



[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

**LIA-817 James Clerk Maxwell**

**RAPPORT D'ACTIVITÉ (2009-2016)**

Responsable scientifique :

L. Krähenbühl, UMR5005, INSIS



ÉCOLE  
CENTRALE LYON

**INSA**



Lyon 1



UNIVERSITÉ  
Grenoble  
Alpes



Grenoble INP



**CNPq**  
Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA



USP  
Universidade de São Paulo



UFMG  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS



Ampere



G2E Lab  
Grenoble Alpes  
Laboratoire National de Recherche



|   |    |
|---|----|
| Préambule .....   | 5  |
| En bref .....   | 6  |
| Chiffres-clé 2009-2016.....   | 7  |
| A. Introduction.....  | 8  |
| B. Fonctionnement.....  | 9  |
| B.1 - Pilotage .....  | 9  |
| B.2 - Animation scientifique. ....  | 9  |
| B.3 - Bilan et analyse chiffrés du LIA Maxwell (2009-2015) .....  | 10 |
| B.3.1. Le soutien financier des tutelles .....  | 11 |
| B.3.2. Bilan des mobilités de la France vers le Brésil .....  | 12 |
| B.3.3. Bilan des mobilités du Brésil vers la France .....   | 13 |
| B.3.4. Conclusions sur ce bilan.....  | 15 |
| C. Travaux en collaboration.....  | 17 |
| C.1 – Projet scientifique du LIA .....  | 17 |
| C.1.1 - Introduction .....  | 17 |
| C.1.2 – Avancement des travaux scientifiques.....   | 18 |
| C.1.3 – Bilan.....  | 19 |
| C.2 - Co-encadrement de travaux de recherche et participation à des jurys.....  | 20 |
| C.3 – Autres activités communes .....   | 20 |
| C.3.1. CAPES-COFECUB.....   | 20 |
| C.3.2. Projets Région .....   | 20 |
| C.3.3. Projet européen .....  | 22 |
| D. Production scientifique co-signée avec les partenaires du LIA.....   | 23 |
| E. Conclusion .....   | 23 |
| ANNEXES .....   | 24 |
| ANNEXE A – Liste détaillée des mobilités.....   | 25 |
| ANNEXE B – Liste détaillée des co-encadrements et participations à des jurys .....  | 34 |
| ANNEXE C – Liste détaillée des productions scientifiques 2009-2015.....   | 38 |
| ANNEXE I – Capteurs de composantes multipolaires pour la caractérisation en champ proche – Application à la compatibilité électromagnétique ..... | 46 |
| ANNEXE II : Mise à disposition de F. Wurtz au GRUCAD - UFSC .....   | 49 |
| ANNEXE III : Thèse de cotutelle de Tiago Staudt (Université Grenoble Alpes – UFSC) .....  | 53 |
| ANNEXE IV : Travaux collaboratifs autour des méthodes d’optimisation en électromagnétisme.....  | 55 |
| ANNEXE V : Mise à disposition d’O. Chadebec au GRUCAD - UFSC .....  | 59 |
| ANNEXE VI : Photos de quelques évènements.....  | 61 |



## Préambule

*La « Convention » juridique liant les 9 Établissements partenaires du LIA Maxwell est introduite par un « préambule » (écrit en 2009) que nous reproduisons ci-dessous comme introduction à ce rapport, car il décrit précisément l'origine et les objectifs de cette structuration de coopérations.*

«

Dans le domaine des méthodes numériques appliquées au Génie Électrique, les 3 équipes de recherche brésiliennes et les 2 françaises formant le LIA Maxwell ont tissé des liens étroits depuis 20 ans. Au moment où une nouvelle génération de chercheurs se met en place, il est important que les organismes publics CNPq et CNRS de reconnaître ces liens, leur pertinence et leur productivité (plus 50 publications communes en revues Internationales, une quinzaine de thèses en partenariat), et leur donne un nouveau souffle, au travers d'un Laboratoire International Associé.

Les principaux thèmes de recherche qui seront abordés concernent 3 sujets relativement théoriques :

- les modèles numériques pour l'électromagnétisme, c'est là le noyau de nos collaborations depuis plus de 20 années ;
- les méthodologies de conception et d'optimisation de dispositifs et systèmes lorsque leurs performances sont essentiellement liées à leur comportement électromagnétique ;
- la construction de modèles des matériaux complexes utilisés, adaptés à ces simulations numériques.

Ces modèles et méthodes trouveront des applications privilégiées dans des domaines à fort impact sociétal, que ce soit pour des raisons « négatives » (inquiétudes du public devant les effets supposés négatifs des champs) ou « positives » (intérêt pour les nouvelles applications - très prometteuses - de techniques électromagnétiques dans le domaine de la santé ou de l'environnement), et des légitimes exigences du public en matière de fiabilité des systèmes (transports en particulier) ou d'économies d'énergie. On peut citer, sans que cela soit exhaustif :

- le bio-électromagnétisme (effets des champs sur les systèmes vivants) : caractérisation électromagnétique des cellules (par diélectrophorèse et diélectrorotation) et tissus biologiques, calculs d'effets thermiques (des fréquences basses jusqu'aux microondes), effets des champs impulsionsnels (électroporation), avec applications médicales (hyperthermie) ou biologiques (transferts de gènes, production d'électricité par des bactéries, bio dépollution de sols par injection de courant électrique).
- la Compatibilité Électromagnétique, spécialement des systèmes embarqués (véhicules terrestres ou aériens). La complexification de ces systèmes rend les dysfonctionnements d'origine CEM de plus en plus fréquents : notre objectif est d'intégrer cette préoccupation dès la conception de ces systèmes, au lieu de concevoir dans une seconde étape des moyens réparateurs.
- les actionneurs non traditionnels, qui permettent de mettre en œuvre l'ensemble des compétences des différentes équipes concernées : modèles numériques multiphysique (électromagnétisme, thermique, mécanique), méthodologies de conception, modèles de matériaux complexes (magnétiques traditionnels, empilements, composites ; ou biologiques).

Pour cela, le LIA Maxwell sera avant tout une structure d'animation et de coordination. Il s'agit de faire circuler l'information scientifique et de la partager de manière très approfondie, pour créer des synergies : thèses partagées, jurys mixtes, échanges de moyenne ou longue durée de jeunes chercheurs (thèses sandwich, post-doc juniors) ou de chercheurs expérimentés (post-doc seniors, postes de Professeurs Invités, mutations) ; coordination de dépôts de projets (Capes-Cofecub, appel des organismes publics CNPq et CNRS) à réaliser ensuite en commun ; organisation annuelle d'un meeting franco-brésilien « LIA Maxwell ».

## En bref ...

### Quelques dates

- 07/2008 : appel d'offre brésilien (CNPq) pour des LIA (pas limité à la France), dépôt du dossier au Brésil par L. Krähenbühl et J.R. Cardoso
- 04/2009 : réponse positive du CNPq (seul lauréat CNRS), puis du CNRS
- 05/2009-06/2011 : négociation de la Convention juridique (CNRS et 8 Établissements) ; signature au CNRS, puis au Brésil et en France
- 11/2011 : inauguration officielle du LIA à São Paulo, début du financement brésilien.
- 09/2012 : dépôt du premier dossier de renouvellement (2013-2016) côté CNRS
- 01/2013 : début de la seconde période après renouvellement par le CNRS
- 01/2016 : dépôt du dossier de renouvellement pour 2017-2020.

