. A ce titre c'est un incroyable réservoir de gènes pour différentes applications en bioingénierie. Son étude constitue aussi un formidable défi pour décrypter toute la complexité du monde bactérien, l'étendue de sa diversité tant taxonomique que fonctionnelle, ses mécanismes évolutifs et adaptatifs etc. C'est avec ces 2 objectifs que nous avons lancé en 2008 le consortium international « Terragenome » visant à séquencer tout le métagénome d'un sol de référence. On est loin aujourd'hui d'avoir atteint le but recherché tant la diversité révélée est encore bien plus importante qu'initialement estimée. Mais, fait marquant, nos résultats ravivent sérieusement l'hypothèse d'un niveau équivalent de diversité bactérienne dans tous les sols (« everything is everywhere »), seules variant les proportions entre les différentes espèces.

2. Descriptif et nature du fait marquant

Les ressources génétiques des microorganismes, exploitées depuis l'antiquité pour l'alimentation sont aujourd'hui le fer de lance de la bio-ingénierie avec des applications (potentielles) considérables dans les domaines de l'environnement (remédiation des sols pollués), de l'industrie agro-alimentaire (enzymes) et pharmaceutique (antibiotiques). Le très haut niveau de diversité bactérienne dans les sols en fait des réservoirs quasi inépuisables de nouveaux gènes d'intérêt. Mais identifier taxonomiquement les différentes populations bactériennes, en décrypter leurs fonctions, révéler leurs processus évolutifs et adaptatifs, comprendre les mécanismes d'assemblage entre espèces ou au contraire d'exclusion sont essentiels aussi pour comprendre comment fonctionnent ces écosystèmes, leurs potentialités de résistance aux stress, aux changements globaux, leur résilience. Notre équipe a été en 2009 à l'origine de la première initiative internationale de grande ampleur, Terragenome fédérant un large consortium d'équipes pluridisciplinaires, principalement européennes et américaines, visant à totalement décrypter (séquencer) tant taxonomiquement que fonctionnellement le microbiome d'un sol de référence.

Cinq ans plus tard, l'objectif est loin d'avoir été atteint, principalement du fait du niveau considérable de la diversité bactérienne tellurique, de la complexité de la matrice mais aussi par manque d'investissement des partenaires faute de financement. Mais les résultats préliminaires générés par notre équipe n'en constituent pas moins autant de faits marquants :

La diversité taxonomique et fonctionnelle bactérienne du sol est extrêmement élevée, supérieure à toutes les prévisions.

La structure de la communauté bactérienne du sol se caractérise par très peu d'espèces dominantes mais par un nombre considérable d'espèces avec de très faibles effectifs, ces populations constituant la biosphère rare.

La biosphère rare, très importante et ubiquiste, pourrait constituer une des plus importantes spécificités du monde microbien, à savoir la distribution dans tous les sols (au moins en dehors des conditions extrêmes) du même microbiote (les mêmes espèces bactériennes) seules les proportions relatives de chacune d'entre elles variant suivant les conditions.

La biosphère rare serait à la base de la résistance des communautés bactériennes aux stress, assurerait la redondance fonctionnelle et la résilience et participerait au potentiel adaptatif en constituant un immense réservoir de gènes se disséminant entre les membres de la communauté.

En conclusion, Terragenome s'appuyant sur les technologies les plus avancées du moment a permis de tirer plusieurs enseignements fondamentaux concernant le sol :

- ✓ Les efforts sans précédents consentis montrent que cette biosphère représente un territoire encore presque totalement à défricher et que les techniques actuelles comprenant l'extraction de l'ADN, l'amplification, le séquençage, la bioinformatique présentent soit des biais importants, soit des limites d'efficacité soit ne sont pas adaptées.
- ✓ Ces limites actuelles devraient freiner toutes tentatives visant à comparer les microbiotes de différents sols ou à les corréler aux paramètres physico-chimiques qui ne peuvent que générer des résultats erronés.
- ✓ Seule la combinaison de toutes les approches disponibles (culture in vitro, métagénomique, génomique sur cellules isolées, prise en compte de l'hétérogénéité spatiale) appliquée à un sol de référence sera en mesure de faire progresser significativement les connaissances.
- ✓ Seule une action internationale d'envergure, second volet de Terragenome et à l'image de ce que peuvent faire les physiciens sera en mesure de relever ce défi.
- ✓ Les retombées en termes de connaissances fondamentales ou d'exploitation seront considérables.

3. Résultats

- Delmont et al 2011(a) J Microbiol Methods. 2011;86(3):397-400
- Delmont et al. 2011 (b) ISME J. Dec;5(12):1837-43
- Delmont et al. 2011(c) Appl Environ Microbiol.77(4):1315-1324.
- Monier et al 2011 Curr Opin Microbiol.;14(3):229-235
- Delmont et al. 2012 (a) ISME Journal 6: 1677-1687
- Delmont et al. 2012 (b) ISME Journal 6: 1625-1628.
- Volant et al. 2012 Computational Statistics & Data Analysis
- Li-Thiao-Té et al. 2012 J. Applied Statis
- Kafer et al. 2013 J. Evol. Biol., 26, 335-346
- Bigot, et al 2014. BMC Bioinformatics (in press)
- Uroz, et al. 2014 Plos ONE. (in press)
- Plus de 20 présentations dans des congrès internationaux.



A11.2 Des microsystèmes pour explorer la biodiversité

1. Contexte et problématique

Le sol abrite des communautés bactériennes extrêmement complexes, en perpétuelle évolution. Le séquençage de très nombreux génomes bactériens a permis de révéler le rôle fondamental du transfert horizontal de gènes (THG) comme l'un des « moteurs » de cette évolution. C'est (entre autres) le THG qui rend possible des phénomènes aussi différents que la dissémination de gènes de résistance à des antibiotiques, ou le développement de nouvelles voies cataboliques de dégradation de molécules toxiques.

La structuration de ces communautés bactériennes repose sur un nombre extrêmement élevé de populations présentant de très faibles effectifs, dont la plupart sont inaccessibles par l'approche Pasteurienne. C'est notamment ce très haut niveau de diversité qui limite le potentiel de la métagénomique et du séquençage haut débit pour appréhender cette biosphère rare.

Il est donc d'une importance capitale d'étudier *in situ* les transferts de l'information génétique entre bactéries : aussi bien pour en comprendre fondamentalement les implications évolutives et adaptatives que pour tenter de les maîtriser (accélérer la dégradation des polluants...).

2. Descriptif et nature du fait marquant

Afin de permettre le suivi des transferts de gènes entre bactéries du sol et l'identification des bactéries réceptrices impliquées dans ces transferts (y compris celles appartenant à l'immense réservoir des non cultivables), nous avons entrepris le développement d'une nouvelle technologie consistant à conférer des propriétés magnétiques aux bactéries en vue de leur isolement sélectif à l'aide de microaimants intégrés dans des dispositifs microfluidiques. Cet objectif a été atteint en greffant des nanoparticules magnétiques sur des plasmides. A la suite de l'électroporation des bactéries en présence du plasmide marqué magnétiquement, un certain nombre de bactéries ont pu être attirées sur les microaimants, ce qui laisse supposer que des plasmides marqués ont effectivement été internalisés dans les bactéries et qu'il est possible d'isoler des bactéries ayant acquis un ADN marqué magnétiquement par transfert. Cette approche est totalement novatrice, au point que l'on ne trouve pas de données dans la littérature concernant l'internalisation d'ADN marqué magnétiquement dans des bactéries. La validation de l'approche implique désormais la récupération des cellules transformées isolées pour les analyser.

En parallèle de l'étude des THG, nous avons évalué la possibilité d'employer le système microfluidique magnétique pour isoler spécifiquement des bactéries présentes dans un mélange en exploitant le principe de l'hybridation *in situ* magnétique (ciblage de séquences d'acides nucléiques spécifiques dans des bactéries fixées à l'aide d'une sonde marquée magnétiquement). Le dispositif de tri a permis d'isoler des cellules cibles présentes dans un mélange en très faible abondance (0,04%) avec une pureté supérieure à 99%.



Images AFM confirmant le greffage des nanoparticules sur l'ADN

Par ailleurs, ces résultats sont en partie transposables aux cellules eucaryotes : nous avons démontré qu'il est possible d'isoler sur des réseaux de microaimants avec une grande pureté des cellules eucaryotes ayant intégré des nanoparticules magnétiques de 100 nm par endocytose, ou ayant subi une étape de marquage immunomagnétique.

En conclusion :

- ✓ La technologie initialement développée pour l'étude des THG peut être appliquée à l'étude de la diversité bactérienne.
- ✓ Il devient envisageable de pouvoir cibler grâce au tri en système microfluidique certaines populations bactériennes sur des critères taxonomiques et à plus long terme sur des critères fonctionnels, afin d'étudier ces populations grâce aux outils et concepts de la génomique sur cellule isolée.
- ✓ Cette nouvelle approche, en rupture avec les technologies existantes, va permettre l'exploitation industrielle des propriétés fonctionnelles des microbes, et notamment celles restées ignorées jusqu'à présent du fait de la récalcitrance de la grande majorité des espèces bactériennes à être cultivées *in vitro*.
- ✓ Les résultats obtenus sur les bactéries sont en partie transposables aux cellules eucaryotes, avec des applications potentielles en thérapie génique.

3. Résultats

- L. F. Zanini *et al.*, J. Appl. Phys., vol. 111, no. 7, p. 07B312, 2012.
- J. Pivetal *et al.*, AIP Conf. Proc., vol. Volume 131, no. 1, pp. 192–197, 2010.
- C. Vézy *et al.*, Micro Nano Lett., vol. 6, no. 10, p. 871, 2011.
- J. Pivetal *et al.*, J. Microbiol. methods, (submitted).
- J. Pivetal *et al.*, Sensors Actuators B Chem. (submitted).
- J. Pivetal, thèse de doctorat, Ecole Centrale de Lyon, 2013.
- O. Osman *et al.*, Biomed. Microdevices, vol. 14, no. 5, pp. 947–54, Oct. 2012.
- O. Osman *et al.*, Biomicrofluidics, vol. 7, no. 5, p. 054115, 2013.