### Équipes de recherche concernées

*L'inscription dans les effectifs du LIA s'est faite sur la base du volontariat, il ne s'agit donc ni de Laboratoires entiers, ni d'inscriptions automatiques d'équipes complètes.*

*On compte une soixantaine de permanents scientifiquement actifs (équitablement répartis entre France et Brésil), la moitié d'entre eux ayant participé à des mobilités :*

- G2ELab (UMR5269) : 17 permanents, des équipes MAGE (modélisation et conception), EP (électronique de puissance) et MADEA (Matériaux, Machines et Dispositifs Electromagnétiques Avancés)
- Ampère (UMR5005) : 14 permanents, des groupes MMC (Modélisation Multi-échelle pour la Conception), ACM (Automatique, Commande, Mécatronique), Matériaux du génie électrique, Electronique de puissance et intégration, Bioélectromagnétisme et microsystèmes.
- 6 Etablissements français impliqués : Grenoble INP, Université Joseph Fourier (UJF), INSA, Ecole Centrale de Lyon (ECL), Université Claude Bernard Lyon I (UCBL), CNRS
- GRUCAD - UFSC (Université Fédérale de Santa Catarina, Florianópolis) : 7 permanents
- LMAG-USP (Ecole Polytechnique de l'Université de São Paulo) : 6 permanents
- GCE-UFMG et GOPAC-UFMG (Université Fédérale du Minas Gerais, Belo Horizonte) : 7 permanents

*L'organisation de la recherche au Brésil n'est pas construite autour de Laboratoires structurés à la manière française. 11 permanents brésiliens participent ainsi au LIA sans être formellement rattachés aux équipes ci-dessus :*

- 4 Professeurs de l'UFSC<sup>1</sup> collaborent étroitement au LIA sans faire partie de l'équipe GRUCAD. De plus, de nombreux contacts ont été initiés à l'UTFPR (Etat du Paraná, partenaire de l'ex région Rhône-Alpes) via l'UFSC, depuis 2012.
- 8 Professeurs ou Docteurs seniors sont actifs dans le LIA sans appartenir à l'un des Etablissements signataires, mais à l'UNICAMP<sup>2</sup> et à l'UNESP<sup>3</sup> (SP) ; au CEFET<sup>4</sup> (MG) ; à ElectroBras<sup>5</sup> (équivalent brésilien de EDF) ; Marine brésilienne<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> Prof. Adroaldo Raizer (doctorat INPG 1991), UFSC, depuis 2012. Machines électriques. Prof. Alexandre Trofino Neto (Doctorat INPG 1993), UFSC, depuis 2014. Automatique. UFSC, site de Joinville (SC) : Prof. Xisto Lucas Travassos Jr (Thèse ECL 2007), Prof. Moisés Ferber de Vieira Lessa (Thèse co-tutelle UFMG/ECL 2013), depuis 2014. Méthodes de l'automatique appliquées aux incertitudes des méthodes numériques du Génie Electrique (réseaux, CEM, champs).

<sup>2</sup> Prof. Sérgio Mühlen (doctorat INPL 1992), UNICAMP (Campinas, Etat de SP), depuis 2011. *Retraite en 2016.* Bioélectromagnétisme.

<sup>3</sup> Prof. Daniela Wolter Ferreira Touma (doctorat USP en codirection ECL 2013), UNESP (Guaratinguetá, SP), depuis 2013. Transmission d'énergie sans contact.

<sup>4</sup> Prof. Sandro Trindade Mordente Gonçalves, Prof. Marcio Matias Afonso (doctorat sandwich UFMG/ECL 2003), Prof. Úrsula do Carmo Resende, depuis 2014. Méthodes numériques pour la CEM, méthodes sans maillage, transmission d'énergie sans contact, retournement temporel.

<sup>5</sup> Dr. Claudenei Simão, ElectroBras (Florianópolis, SC), depuis 2015. Transformateurs.

<sup>6</sup> Dr. Mario Alves dos Santos (Centre Technique de la Marine, São Paulo), CEM.

## Sujets de recherche (mots-clé)

**Thèmes amonts :** modèles numériques pour l'électromagnétisme ; méthodologies de conception et d'optimisation ; prise en compte des incertitudes ; modèles électromagnétiques de matériaux complexes ; automatique pour le Génie Electrique.

**Thèmes applicatifs :** bio-électromagnétisme; compatibilité électromagnétique ; actionneurs non traditionnels ; transmission d'énergie sans contact.

## Chiffres-clé 2009-2016

### Mobilités chez les partenaires :

31 permanents (18B, 13F) et 25 étudiants (15B, 10F) pour des durées cumulées de 27 années :

- 19.5 années dans le sens B→F (permanents : 5 années ; non permanents : 14 années)
- 7.5 années dans le sens F→B (permanents : 3 années 3 mois ; non permanents : 4 années 3 mois)

### Doctorats et post-doc :

10 thèses en collaboration (5 soutenues, 5 cotutelles en cours)

3 post-docs juniors (1 B→F , 2 F→B), 6 post-doc seniors longs (2 F→B, 4 B→F )

8 participations croisées à des jurys de thèses ou habilitation

### Production scientifique commune :

25 articles de revues, 5 thèses soutenues, 1 maestrado, 1 chapitre de livre, 59 communications à des congrès, 1 chapitre d'ouvrage.

### Moyens :

Dotations (2009 à 2016) : CNRS :105k€ ; ECL : 49k€

24 mois de « Professeurs invités » financés par les Établissements français (jusqu'à 12/2015)

43 mois de « post-doc » B→F financées par des organismes brésiliens

24 mois de « délégation » de chercheurs CNRS financés par le CNRS (F. Wurtz, O. Chadebec)

*Plus des financements divers pour des doctorats, stages d'étudiants, ...*

## **A. Introduction**

Ce Laboratoire international, créé en 2009, a été inauguré officiellement à São Paulo seulement fin 2011 (retard exclusivement administratif et juridique), il y a donc 4 ans. Il a été renouvelé une première fois fin 2012 pour la période 2013-2016 ; il est aujourd'hui en pleine maturité et a permis des échanges très denses (y compris d'ailleurs entre les deux équipes françaises, et entre les équipes brésiliennes), en profitant matériellement du fort effet levier lié au « label LIA ». Il a représenté un élément positif important de l'action internationale des deux UMR (G2ELab et Ampère) lors de l'évaluation HCERES fin 2014.

La volonté unanime de la quinzaine de permanents de ces deux Laboratoires personnellement impliqués de manière forte dans les échanges et mobilités, est de continuer à bénéficier de ce label CNRS : après en avoir discuté avec la direction de l'INSIS, et avec son aval, nous allons donc demander un second renouvellement pour ce LIA.

Le présent dossier de bilan a été préparé dans la perspective de cette demande, c'est la raison pour laquelle il couvre l'activité du LIA depuis le début de son financement en 2009.

*Il est complété par un document « Projet ».*



## **B. Fonctionnement**

### **B.1 - Pilotage**

Conformément à la Convention signée entre les 9 Etablissements, les responsables du LIA sont :

- Côté Brésil, J.R. Cardoso (USP) qui est aujourd'hui émérite (son remplaçant officiel est Luiz Lebensztajn, associé à Carlos A.F. Sartori) ; João-Pedro A. Bastos (UFSC, futur remplaçant Patrick Kuo Peng), João A. Vasconcelos (UFMG)
- Côté France, L. Krähenbühl (Lyon, proche de la retraite) et O. Chadebec (Grenoble).
- Ce comité de pilotage est complété par deux personnalités extérieures : P. Dular (Directeur de recherche FNRS, Université de Liège, délégué à 25% au Brésil / UFSC) et A. Kost (Prof. émérite, TU Berlin, Président de la l'International Compumag Society).

Ce Comité se réunit régulièrement, au Brésil (2 fois pour la mise en place en 2009, lors de l'inauguration en 2011, fin 2012 à l'UFSC, lors de la conférence brésilienne Momag à Curitiba en 2014, à Porto Alegre en 2016) ou ailleurs dans le monde, en profitant des conférences internationales auxquelles tous participent (notamment ces dernières années : Compumag Budapest 2013 et Montréal 2015 ; CEFEC 2014 à Annecy ; EMF 2016 à Lyon). Son renouvellement progressif (et son rajeunissement) illustre la réussite de l'un de nos objectifs : que ces collaborations fortes, construites par une génération d'enseignants-chercheurs qui arrive aujourd'hui à l'âge de la retraite, soient pérennisées par l'implication effective des générations montantes.