A11.3 SiC type P à fort dopage par VLS pour des composants actifs haute tension

1. Contexte et problématique

Les réseaux HVDC représentent aujourd'hui un enjeu stratégique pour le transport de l'électricité. Les composants à base de matériaux semi-conducteurs grand-gap constituent une solution envisageable pour les convertisseurs électroniques de puissance à haute et très haute tension nécessaires dans le développement de ces réseaux. Il a déjà été démontré que l'utilisation de SiC permet de réduire la taille des convertisseurs et de faire fonctionner ceux-ci à plus haute température. Ces convertisseurs à base de composants SiC seront des éléments clés des prochaines générations de réseaux de distribution et de gestion décentralisée de l'énergie. Les retombées économiques et sociétales sont potentiellement énormes.

2. Descriptif et nature du fait marquant

L'obtention de couches SiC type P très fortement dopées demeure le talon d'Achille dans la réalisation des composants SiC de puissance, aussi bien bipolaires que unipolaires. Pour diminuer les résistances d'accès et augmenter le pouvoir d'injection, des méthodes alternatives à l'implantation ionique sont à l'étude pour réaliser des couches SiC à fort dopage.

Depuis une dizaine d'années une étroite collaboration entre les laboratoires lyonnais LMI (Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces - UMR 5615) et AMPERE est menée dans le but d'obtenir des couches VLS (Vapeur-Liquide-Solide). Celles-ci sont réalisées au LMI, puis la réalisation technologique des composants grand-gap est effectuée par AMPERE. Ces dernières années, l'appui conjoint de divers personnels (permanents et non-permanents) et du support de plusieurs projets (dont ANR blanc VHVD) nous ont permis d'obtenir des couches SiC d'une qualité compatible avec la fabrication de composants de puissance. Plusieurs démonstrateurs ont ainsi été réalisés (diodes PiN, JFETs).

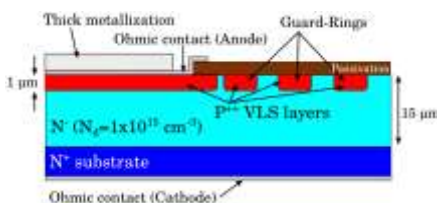


Fig.1. Diode PiN SiC avec l'émetteur réalisé par VLS : présentation schématique de la structure

Actuellement, dans le cadre du projet industriel VELSiC (thèse Cifre), l'utilisation de ces couches est étudiée pour la réalisation de diodes Schottky par STMicroelectronics Tours.

3. Résultats

La méthode de croissance épitaxiale VLS, mise au point par le laboratoire LMI permet d'obtenir des couches SiC de type P avec un dopage de l'ordre de 10^{20} cm^{-3} .

Ces couches fortement dopées P^+ nous ont permis d'obtenir des contacts ohmiques présentant une très faible résistance spécifique, de l'ordre de $1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}^2$. Ceci constitue actuellement un record mondial pour la technologie SiC.

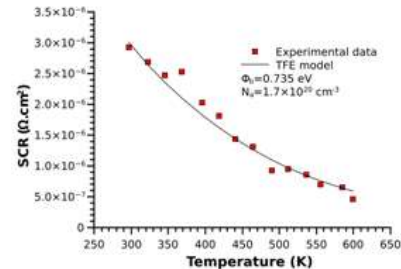


Fig.2. Evolution avec la température de la résistance spécifique de contact, mesurée sur des couches SiC type P VLS

Sur les diodes PiN fabriquées, nous avons étudié l'influence de plusieurs paramètres technologiques (orientation du substrat, recuit à haute température). Ci-après sont présentées des caractéristiques électriques I-V en direct obtenues sur ces diodes. Ces résultats ont fait l'objet d'une présentation orale invitée à la dernière conférence internationale sur le SiC (ICSCRM2013, Miyazaki, Japon)

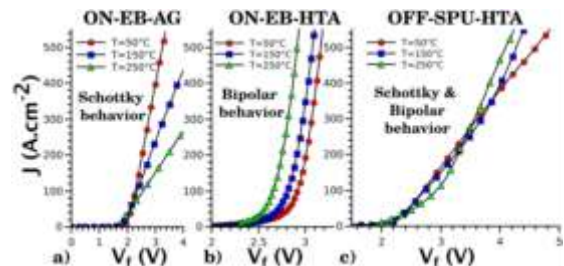


Fig.3. Caractéristiques en direct des diodes PiN VLS

Ces couches P^+ en SiC ont été également intégrées dans la fabrication d'un bras d'onduleur monolithique SiC réalisé à base de JFET à canal P et N sur la même puce.

4. Perspectives

Le transfert du procédé VLS est actuellement étudié pour une application sur d'autres semi-conducteurs grand-gap (supports ou couches fonctionnelles), tels que le diamant (projet ANR blanc VLOC) ou le GaN (projet Tours 2015 programme investissement-avenir).

Publications principales

- [1] N. Thierry-Jebali et al., "Applications of Vapor-Liquid-Solid Selective Epitaxy of Highly p-Type Doped 4H-SiC: PiN Diodes with Peripheral Protection and Improvement of Specific Contact Resistance of Ohmic Contacts", Materials Science Forum Vols. 778 (2014) pp 639-644
- [2] N. Thierry-Jebali et al., "Very low specific contact resistance measurements made on a highly p-type doped 4H-SiC layer selectively grown by vapor-liquid-solid transport", Applied Physics Letters Vol. 102 Issue 212108 (2013)
- [3] N. Thierry-Jebali et al., "Electrical Characterization of PiN Diodes with p+ layer Selectively Grown by VLS Transport", Materials Science Forum Vols. 740-742 (2013) pp 911-914

A11.4 Automatique et Fluid Power

1. Contexte et problématique

Le Fluid Power concerne l'ensemble des technologies et des techniques de contrôle de la transmission de puissance par l'intermédiaire d'un fluide sous pression (huile, eau, gaz). L'objectif concerne la modélisation multi-échelles dans le but d'obtenir un modèle de type système de composants ou de dispositifs Fluid Power, le développement de méthodologies de dimensionnement sur des critères dynamiques et énergétiques avec résolution de problèmes d'optimisation, l'étude de la commande et de l'observation des systèmes d'actionnement électropneumatiques et électrohydrauliques.

2. Descriptif et nature du fait marquant

Le laboratoire Ampère est membre du réseau européen [Fluid Power Centres in Europe](#). Il est reconnu internationalement pour son expertise en termes de modélisation, dimensionnement, simulation, observation et commande des systèmes complexes utilisant comme énergie de l'air ou de l'huile sous pression. Tant sur le point méthodologique qu'applicatif les recherches effectuées dans ce domaine constituent une réelle originalité du laboratoire et une marque de reconnaissance internationale au sein des communautés scientifique Fluid Power et Automatique mais aussi sur le plan industriel.

Le Centre d'essais Fluid Power d'Ampère, situé sur 150m² à l'INSA de Lyon depuis 25 ans, est un centre de compétence unique en France. Il a pour objectifs de mettre à disposition les compétences humaines et les matériels nécessaires pour effectuer des caractérisations de composants ou mettre en œuvre des lois de commande et d'observation afin d'évaluer les performances de prototypes, de démonstrateurs ou de matériels industriels dans différents domaines applicatifs : Transport, Robotique Médicale, Aéronautique, Aérospatial Machines spéciales.

3. Résultats

Les principales difficultés scientifiques liées à cette thématique sont de différents ordres :

- en termes de modélisation les non linéarités sont nombreuses : fluides compressibles, influence des phénomènes thermiques, vitesses et gradients de pression importants, turbulences, complexité des composants pneumatiques et des géométries, frottements secs non négligeables, fuites,

- l'étude du comportement dynamique de tels systèmes repose sur la caractérisation des débits dans les composants, la représentation des phénomènes thermiques, l'étude de phénomènes complexes de couplage fluide-structure,

- ceci nécessite des connaissances pluridisciplinaires : thermodynamique, mécanique des fluides, mécanique, électromagnétisme, méthodes numériques (EDP), caractérisations expérimentales, outils de simulation macroscopiques et locaux (Bond Graph, CFD), outils de

cosimulation (LMS Amesim, Matlab-Simulink), outils de prototypage rapide de lois de commande et d'observateurs : dSpace et Labview, observateur pour reconstruire des données thermodynamiques ou mécanique via le développement de différentiateurs robustes,

- pour la commande, des techniques non linéaires ont fait leurs preuves : commande non linéaire linéarisante, platitude, backstepping, sliding mode. Notre expertise forte dans ce domaine, de nombreux benchmark et notre savoir-faire nous permettent de choisir la loi de commande adéquate en fonction des critères prioritaires (performances statiques, dynamiques, temporelles, fréquentielles, énergétiques, économiques, de sûreté).

De nombreux bancs d'essais ont été développés à travers des collaborations et travaux de thèse :

- Banc électrohydraulique hautes performances, (MOOG, Haenchen, Lohr, thèses [Sidhom](#), [Y.Xu](#)) ;

- Pelleteuse électrohydraulique versus électrique (Volvo Renault Trucks, th. Gendrin et Chauvin) ;

- Optimisation énergétique d'un reach stacker (Terex Crane, thèse Schaep) ;

- Interface haptique électropneumatique, (Advanced Man-Machine Interface Laboratory, Edmonton – Canada, thèse [M.Q. Le](#)) ;

- Simulateur d'accouchement Birthsim (CHU de Lyon, thèse [Herzig](#)).

- Banc de caractérisation électropneumatique (CETIM, Volvo) ;

- S. Sesmat a activement participé sur le plan international aux deux nouvelles normes [ISO 6358-1](#) et [ISO 6358-2](#) sur les caractérisations de composants pneumatiques ;

- Banc d'asservissement électropneumatique (Asco Numatics, thèse [Turki](#)) ;

- Banc d'essais pour la réduction de trainée d'un véhicule par jets pulsés (Plastic Omnium, LMFA) ;

- Électrovanne pneumatique ultrarapide (Asco Joucomatic, Norme, thèse Caetano-Ferreira) ;

- Commande du vecteur de poussée d'une fusée par actionneur électropneumatique utilisant de l'hélium (CNES, CNRS, thèse [Abry](#)).

Laboratoires partenaires : Institut Clément Ader (Toulouse, France), LMFA (Lyon, France), IRCCyN (Nantes, France), Centre for Power Transmission and Motion Control (Bath, UK), IFAS (Aachen, Allemagne), IHA (Tampere, Finlande), Fluid and Mechatronic Systems (Linköping, Suède).