Les principaux *autres* animateurs scientifiques sont Viviane C. Silva (USP), Márcio M. Afonso, Úrsula C. Resende, Sandro T. M. Gonçalves (CEFET MG), Nelson J. Batistela, Renato Carlson, Nelson Sadowski (UFSC), F. Wurtz, G. Meunier, J.-L. Coulomb, J.-M. Guichon, B. Delinchant (G2ELab), C. Vollaire, G. Scorletti, F. Buret, F. Sixdenier (Ampère).

### **B.2 - Animation scientifique.**

Le vrai travail du LIA est l'animation scientifique.

Les recherches menées sont structurées par des séjours de chercheurs seniors :

- côté français, les séjours récurrents de L. Krähenbühl (8 séjours de 2 semaines ou plus), les voyages de F. Buret (4 séjours d'une moyenne de 2 semaines), B. Delinchant (3 séjours totalisant 9 semaines), G. Scorletti, J. Roudet (2 semaines chacun), et les deux délégations annuelles de F. Wurtz (2010-2011) et O. Chadebec (2012-2013), associées à plusieurs séjours plus courts ;
- côté brésilien, ceux de C. Sartori (1 année, et 3 séjours totalisant 9 semaines), A. Raizer (1 an), S.T.M. Gonçalves (1 an), J.-P.A. Bastos (3.5 mois en 3 séjours), S. Muhlen (3 mois), J.A. Vasconcelos (3 mois), M. M. Afonso (3 mois), L. Lebensztajn (3 séjours, 9 semaines), V. Silva (3 séjours, total 6 semaines), A. Trofino Neto (2 séjours, 5 semaines ; automatique).

Le travail de recherche effectif est mené :

- d'une part par les seniors en délégation longue (le fait de se trouver « extrait » des contraintes locales habituelles permet de dégager une proportion importante du temps de travail pour cette tâche),
- d'autre part, naturellement, par les étudiants, les doctorants (6 thèses soutenues, 5 thèses en cotutelle en cours, plusieurs thèses en co-encadrement) et les jeunes post-

doc.

Nous cherchons à motiver ces jeunes par un premier séjour relativement court (typiquement 2 semaines) :

- par exemple, nous avons permis fin 2009 à 9 « jeunes » français de participer aux événements conjoints « Arcus ModelBio », Conférence EHE (BioElectromagnétisme), Conférence Compumag et « Journée LIA ». L'un a ensuite fait un post-doc d'une année à l'USP (A. Guibert) ; un jeune MDC (B. Delinchant) est aujourd'hui l'un des piliers grenoblois du LIA, pour les relations avec l'UFMG.
- De même, dans le sens Brésil-France, nous permettons à des étudiants ingénieurs brésiliens brillants repérés par leurs enseignants, de venir en France entre leur 4<sup>ème</sup> et leur 5<sup>ème</sup> année. Par exemple, cela a été le cas avec M. Ferber (janvier-février 2010), qui a ensuite fait une thèse en co-tutelle de fin 2010 à fin 2013 ; il est aujourd'hui enseignant à l'UFSC/Joinville et actif dans le LIA, à l'interface entre automatique et GE.

Les échanges scientifiques inter équipes sont enfin pour l'essentiel réalisés lors des Conférences internationales auxquelles les 5 groupes impliqués dans le LIA participent de manière régulière et très large (voir la forte proportion des membres de ces équipes qui se déplacent chaque fois) :

- Les 2 grandes conférences biannuelles (CEFC et Compumag) permettent au moins une rencontre annuelle, avec de larges discussions scientifiques structurées par les présentations orales et les posters ;
- Momag (conférence brésilienne années paires) ; Numélec (francophone, 2012, 2015), EMF (européenne, 2009, 2013 et 2016), sont des occasions complémentaires de rencontre et d'échanges scientifiques (par exemple : 6 papiers labellisés LIA en 2016 à EMF).

En plus de ces moyens d'animation, le LIA a organisé deux manifestations spécifiques durant lesquelles une partie importante du temps a été consacrée à l'animation scientifique :

- La journée conjointe ARCUS Brésil « ModeBio » / LIA fin 2009 à SP, citée plus haut ;
- l'inauguration du LIA, fin novembre 2011 à São Paulo, qui a représenté un moment fort de l'histoire du LIA.

Le coût élevé de ce type d'événement ne permet pas de l'annualiser ; si le label LIA est renouvelé, nous commencerons néanmoins la nouvelle période (2017-2020) par une manifestation spécifique de la même ampleur.

### **B.3 - Bilan et analyse chiffrés du LIA Maxwell (2009-2015)**

Nous présentons dans ce paragraphe un bilan du travail du LIA Maxwell à partir d'éléments chiffrés : finances et échanges de personnes.

L'exercice reste complexe : d'une part la collecte des données sur 7 années n'est pas simple en raison de la multiplicité des partenaires ; d'autre part les chiffres ne sont qu'en apparence des données objectives, chaque action (surtout dans les relations internationales) pouvant être rattachée à plusieurs projets / Etablissements / objectifs, chaque acteur y participant à plusieurs titres et sous des statuts entièrement différents, ce qui pourrait conduire à des chiffrages divergents, en temps passé comme en coût.

Ce bilan est donc critiquable et imparfait, il s'efforce néanmoins de chiffrer honnêtement le LIA, pour le CNRS et pour ses tutelles universitaires françaises, en termes de ressources humaines et en termes financiers. Nous comparons ce « coût » aux apports humains et

financiers externes obtenus grâce au LIA (venant du Brésil ou d'agences de moyens françaises externes à nos tutelles). Nous montrons que la création du LIA a généré un « effet levier » important, qui a permis d'irriguer nos laboratoires d'un « potentiel recherche » complémentaire notablement supérieur à la mise initiale.

### B.3.1. Le soutien financier des tutelles

#### *Le soutien financier du CNRS*

Le CNRS verse aux deux laboratoires français du LIA la somme récurrente annuelle de 15k€. Les dépenses sont décidées en concertation entre les deux animateurs français (même si - pour simplifier la gestion - cette somme est ventilée à la source à parts égales entre les deux laboratoires).

Ce soutien de base est surtout affecté à des missions pour des chercheurs français se rendant au Brésil ; elle a également servi au transfert d'équipements scientifiques entre les deux pays et à l'envoi de doctorants du LIA dans des conférences internationales<sup>7</sup> ; plus marginalement, à des invitations ponctuelles de brésiliens en France ou à de petites dépenses de fonctionnement (informatique pour les stagiaires brésiliens, petits matériels de mesure CEM, petits équipements de bureau).

A cette somme récurrente, modeste mais très utile, se sont ajoutées deux aides exceptionnelles du CNRS. Il s'agit des mises à disposition<sup>8</sup> de deux chercheurs CNRS à l'UFSC : Frédéric Wurtz (en 2010-2011) puis Olivier Chadebec (en 2012-2013), chacune pendant une année.

Cette aide financière importante (évaluée à 100k€ par chercheur) a constitué pour le CNRS un fort investissement destiné à amplifier et pérenniser la « dynamique LIA » : ces deux chercheurs, qui connaissaient initialement peu le Brésil, ont ainsi initié avec nos partenaires brésiliens des collaborations aujourd'hui très actives, et au-delà, ils ont tissé des liens sur le long terme.

Sur la période 2009-2015, le CNRS a ainsi financé le LIA à la hauteur de **300k€**.

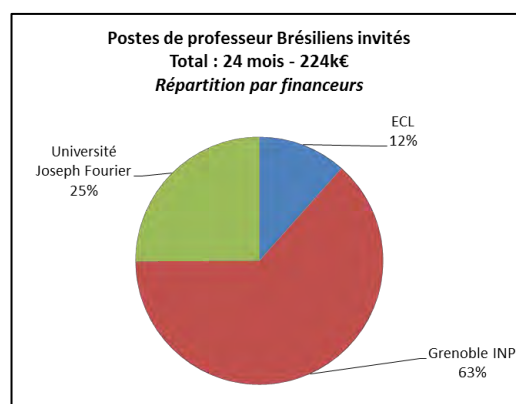
#### *Le soutien financier des autres tutelles*

##### L'Ecole Centrale de Lyon

L'Ecole Centrale de Lyon complète la dotation du CNRS au LIA par un soutien annuel de 7.5k€ (en « fonctionnement » : missions de la France vers le Brésil et inversement, y compris pour quelques étudiants ; petits équipements). Elle a également contribué au LIA par deux postes de « Professeur invité » pour une durée totale de 3 mois.