Collaborations Industrielles et Institutionnelles : Volvo, Asco Numatics, Bosch-Rexroth, Terex Crane, DGA, CNES, CNRS, CHU Lyon - St-Etienne

Publications principales : IEEE Control Systems Technology, Control Engineering Practice, Journal of Fluid Power, Institution of Mechanical Engineers Part I: Journal of Systems and Control Engineering

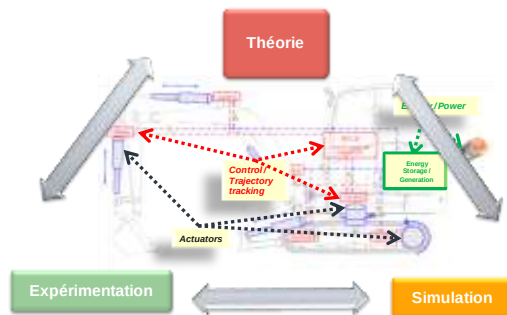


A11.5 ELEXC : ELeetric EXCavator

1. Contexte et problématique

La prise de conscience environnementale croissante ainsi que l'évolution perpétuelle du cadre normatif conduit les constructeurs d'engins de travaux publics à proposer des produits innovants permettant de mieux répondre aux exigences des marchés en termes de nuisances sonores (zones « low noise »), d'émissions polluantes (zones de zéro émission dans les environnements confinés) et d'efficacité énergétique.

Le projet ELEXC propose la conception et le développement d'un prototype produit en totale rupture technologique, et ambitionne une mise sur le marché à terme d'une mini-pelle 100% électrique, optimisée pour une consommation d'énergie minimale.



2. Descriptif et nature du fait marquant

Le développement des solutions électriques permet de considérer un certain nombre de nouvelles opportunités et d'envisager une électrification intégrale d'un véhicule. Ce concept permet non seulement d'atteindre d'excellents résultats en termes d'efficacité énergétique, d'émissions polluantes locales ainsi que d'émissions sonores mais il ouvre de surcroît la voie vers de nouvelles prestations comme des fonctionnalités d'assistance à la conduite. Ainsi, ELEXC envisage des ruptures technologiques à différents niveaux à travers l'intégration de solutions « high tech » :

- au niveau de l'alimentation en énergie par un concept modulable de source d'énergie : autonomie de 8h tout électrique sur batterie (30 kWh Li-Ion) ou source hybride pile à combustible (6 kW) + batterie (15 kWh Li-Ion),
- au niveau des actionneurs par le remplacement de tous les équipements hydrauliques par des solutions électriques et l'utilisation de vérins électriques comme en aéronautique pour le bras,
- au niveau de l'intégration véhicule à travers la mise en œuvre d'une électronique embarquée complexe (plus 10 calculateurs).

Proposer un produit en totale rupture technologique soulève de nombreux verrous scientifiques et technologiques. Le rôle d'Ampère dans ce projet est de dégager des pistes permettant d'apporter une réponse aux nombreuses difficultés rencontrées, à savoir l'électrification des actionneurs et leur commande d'une part, la génération, le

stockage et la gestion de l'énergie d'autre part et enfin l'optimisation du dimensionnement.

3. Résultats

Le laboratoire Ampère est en charge de tout le support scientifique du projet à travers:

- Deux thèses en cours : A. Chauvin (Dimensionnement et gestion optimale d'un véhicule électrique pour une meilleure efficacité énergétique), M. Gendrin (Stratégie de commande pour l'efficacité énergétique et la gestion des chocs : Application aux vérins électriques d'une mini-excavatrice).
- Un banc d'essai pour la modélisation des vérins électriques, la caractérisation statique et dynamique des rendements du système vis-à-vis du roulement et la validation des lois de commande. La spécificité de ce banc est de permettre d'appliquer une charge dynamique (enregistrement) au vérin électrique testé.
- Un simulateur de conduite (mini-pelle) couplé au banc d'essai pour l'évaluation de la manœuvrabilité de l'engin électrique, l'entraînement à l'éco-conduite, et l'évaluation de cycles automatisés.



Projet : FUI (APP12) : FEDER, OSEO

Coût total : 6.7 M€

Labelisation : ViaMEca, Tenerrdis

Financement Ampère : 800 k€

Partenaires industriels :

Volvo Compact Equipment, Volvo Technology, Bonfiglioli, Elbi, SymbioFCcell, Prollion, EFS



A11.6 Electromobilité

1. Contexte et problématique

Les besoins croissants de mobilité des biens et des personnes ont engendré une augmentation significative de l'activité de transport dont l'impact sur l'environnement est très important. Pour limiter cet impact, les systèmes de transport terrestres, nautiques et aériens, très dépendants actuellement des énergies fossiles, sont de plus en plus électrifiés. Les axes scientifiques développés à Ampère sont liés à l'amélioration de la sûreté de fonctionnement des systèmes de stockage de l'énergie et à la gestion optimale des sources d'énergie multiples des véhicules électriques et hybrides.

2. Descriptif et nature du fait marquant

Compte tenu de nos nombreux travaux de recherche sur ces domaines, une Equipe de Recherche Commune « Gestion Energie et Stockage pour les Transports » (ERC [GEST](#)) a été constituée en 2013 avec le Laboratoire Transport et Environnement de l'IFSTTAR. Les recherches de l'équipe visent à participer à la réduction de la consommation d'énergie et de la pollution des véhicules : gestion de l'énergie embarquée, stockage et génération de l'énergie.

Le stockage, la gestion de l'énergie et la durée de vie des composants reste trois des problématiques principales et interdépendantes des véhicules innovants visant la réduction de la consommation d'énergie et des émissions atmosphériques locales et globales. L'optimisation de ces véhicules en termes de commande globale ainsi que de taille et de durée de vie des composants est primordiale pour une possibilité d'introduction massive. Les critères d'optimisation, jusque-là axés essentiellement sur la consommation d'énergie (équivalent aux émissions de CO₂ pour les énergies fossiles) en utilisation doivent intégrer d'autres aspects tels que les émissions de polluants et la durée de vie des composants, en allant vers une démarche de type Analyse de Cycle de Vie (ACV).

3. Résultats

Notre expérience dans ces domaines est démontrée par les nombreux travaux qui ont été effectués au laboratoire dans le domaine de l'électromobilité.

Le projet HYBUS (HYbridation électrique TrolleyBUS) en est une illustration typique : initié par plusieurs partenaires du laboratoire (sociétés IRISBUS - IVECO, ERCTEEL, IMAGINE), labellisé par le Pôle de Compétitivité « Lyon Urban Truck&Bus », d'un montant total de 431 k€ pour le laboratoire et notamment soutenu par deux doctorats (thèses [Hijazi](#) et [Kreczanik](#)), il a permis une réalisation en grandeur nature sur une ligne de trolleybus d'un système de stockage par supercondensateurs 50 kW, 1 MJ récupérant l'énergie de freinage d'un trolleybus hybride.

Pour dimensionner le système de stockage, des modèles directs et inverses de la chaîne cinématique ont été étudiés. 240 composants (capacités de 3000 F) ont subi des essais de vieillissement accéléré. Nous avons proposé une loi qui estime la durée de vie des supercondensateurs en fonction des contraintes (tension, courant et température) qui leurs sont appliquées. Des modélisations électrothermiques du système de stockage ont été réalisées, elles ont permis la prise en compte des hétérogénéités de température des supercondensateurs dans l'estimation de leur durée de vie. Enfin nous avons développé une loi de gestion optimale de l'énergie entre les différentes sources d'énergie du trolleybus.

D'autres résultats marquants dans le domaine de l'électromobilité sont cités ci-dessous :

- Développement et gestion de l'énergie d'une [pelleteuse électrique](#) destinée à être utilisée dans les zones zéro émission conformément aux réglementations à venir.

- Développement d'algorithmes experts de classification permettant de générer des profils d'utilisation de différents véhicules électriques représentatifs d'applications réelles (thèse [Devie](#)).

- Evaluation technico-économique de l'intérêt de systèmes de stockage hybrides de l'énergie électrique pour une application de véhicule industriel tout en considérant l'impact d'impulsions périodiques de courant sur leurs performances et durées de vie (thèse [Savoye](#)).

- Développement d'un outil de pronostic de l'état de santé des condensateurs dans les applications avioniques (thèse [Makdessi](#)).

- Développement d'algorithmes de gestion d'énergie temps réel pour application véhicule hybride tenant compte du vieillissement de la pile à combustible (thèse [Da Fonseca](#)).

- Développement de lois de vieillissement physico-chimique des supercondensateurs dans une application véhicule hybride (thèse [German](#))

- Développement d'une caractérisation expérimentale optimale des batteries Lithium-ion pour véhicules électriques ou hybrides (thèse [A. Li](#))

- Développement d'un système de management de batterie Li-ion pour applications hybrides (thèse Lièvre) ou électriques (thèse Rivière)

Collaborations :

Laboratoires partenaires : Ifsttar (LTE - Bron et LTN - Satory), CEA (Grenoble), IMS (Bordeaux), SATIE (Paris), LEPMI (Grenoble).

Collaborations Industrielles : Airbus, Blue Solutions, Erctel, Eve System, Irisbus (Iveco), PSA, Renault, Valeo, Volvo.

Publications principales :

IEEE Transaction on Power Electronics, IEEE Transaction on Industrial Electronics, Transportation Research



A11.7 Pile à Combustible Microbienne: L'énergie verte.

1. Contexte et problématique

Les Piles à Combustible Microbiennes (PCMs) utilisent le métabolisme de micro-organismes pour générer de l'énergie électrique à partir de matière organique. Elles représentent un intérêt important car elles acceptent une grande variété de matière organique comme combustible. Les applications potentielles incluent le traitement de l'eau autonome en énergie, les bio-batteries, et le grappillage d'énergie ambiante. La PCM est un générateur faible tension et faible puissance. La tension de sortie à vide d'une PCM est généralement située entre 0.6 et 0.9V. L'association d'un grand nombre de PCMs individuelles offre des perspectives très intéressantes notamment au niveau de la production d'énergie électrique. Cela permet d'atteindre des niveaux de tensions en sortie acceptables pour les applications visées (ex. : alimentation de capteurs autonomes) et permet de mutualiser les puissances électriques de chaque cellule. Cependant, l'association en série d'un grand nombre de PCM est un défi pour de nombreuses raisons. Tout d'abord le couplage hydraulique (lorsque les PCMs partagent le même substrat) peut créer une pile 'parasite' du fait de la circulation de charges électrique entre l'anode d'une pile et la cathode de la pile connectée directement après. La tension de cette pile vient se soustraire à la tension globale de l'association et ainsi limiter l'efficacité de celle-ci. Deuxièmement, les inhomogénéités entre les cellules conduisent à une récupération d'énergie non-optimale parce que les cellules associées ne sont pas en mesure de fonctionner chacune à leur point de puissance maximale (MPP). Les inhomogénéités peuvent être compensées avec des circuits électroniques pour empêcher l'inversion de tension ou pour permettre l'équilibrage de tension.