##### Les tutelles universitaires Grenobloises

La politique d'appui des Universités de Grenoble (UJF & Grenoble INP) est différente mais complémentaire de celles du CNRS et de l'ECL : elles ne versent aucun crédit récurrent, mais ont contribué fortement au LIA par un nombre important de postes de professeurs invités (15 mois pour Grenoble INP et 6 mois pour l'UGF). Cette aide de nature différente nous permet de développer nos collaborations grâce à la présence



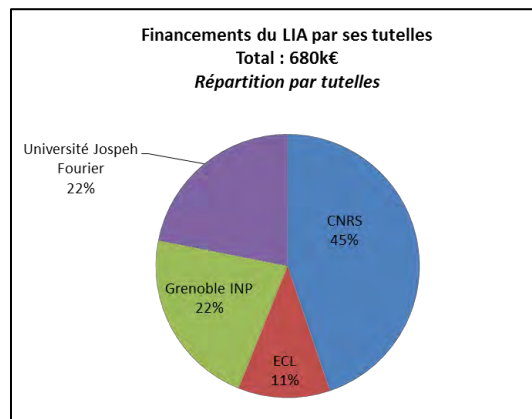
<sup>7</sup> en particulier à Compumag 2009, conférence internationale majeure de notre communauté, organisée au Brésil par l'UFSC-Grucad, laboratoire partenaire du LIA.

<sup>8</sup> un chercheur CNRS peut être mis à disposition d'une université étrangère. L'agent demeure dans son corps d'origine et continue de bénéficier de ses droits en France. Il est aidé financièrement par le CNRS par des aides au logement, la prise charge de son déménagement, une aide pour la scolarisation de ses enfants, ...

de chercheurs confirmés sur de longues périodes en France. Notons que le label « LIA » est très bénéfique puisqu'il nous assure un très fort têt de réussite lors de ces campagnes de professeurs invités. En effet, celles-ci sont généralement très compétitives au sein des universités, mais nous pouvons nous prévaloir d'un taux de réussite de 100% car toutes nos demandes ont été honorées. Enfin, l'UJF nous a financé une bourse de thèse (allocation doctorale « présidence » de l'UJF) en support au LIA (102k€).

### Conclusion sur le soutien de nos tutelles

Pendant ces sept années, nous avons bénéficié d'un soutien important et constant de la part de nos tutelles. Traduit en « Euros », nous pouvons estimer cet apport à **680k€**, chiffre qui comprend les dotations récurrentes, les deux mises à disposition au Brésil, l'invitation de professeurs brésiliens en France et un financement de contrat doctoral qui nous a été attribué par l'UJF (en partie) grâce à l'existence du LIA<sup>9</sup>.

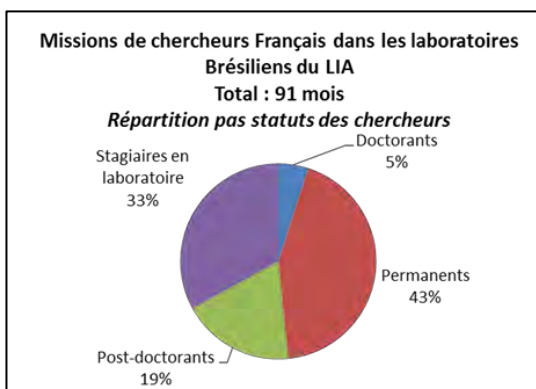
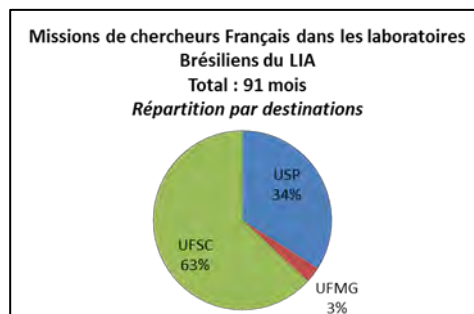


Nous soulignons que ce soutien est financièrement équilibré entre le CNRS (45%) et les Universités (55%). Il s'équilibre également entre invitations en France et mises à disposition au Brésil. Les dotations récurrentes, même si elles ne représentent pas les sommes les plus importantes, nous permettent toutefois une grande réactivité dans le pilotage scientifique de notre laboratoire : elles nous ont donc été extrêmement utiles.

### B.3.2. Bilan des mobilités de la France vers le Brésil

Le temps total passé par des chercheurs français dans les universités brésiliennes dans le cadre du LIA Maxwell a été de **91 mois** pour la période 2009-2015. Ainsi, il y a en moyenne un temps plein de chercheur français en activité au Brésil.

Une analyse des destinations montre un bon équilibre entre l'UFSC et l'USP. Remarquons toutefois que le nombre de mois passés à l'UFMG est nettement plus faible. Ce déséquilibre s'explique par le fait qu'aucun chercheur français n'a réalisé de séjour long à Belo Horizonte pendant la période considérée, la présence de chercheurs Français s'étant limitée à des missions courtes.



Concernant les statuts des chercheurs français ayant effectué ces missions, on note une majorité de chercheurs permanents (43%).

Les stagiaires représentent également une part importante (33%). Il s'agit principalement d'étudiants ingénieur de Grenoble INP et de l'ECL ayant effectué un stage de recherche long (6 mois) dans un laboratoire brésilien du LIA.

Viennent ensuite les post-doctorants (19%). Il s'agit de personnes ayant effectué leur thèse en France et ayant décidé de poursuivre leurs

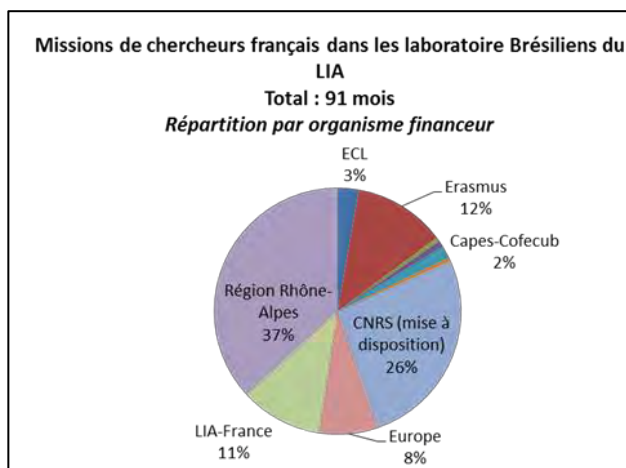
<sup>9</sup> Nous incluons donc le montant de cette bourse dans le bilan du financement des tutelles.

recherches au Brésil. Ces post-doctorants gardent un contact avec la France et collaborent activement.

Dans ces échanges, la part de doctorants français est par contre faible et se résume à des visites courtes, surtout associée à des conférences (notamment Compumag 2009).

Une analyse des sources de financement pour ces missions peut également être réalisée.

L'apport scientifique étant davantage lié aux durées des missions qu'à leur coût, nous exprimons les pourcentages à partir des mois financés au Brésil, rapporté au total de 91 mois, financés par tel ou tel organisme (ces pourcentages ne sont donc pas proportionnels aux sommes investies par chaque institution, le coût mensuel d'un chercheur dépendant très fortement de son statut).



La provenance des fonds est assez diversifiée. Les deux mises à disposition par le CNRS représentent une partie importante (26%), qui correspond bien à la forte dynamique qu'elles ont impulsée dans le LIA.

La part des budgets récurrents alloués par le CNRS et l'ECL (LIA-France, 11%) joue un rôle irremplaçable par sa flexibilité ; elle nous apporte aussi une « sécurité » très utile dans ces relations internationales : sur ces crédits-là, nous pouvons prendre envers nos partenaires des engagements indépendants de l'aléatoire réussite aux appels à projet.