2. Descriptif et nature du fait marquant

La performance de PCM dépend de plusieurs paramètres (pH, Température, concentration, etc...). Pour récupérer un maximum d'énergie d'une PCM, il est nécessaire d'optimiser ces paramètres. Par ailleurs la nécessité d'élever les tensions, de mutualiser les puissances et d'adapter la charge à la source passe par le choix et le dimensionnement d'une chaîne judicieuse de convertisseurs de puissance spécifiques (faible tension d'entrée et basse puissance) au sein d'un réseau de PCMs. Plusieurs topologies sont étudiées et adaptées pour la récupération de l'énergie. Ces convertisseurs peuvent démarrer à faible tension 100-300mV et ils peuvent maintenir une tension compatible avec les applications visées.

La récupération de l'énergie électrique produite par des PCMs nécessite des architectures mettant en jeux plusieurs piles connectées en parallèle et/ou en série. En parallèle, l'intérêt principal est d'additionner les courants. De façon alternative, l'association série prend avantage de la pluralité des PCMs pour élever les tensions à des niveaux acceptables (alimentation de capteurs autonomes). D'autre part, les circuits d'équilibrage de tensions peuvent améliorer l'efficacité de l'association et peuvent prévenir des

phénomènes d'inversion de tension. Différents circuits peuvent équilibrer les tensions des piles connectées entre elles. L'idée est d'associer une capacité alternativement en parallèle avec les piles pour transférer l'énergie de la PCM la plus forte vers la PCM la plus faible. Cela permet d'équilibrer les tensions des différentes cellules. Une autre alternative peut être de connecter les piles en série et en parallèle alternativement en profitant de la capacité interne des piles mais cela offre de moins bons rendements énergétiques.

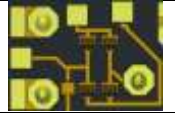
Les applications de PCMs nécessitent des stratégies de récupération de l'énergie spécifiques pour capturer, stocker et distribuer l'énergie afin d'améliorer le rendement, la fiabilité et la durabilité du service électrique. Ces stratégies sont rendues possibles par une Unité de Gestion de l'Energie (UGE). L'UGE interface de façon intelligente les générateurs et consommateurs d'énergie. Elle est composée de capteurs, de convertisseurs d'électronique de puissance, de systèmes de contrôle et de processeurs digitaux. Le nombre de micro-générateurs PCMs peut-être très différent selon l'application considérée. Une PCM est suffisante pour alimenter un capteur sans fil, alors que des centaines ou des milliers de générateurs distribués peuvent être utilisés dans le cas d'une station d'épuration de grande taille. Nous avons dimensionné une UGE pour alimenter un capteur de température avec une pile. Le système était capable de fournir l'énergie pendant une quinzaine de jours avec un seul convertisseur et deux condensateurs.

En conclusion,

- ✓ les piles à combustible microbiennes sont un très bon exemple de sources qui entrent dans la problématique du grappillage d'énergie. Les PCMs se posent au carrefour de ces deux problématiques énergétiques et environnementales.
- ✓ L'énergie d'une pile est limitée en termes de tension et de puissance. Cependant, après optimisation et association avec une électronique adaptée, il est possible d'utiliser cette énergie pour alimenter une application réelle (ex. capteur sans fil).
- ✓ Le grappillage d'énergie, en associant des piles en série ou en parallèle, peut abattre ces limites. Les couplages hydrauliques et les inhomogénéités des PCMs associées sont des obstacles qui peuvent diminuer le rendement de l'association.
- ✓ Plusieurs circuits d'équilibrage de tension des piles sont testés expérimentalement sur une association série. Le circuit d'équilibrage "switched capacitor" offre une solution efficace à faible coût pour augmenter la production d'énergie des PCMs dans les usines de traitement des eaux usées ou en bio-piles.

3. Résultats

- Degrenne et al. 2012 IEEE International Conference on Green Computing and Communications, 664-667
- Khaled et al. 2013 ECCE Asia Dunder, 392,397
- Khaled et al. 2013 5 th Conference on Fundamentals and Development of Fuel Cells in Karlsruhe (FDGC), Germany
- Khaled et al. 3ème Journée Nationale sur la Récupération et le Stockage d'Energie (JNRSE'2013)



A11.8 Veille sans consommation et réveil à distance de dispositifs électroniques

1. Contexte et problématique

Les équipements électriques télécommandables : télévision, matériel hifi, vidéoprojecteurs, volets roulants, éclairage, portails, sonnettes sont désormais très présents dans les habitations. S'ils offrent de grands services, ils consomment au final beaucoup d'électricité, même en veille. En Europe, cette consommation est estimée à l'équivalent de la production de 2 centrales nucléaires. La directive Ecoconception de la Commission Européenne vise à diminuer cette consommation de 73% d'ici 2020.