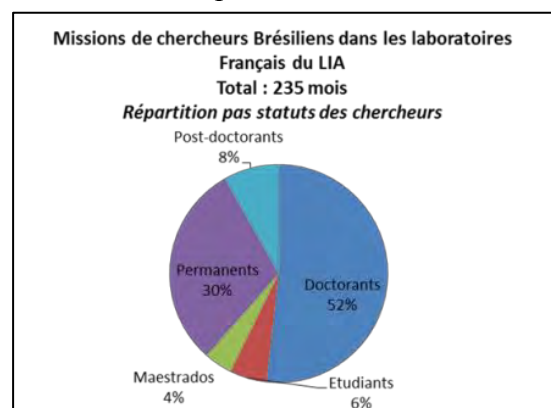
Notons également le soutien important de notre LIA par la région Rhône-Alpes (37%). Ce chiffre élevé s'explique par le financement d'un nombre important de stagiaires. Le label LIA a certainement aussi contribué à notre sélection par plusieurs autres organismes (UE, programme Erasmus,...). Concernant les « appels CAPES-Cofecub » (programme multidisciplinaire de collaboration scientifique entre la France et le Brésil), le LIA semble par contre avoir représenté un handicap, puisqu'aucun projet n'a été accepté depuis 2009, alors que les 5 partenaires avaient été précédemment plusieurs fois lauréats. Le fait que ce programme préfère favoriser des collaborations naissantes ne nous paraît toutefois pas incompréhensible.

### B.3.3. Bilan des mobilités du Brésil vers la France

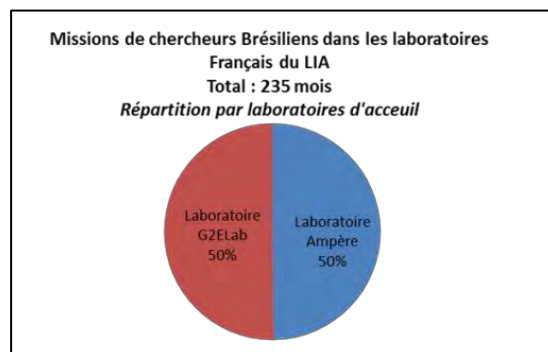
Le temps total passé par des chercheurs brésiliens dans nos laboratoires français, dans le cadre du LIA Maxwell, a été de **235 mois** pour la période 2009-2015, soit une moyenne de 2.5 temps-pleins, et même 3 temps-pleins depuis 2011, une fois pleinement enclenchée la dynamique du LIA.

Les destinations révèlent un équilibre quasi parfait entre Lyon (49.8%) et Grenoble (50.2%), image d'un LIA où G2ELab et Ampère contribuent et attirent de manière équilibrée.

Ces 235 mois de chercheurs brésiliens en France sont par contre à comparer aux (seulement) 91 mois de chercheurs français au Brésil.

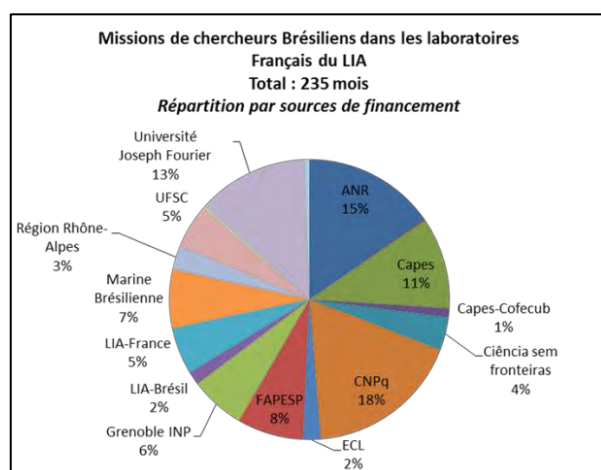


Ce déséquilibre est à mettre sur le compte de la présence de nombreux doctorants Brésiliens dans nos deux laboratoires français qui viennent effectuer partie de leur thèse en France et en cotutelle (122 mois). Comme nous l'avons noté plus haut, ce mouvement n'existe pas de la France vers le Brésil<sup>10</sup>. Le flux de chercheurs expérimentés (permanents /post-doctorants) d'un pays à l'autre est lui beaucoup plus équilibré (71 mois brésiliens en France contre 51 mois pour les français au Brésil).



Une analyse des sources de financement pour ces missions peut également être effectuée. Comme au paragraphe précédent, les pourcentages présentés sont exprimés en mois passés en France par rapport aux 235 mois, financés par organisme.

Là encore, les organismes financeurs sont très diversifiés. On retrouve évidemment la participation du LIA-France et celle de nos tutelles françaises (postes de professeurs invités), ainsi que l'allocation doctorale UJF. La région Rhône-Alpes a également contribué (5%) ainsi que l'ANR qui a financé une thèse sur un travail en collaboration (11%).



Les organismes de financement de la recherche au Brésil ont largement contribué au LIA par l'envoi de chercheurs en France : le CNPq (l'équivalent du CNRS au Brésil, 18%), la CAPES (l'équivalent du MESR, 11%), la Fapesp (l'équivalent du MESR pour l'Etat de São Paulo, 8%), le programme « Sciences sans frontière » (4%) et la Marine nationale brésilienne en partenariat avec l'USP (8%).

Le LIA est donc une structure très attractive qui bénéficie d'une très bonne image de marque au Brésil. Sa création a eu un « effet

levier » très fort pour les mobilités de chercheurs du Brésil vers la France.

Pour montrer l'importance de ce flux, un bilan des salaires de ces chercheurs brésiliens pour leurs séjours de recherche en France a été réalisé sur une base standard<sup>11</sup>. Les 235 mois sont ainsi équivalent en terme de salaires à une somme de **1M€** sur la période 2009-2015.

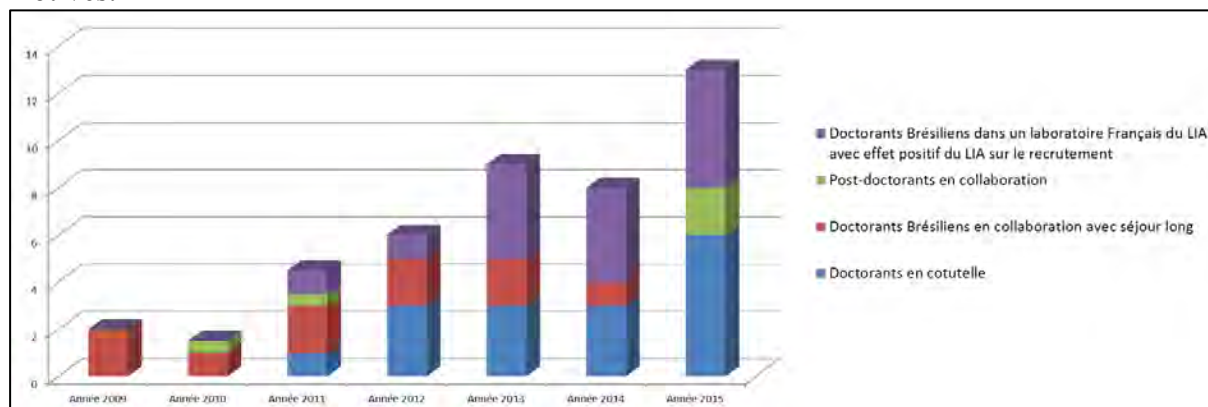
Les doctorants représentent une force vive de recherche sans laquelle il nous serait impossible de collaborer. Le diagramme suivant représente le nombre de doctorants intégrés au LIA Maxwell. Si leur nombre est faible juste après la création, il augmente ensuite rapidement.

Les thèses étaient à l'origine de simples collaborations académiques, elles mutent aujourd'hui en thèses en cotutelles (6 cotutelles en cours en 2015) dont les financements sont souvent brésiliens.

<sup>10</sup> La durée du parcours recherche après la graduation « bac+5 » est plus longue au Brésil : le plus souvent, 2 années de Maestrado puis 4 années de doctorat, soit un total « bac+11 ». Ainsi, le doctorant brésilien qui vient en France dans la seconde partie de sa thèse (après l'examen de « qualification », soit à « bac+9 ») est équivalent à un post-doctorant français.

<sup>11</sup> 1 doctorant : 34k€ / an - 1 post-doctorant : 55k€ / an - 1 Professeur de rang B : 70k€ / an - 1 Professeur de rang A : 120k€ / an

Un nombre important de doctorants au G2ELab et à Ampère sont aujourd'hui également brésiliens, sans être directement liés aux collaborations du LIA. Le LIA et son réseau sont néanmoins à l'origine de la venue en France de ces étudiants bien formés et particulièrement motivés.



### B.3.4. Conclusions sur ce bilan

Sur la période 2009-2015, **plus de 27 années** ont été passées par des chercheurs français au Brésil et par des chercheurs brésiliens en France. Ce chiffre est important et témoigne à lui seul de la très bonne santé et du dynamisme du LIA Maxwell.

→ **Liste complète des mobilités en Annexe A**

Cette dynamique a été initiée, structurée et pérennisée par un réseau de chercheurs seniors se connaissant déjà bien, et qui collaboraient depuis de nombreuses années. Elle est maintenant entretenue par une génération de chercheurs plus jeunes qui a su l'amplifier. Cette nouvelle phase de notre collaboration a été rendue possible par l'investissement réussi du CNRS et de nos tutelles dans notre laboratoire ; elle a été concrétisée par la participation de nombreux chercheurs français et brésiliens<sup>12</sup>, particulièrement motivés par le dynamisme de la recherche dans nos environnements respectifs.

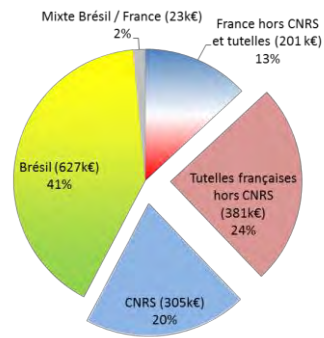
Nous estimons la somme totale affectée à notre LIA à **1537 k€**<sup>13</sup>. Le CNRS a affecté 305 k€ sur 7 ans (incluant les 200k€ de mises à disposition), il s'agit d'une somme importante qui a été abondée largement par nos tutelles universitaires (381k€). D'autres organismes français ont également apporté leur contribution (201k€) et en particulier la région Rhône-Alpes. Le Brésil a également joué le jeu et contribué largement à cette collaboration (627k€). Ainsi les participations françaises (58.5%) et brésiliennes (41.5%) sont assez équilibrées.

Nos groupes de recherche ont ainsi largement bénéficié ces dernières années du « label LIA » et de son remarquable « effet levier ». Le dynamisme de la recherche au Brésil et les collaborations académiques historiques avec la France font du Brésil un pays stratégique. Nos tutelles l'ont parfaitement compris et ont largement appuyé cette collaboration pendant ces sept dernières années. Nous avons parfaitement conscience que l'effort qu'elles ont concédé est important, et nous tenons ici à les remercier tout particulièrement.

<sup>12</sup> Plus de 50 permanents des deux pays ont participé scientifiquement, plus de 30 d'entre eux ont physiquement participé aux échanges.

<sup>13</sup> Un bilan financier global nous paraît impossible à réaliser puisqu'il faudrait consolider les coûts correspondant au temps passé pour cette collaboration par chaque chercheur à la fois en France et au Brésil. Nous nous sommes contentés dans ce document d'un bilan financier « vu de la France », en consolidant les dotations spécifiques des tutelles, et les salaires équivalents (coût forfaitaire) des chercheurs brésiliens quand ils ont été en activité en France.

**Budget estimée du LIA Maxwell (2009-2015)**  
**Total : 1.537 k€**





## C. Travaux en collaboration

### C.1 – Projet scientifique du LIA

#### C.1.1 - Introduction

Comme l'indique le préambule de la Convention, rappelé en ouverture de ce rapport, le LIA se définit avant tout comme une structure souple d'animation scientifique :

« (...) le LIA Maxwell sera avant tout une structure d'animation et de coordination (...). Il s'agit de faire circuler l'information scientifique et de la partager de manière très approfondie, pour créer des synergies : thèses partagées, jurys mixtes, échanges de moyenne ou longue durée de jeunes chercheurs (thèses sandwich, post-doc juniors) ou de chercheurs expérimentés (post-doc seniors, postes de Professeurs Invités, mutations) ; coordination de dépôts de projets (ANR, Capes-Cofecub, fondations brésiliennes, ...) à réaliser ensuite en commun (...) » *[extrait du préambule de la Convention]*

Le contenu scientifique a été à l'origine défini ainsi *[extrait du préambule de la Convention]* :

Les principaux thèmes de recherche qui seront abordés concernent en premier lieu 3 sujets relativement théoriques :

**S1** - les **modèles numériques pour l'électromagnétisme**, c'est là le noyau de nos collaborations depuis plus de 20 années ;

**S2** - les **méthodologies de conception et d'optimisation** de dispositifs et systèmes lorsque leurs performances sont essentiellement liées à leur comportement électromagnétique ;

**S3** - la construction de **modèles des matériaux** complexes utilisés, adaptés à ces simulations numériques.

Ces modèles et méthodes trouveront des applications privilégiées dans des domaines à fort impact sociétal, que ce soit pour des raisons « négatives » (inquiétudes du public devant les effets supposés négatifs des champs) ou « positives » (intérêt pour les nouvelles applications - très prometteuses - de techniques électromagnétiques dans le domaine de la santé ou de l'environnement), et des légitimes exigences du public en matière de fiabilité des systèmes (transports en particulier) ou d'économies d'énergie. On peut citer, sans que cela soit exhaustif :

**S4** - le **bio-électromagnétisme** (effets des champs sur les systèmes vivants) : caractérisation électromagnétique des cellules (par diélectrophorèse et diélectrorotation) et tissus biologiques, calculs d'effets thermiques (des fréquences basses jusqu'aux microondes), effets des champs impulsionnels (électroporation), avec applications médicales (hyperthermie) ou biologiques (transferts de gènes, production d'électricité par des bactéries, bio dépollution de sols par injection de courant électrique).

**S5** - la **Compatibilité Électromagnétique**, spécialement des systèmes embarqués (véhicules terrestres ou aériens). La complexification de ces systèmes rend les dysfonctionnements d'origine CEM de plus en plus fréquents : notre objectif est d'intégrer cette préoccupation dès la conception de ces systèmes, au lieu de concevoir dans une seconde étape des moyens réparateurs.

**S6** - les **actionneurs non traditionnels**, qui permettent de mettre en œuvre l'ensemble des compétences des différentes équipes concernées : modèles numériques multiphysiques (électromagnétisme, thermique, mécanique), méthodologies de

conception, modèles de matériaux complexes (magnétiques traditionnels, empilements, composites ; ou biologiques).

### **C.1.2 – Avancement des travaux scientifiques**

Dans ce cadre fixé a priori, les *principales* actions menées durant les 7 dernières années ont été :

#### **Compatibilité électromagnétique**

*Thématiques : S5 et S1. Marginalement S2.*

La compatibilité électromagnétique (CEM) est une thématique qui existait au G2ELab, à Ampère et au LMAG (EP-USP) avant la naissance du LIA Maxwell. Elle avait par exemple été le sujet d'un accord CAPES-Cofecub entre le LMAG et l'USP déposé en 2006 (et réalisé de 2007 à 2010).

Dans le cadre du LIA, nos travaux en commun ont porté d'une part sur les chambres réverbérantes à brassage de modes, solution alternative économique pour les mesures normatives, avec en particulier le travail de thèse de Mario Alves ; d'autre part sur un modèle numérique par développement harmonique du champs rayonné pour les composants d'électronique de puissance, qui doit permettre une identification optimale par la mesure, un réglage aisé de sa complexité (en fonction de la précision souhaitée), et son intégration naturelle dans les modèles de circuit utilisés pour les simulations en électronique de puissance.