2. Descriptif et nature du fait marquant

Le [projet RWU](#) « Remote Wake Up » visait à supprimer la consommation de veille des appareils télécommandés. Pour cela, il envisageait de réveiller à distance un équipement complètement éteint à l'aide d'une impulsion électromagnétique. De cette manière, au lieu d'être maintenu en veille et de consommer de l'électricité, l'appareil électrique est à l'arrêt jusqu'à ce qu'il reçoive un ordre de réveil par l'utilisateur. Comme le mode veille n'est pas utilisé, cela entraîne une réduction par mille de la consommation d'électricité pour effectuer la même opération d'allumage ou d'extinction de l'appareil. Les équipements visés par la technologie RWU représentent le tiers des appareils équipés de veilles. Le projet anticipe l'application de la directive européenne écoconception, en proposant une nouvelle solution capable d'en dépasser les exigences.

3. Résultats

Les travaux ont porté sur l'élaboration d'un démonstrateur comprenant un émetteur de signal et un schéma électronique intégré au dispositif à réveiller (récepteur). Ce dispositif contient un récepteur d'énergie qui fait fonction d'interrupteur on/off. L'apport d'énergie via le faisceau sert à faire commuter cet interrupteur.

Un démonstrateur intégré a été validé en laboratoire. Ses capacités sont conformes aux attentes. Une portée supérieure à 25 mètres a été constatée pour l'émetteur, alors qu'une portée de 5 mètres était envisagée initialement. Le temps de réveil inférieur à 200 ms en fait un dispositif plus rapide qu'un interrupteur traditionnel.

4. Apports d'Ampère

Nos compétences en *couplage ondes-circuit* (issues de la CEM) et en *électronique de puissance* ont été ici associées dans une démarche systémique.

Les contributions majeures d'Ampère ont porté sur le récepteur, avec d'une part la conception non conventionnelle d'une antenne redresseuse (anglais « rectenna ») à très faible niveau de détection réalisée par une approche novatrice, qui permet de maximiser le rapport tension de sortie sur champ incident ([thèse Marian](#), figure) ; d'autre part la conception d'un convertisseur élévateur de tension continue auto-oscillant (sans pile ou batterie) optimisé pour les très faibles énergies ([thèse Adami](#)) qui permet d'augmenter la distance de fonctionnement de la télécommande (jusqu'à 25m). Une

tension de plusieurs volts doit en effet être atteinte pour fermer un transistor MOS.

5. Perspectives

Sur la base du démonstrateur, le consortium cherche à valoriser la technologie dans d'autres secteurs applicatifs que ceux envisagés dans le cadre initial du projet. Un projet commercial est en cours avec une société qui fournit des solutions de signalétique pour les malvoyants. L'intérêt est de guider la personne malvoyante vers une signalétique en braille grâce à un dispositif porté au cou et qui réveillerait un signal sonore pour localiser le panneau au moment où le porteur entre dans la pièce.

Le type de convertisseur spécifiquement développé par Ampère dans le cadre de ce projet a d'autres applications pour les très basses énergies, par exemple pour le grappillage d'énergie électromagnétique (anglais « harvesting »). Ce sujet est lui aussi stratégique avec le développement de l'intelligence répartie dans les systèmes, et la multiplication des micros capteurs, processeurs et systèmes de communication qu'il est pertinent d'alimenter sans contact à partir de l'énergie ambiante disponible.

Collaborations :

Pôles de compétitivité Elopsys et S2E2 (Legrand, STMicroelectronics), FUI ; Laboratoire Xlim, Université d'Orléans, Départements *MIS* et *Energie* d'Ampère.

Publications principales :

- Vlad Marian : Transmission d'énergie sans fil. Application au réveil à distance de récepteurs en veille zéro consommation. [Thèse](#) (2012)
- Salah-Eddine Adami : Optimisation de la récupération d'énergie dans les applications de rectenna. [Thèse](#) (2013).
- Vlad Marian, Salah-Eddine Adami, Christian Voltaire, Bruno Allard, Jacques Verdier. [Wireless Energy Transfer Using Zero Bias Schottky Diodes Rectenna Structures](#). Advanced Materials Research, 2011, 324, pp. 449-452.
- Vlad Marian, Jacques Verdier, Bruno Allard, Christian Voltaire. [Design of a wideband multi-standard antenna switch for wireless communication devices](#). Microelectronics Journal, 2011, 42 (5), pp. 790-797.
- Fezai F., Menudier C., Thévenot M., Voltaire C., Marian V., Monédière T. : [Development of a Remote Wake Up System to drastically reduce Standby Power of Electronic Devices](#) - IEEE Int. Microwave Symp. – Seattle, 2013.
- Vlad Marian, Bruno Allard, Christian Voltaire, Jacques Verdier. [Strategy for Microwave Energy Harvesting From Ambient Field or a Feeding Source](#). IEEE Transactions on Power Electronics, 2012, 27 (11), pp. 4481- 4491.

Brevets :

- [Système électronique comportant un mode de veille sans consommation électrique](#). V. Marian , C. Menudier, M. Thévenot, C. Voltaire - FR 2987912 (A1) / WO 2013132016 (A1).
- [Convertisseur d'onde électromagnétique en tension continue](#). C. Voltaire - FR 2901061 (B1) - EP 2022161 (A1) - WO 200713211