Ce second travail est présenté plus en détail en annexe I : il s'agit en effet d'une belle collaboration tripartite, à laquelle le G2ELab, le LMAG/USP et Ampère ont chacun apporté des idées, des moyens expérimentaux, des « forces vives », avec des résultats communs et des travaux qui continuent (par exemple dans le cadre ANR). Travail donc exemplaire pour illustrer ce que notre LIA peut apporter de plus que la seule somme des forces des partenaires séparés.

**On pourra donc consulter à ce sujet l'Annexe I.**

#### **Méthodes de conception optimale et d'optimisation**

*Thématiques : S2, S6*

L'optimisation des systèmes électromagnétiques qu'elle soit considérée d'un point de vue méthodologique ou applicative est un axe de recherche très fort du LIA Maxwell. Les 5 membres travaillent tous et collaborent autour de cet axe fédérateurs. Des avancées importantes ont été réalisées ces 7 dernières années avec par exemple d'un point de vue méthodologique :

- Le calcul des sensibilités d'une formulation intégrale électrostatique compressée par un algorithme multipolaire rapide (post-doctorat d'A. Guibert, à l'USP en collaboration avec le G2ELab)
- Un travail sur les algorithmes d'optimisation du type « évolution différentielle » qui a permis une implémentation de ce type de méthode dans la plateforme d'optimisation Got-It logiciel français commercialisé par la société Cedrat (Stage Gustavo Tenaglia, USP, G2ELab).
- Le développement de méthodologies de modélisation qui soient capables de prendre en compte des incertitudes paramétriques et leur application à des modèles CEM (thèse de cotutelle de M. Ferber ECL / UFMG en collaboration avec Grenoble)
- Le développement de méthodologies de réduction de modèle paramétrique, sujet d'une grande actualité dans notre communauté qui visent à réduire les temps de calcul associés à l'optimisation basée sur des modèles numériques lourds (thèse de cotutelle de M. Leite Université de Grenoble Alpes / UFMG)

**On pourra consulter à ce sujet l'Annexe IV.**

D'un point de vue plus applicatif, on remarquera tout particulièrement la thèse de T. Staudt sur la conception d'éoliennes de petite puissance (cotutelle UFSC / Université de Grenoble),

travail particulièrement représentatif du LIA puisqu'une machine originale et prometteuse a été conçue au Brésil avec les outils d'optimisation du G2ELab, construite au Brésil et instrumentée en France pour la validation finale.

**On pourra consulter à ce sujet l'Annexe III.**

Enfin, on notera également l'important travail de structuration du LIA réalisé autour de l'optimisation et de la conception par F. Wurtz, rendu possible par sa mise à disposition d'une année à l'UFSC par le CNRS.

**On pourra consulter à ce sujet l'Annexe II.**

### **Transmission d'énergie à distance**

*Thématiques : S5, S6 et récemment S3*

Aspects EM et Électronique de puissance : L. Krähenbühl à l'USP (2008, transmission inductive), travaux spécifiques Ampère (C. Vollaire pour la transmission par ondes, F. Morel pour les aspects conversion), thèse de Daniela (USP/Lyon), collaboration Liège<sup>14</sup>. Travaux Ampère/CEFET depuis 2014 (au CEFET, équipe d'Ú. do Carmo Resende, séjour long actuel du Prof. Sandro Trindade M. Gonçalves), plusieurs travaux d'étudiants de part et d'autre.

L'efficacité du transfert d'énergie (inductif ou ondulatoire) a conduit également à initier des recherches sur les méta matériaux résonnants (Ampère/USP).

**Hybridations de méthodes numériques.** Grenoble / UFSC / USP, projet d'O. Chadebec dans le cadre de son post-doc long (mise à disposition à l'UFSC), thèse de L. Blattener (USP, G2ELab)

*Thématiques : S1*

Suite à cette mise à disposition d'O. Chadebec, la version 2.0 de la plateforme MIPSE est née (Modeling of Interconnected Power SytEms). Elle propose un environnement robuste, performant et rapide de développement de formulations électromagnétiques hybrides. Cette plateforme initiée par le G2ELab a été déployée à l'USP (thèse de L. Blattener, hybridation méthodes PEEC / méthode éléments finis, méthodes intégrales) et l'UFSC (thèse de A. Nunes, hybridation éléments finis / schémas reluctants).

**Voir l'Annexe V consacrée à ce sujet.**

**Méthodes d'accélération numérique par séparation en sous-problèmes.** On notera également les travaux sur les méthodes des perturbations et de séparation en sous-problèmes (Liège, UFSC, Lyon), mené sous la direction de P. Dular (Liège), très riches en publication ces 7 dernières années.

*Thématiques : S1*

### **C.1.3 – Bilan**

Il ressort de cet état des lieux (non exhaustif) que la plupart des thématiques initialement prévues ont été prises en compte de manière opérationnelle et ont conduit à des résultats (S1, S2, S5 et S6). Les S3 et S4 ont été plus marginalement traités mais des actions de moindres envergures sur le bio-électromagnétisme (collaboration ECL/Unicamp/USP) et les modèle de matériaux ont également été initiées.

En plus, un effet de synergie s'est bien mis en place : renaissance ou réveil des collaborations

---

<sup>14</sup> L'équipe de Liège, qui apparaît dans plusieurs projets LIA, travaille depuis une dizaine d'années d'une part avec l'UFSC/Grucad, d'autre part avec Ampère et le G2ELab. Nous avons donc proposé en 2008 que cette équipe soit intégrée au LIA. Cela avait été refusé par le CNRS, non pour une raison scientifique, mais à cause de la difficulté administrative pour monter une structure de ce type dans 3 pays. Cette équipe a néanmoins été associée au LIA de manière indirecte, son leader (P. Dular) ayant été nommé au Comité de Pilotage, comme expert scientifique extérieur. Noter aussi que, au travers du LIA, l'équipe belge (R. Sabariego, aujourd'hui Professeure à Louvain) commence une nouvelle collaboration brésilienne avec l'EP-USP.

anciennes entre Grenoble et Florianópolis, entre Lyon et Belo Horizonte ; renforcement des collaborations croisées qui existaient peu en 2008 entre Grenoble et l'USP, entre Lyon et Florianópolis ; apparition dans ce cadre de collaborations nationales G2ELab-Ampère, UFSC-USP et de nouveaux liens internationaux comme Grenoble/Belo Horizonte ou Belgique/USP.

## **C.2 - Co-encadrement de travaux de recherche et participation à des jurys**

Cinq thèses ont été soutenues (2 cotutelles et 3 collaborations de recherche), cinq cotutelles sont en cours. Aujourd'hui, nous sommes arrivés à un flux moyens de deux thèses par an.

Le flux des post-doctorants est de un junior et un senior par an dans les deux sens confondus.

*Voir aussi l'analyse faite en introduction du §B.3 concernant l'origine (France ou Brésil) des thésards et post-doctorants*

Les jurys croisés ne sont pas encore assez nombreux, mais leur nombre va croître assez naturellement à mesure que les équipes de recherche se connaîtront mieux : ils ne doivent en tout cas pas se cantonner aux doctorats co-encadrés.

→ **Liste complète des co-encadrements et participations à des jurys en Annexe B.**

## **C.3 – Autres activités communes**

### **C.3.1. CAPES-COFECUB**

Ce paragraphe est d'abord l'occasion de rendre hommage à l'organisation « CAPES-COFECUB » et « USP-COFECUB », dont ce LIA est une retombée extrêmement positive : les deux laboratoires français, le LMAG(USP) et l'UFMG ont bénéficié entre 1995 et 2010 de quatre accords de ce type. Sans ce soutien important en volume, souple et simple à mettre en œuvre, ces relations franco-brésiliennes n'auraient pas pu se mettre en place, être entretenues puis développées. Nous allons naturellement déposer des projets dans les années qui viennent, en particulier pour engager de nouvelles thématiques ou associer de nouveaux partenaires.

Un accord Ampère/ECL-LMAG/EP-USP était déjà en cours en 2009, et s'est terminée début 2011. Sur 2009, 2010 et début 2011, il a financé 4 séjours de 3 semaines dans chaque sens, plus le post-doc sénior d'une année de Carlos A.F. Sartori. Ce projet (CAPES-COFECUB 568/09) était centré sur la Compatibilité Électromagnétique (CEM).

Deux nouvelles demandes ont été déposées en 2012 dans le cadre du LIA, mais malheureusement aucune n'a été acceptée. Il faut noter que le label LIA semble avoir été un handicap en particulier côté Brésil, ce Programme semblant préférer favoriser des collaborations naissantes et non encore financées. Cette impression reste toutefois à confirmer auprès des responsables du Programme.

### **C.3.2. Projets Région**

Un co-financeur naturel pour les relations académiques et de recherche est en France la Région. En ce qui concerne le Brésil (qui est une Fédération), la Région Rhône-Alpes a choisi de soutenir préférentiellement l'État du Paraná, auquel aucun de nos trois partenaires LIA n'appartient. Il était donc en général difficile d'obtenir un soutien Région en relation directe avec le LIA. Nous avons néanmoins réussi dans le cadre du programme ARCUS-Brésil (porté par l'INSA de Lyon) pour un projet intitulé « ModelBio ».

Le Professeur Renato Carlson, anciennement à l'UFSC/Grucad, a été Professeur Émérite détaché à l'Université Technologiques Fédérale du Paraná (UTFPR) jusqu'en 2014. Par son intermédiaire, F. Wurtz a pu durant son année de délégation construire un projet en relation avec cette Université, projet qui entre par ailleurs dans les axes de recherche soutenus par

toutes les équipes du LIA. Ce programme a permis de financer le stage d'étudiants français localisés dans des laboratoires proches ou faisant parti du LIA.

#### **ARCUS-Brésil, sous-projet ModelBio [terminé]**

Financement Région Rhône-Alpes et MAE : 15k€ pour le sous-projet ModelBio.

Le contexte général de ce projet qui a impliqué 9 Établissements de la Région Rhône-Alpes et 16 Établissements brésiliens, sous l'égide du Ministère des Affaires Étrangères, est décrit sur le site :

<http://www.arcusrhonealpes-brazil.com/content/background-arcus-rhone-alpes-brazil>

Le sous-projet ModelBio qui nous concerne est résumé ainsi :

Deux des plus importants laboratoires français de Génie Électrique sont en Rhône-Alpes : le G2Elab (Grenoble : INPG et UJF) et Ampère (Lyon : ECL, INSA et UCBL). Ces laboratoires sont à la pointe des recherches internationales sur le calcul des effets des ondes électromagnétiques sur les systèmes (compatibilité électromagnétique) et plus récemment sur les êtres vivants (bio-électromagnétisme).

Leurs collaborations avec des laboratoires de l'Université de Sao-Paulo et des Universités Fédérales de Minas Gerais (Belo Horizonte) et Santa Catarina (Florianópolis) sont intenses et anciennes.

L'idée de ce projet est d'organiser une école thématique internationale périodique destinée aux jeunes générations d'enseignants et chercheurs, dans un but précis à moyen terme : à partir de ces rencontres régulières, organiser et structurer une formation commune internationale à la recherche, niveau master/doctorat. D'autres établissements pourraient s'y rattacher, particulièrement les établissements brésiliens qui ont déjà avec un de nos établissements des accords d'équivalence ou d'échanges d'étudiants pour les 1er et second cycles, mais pas encore d'échanges via la recherche. L'ouverture interdisciplinaire de l'École proposée ici, en particulier vers la biologie et l'environnement, devrait en offrir l'opportunité.

L'École Thématique prévue a été intégrée dans le congrès EHE (bio-électromagnétisme) qui était organisé par l'EP-USP en novembre 2012. Les participants français et brésiliens financés par cette action ont représenté près de la moitié des participants à la Conférence, et une journée spécifique leur a été réservée.

**Voir aussi :** <http://www.ampere-lyon.fr/spip.php?article337>

*Avec le recul, il faut souligner que l'un des effets extrêmement positifs d'Arcus-Brésil a été de permettre à l'ensemble des acteurs universitaires de la Région, toutes spécialités confondues (sciences humaines, maths et physique, ingénierie, ...) intéressés par des collaborations avec le Brésil, de se rencontrer et d'échanger pendant la préparation du dossier proposé au Ministère (ce qui s'est étalé sur 2 années, puisque le premier dossier, fourni en 2006, n'avait pas été retenu).*

#### **CMIRA [terminé]**

**« Méthodes, modèles et outils pour la conception, l'optimisation, la modélisation et le contrôle commande d'éoliennes de petites et moyennes puissances (<100 kW) ».**

Partenaires : G2ELab (Grenoble INP) et Ampère (ECL) / UTFPR (Paraná, Brésil)

Financement Région Rhône-Alpes : 12k€ en fonctionnement, 15k€ en investissements.

Il s'agit d'un programme de recherche autour d'éoliennes de petites et moyennes puissances, dédiées au marché Brésilien, afin de concevoir et optimiser des structures relativement simples à fabriquer, robustes et pas chères. L'objectif est l'électrification de maisons et fermes, isolées du réseau électrique, nombreuses dans un pays "continent" comme le Brésil. Des applications semblables peuvent aussi exister, au moins en alimentation de secours, dans certaines zones rurales françaises (Drôme-Ardèche par exemple).

Dans le cadre Région, les actions doivent comporter des synergies entre recherche et formation. On a donc :

- Un volet recherche portant sur les méthodes, les modèles et les outils pour la conception, l'optimisation, la modélisation et le contrôle-commande des éoliennes précédemment évoquées.
- Un volet formation : il s'agit d'établir un partenariat devant permettre d'échanger des étudiants au niveau master et doctorats entre Grenoble INP et l'Université du Paraná. Il est prévu de faire travailler ces étudiants sur des sujets de développement ou de recherche liés au programme des éoliennes.
- En parallèle de ces deux volets, des partenariats avec des industriels brésiliens ayant vocation à produire les éoliennes existent déjà ; au niveau Rhône-Alpin un partenariat existe avec une société pouvant fournir des technologies logicielles pour la conception et l'optimisation, et une PME spécialisée dans les petites éoliennes à axe vertical (Vertéole, à Romans). Ces partenariats industriels pourront être un support pour la recherche et pour la formation des étudiants (opportunités de stages industriels).

### **C.3.3. Projet européen.**

#### **Projet ELECON [en cours]**

#### **« *Electricity Consumption Analysis to Promote Energy Efficiency Considering Demand Response and Non-technical Losses* »**

ELECON est un projet du FP7 de l'Union Européenne, financé dans le cadre d'un programme d'échange de chercheurs (actions Marie Curie). Il vise à établir un réseau de recherche entre l'Union européenne et des chercheurs brésiliens afin de contribuer à la mise en œuvre des Smartgrids. Il regroupe deux universités brésiliennes partenaires du LIA (USP et UFSC) ainsi que l'université de Grenoble Alpes. La participation du G2ELab au projet ELECON est une des conséquences directes de l'existence du LIA.

ELECON a financé les visites suivantes :

- Visite du professeur Jacqueline Rolim de l'UFSC (Labplan), du 16 au 22 mars 2014 (15 jours)
- Visite de Daniel Tenfen doctorant de l'UFSC (Labplan) du 15/06/2014 au 15/11/2014 (5 mois)
- Visite de Claudia Lorena Garcia doctorante de l'Escola Politécnica da USP, du 1er avril 2015 au 30 juin 2015 (3 mois)
- Visite du professeur Samuel Luna de Abreu de l'UFSC (Florianopolis) du 8 au 19 octobre 2015 (11 jours)
- Visite du professeur Rubiapiara Cavalcante Fernandes de l'UFSC (Florianopolis) du 8 au 19 octobre 2015 (11 jours)
- Visite du professeur Antonio Fara Neto, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP – Campus Guaratinguetá, du 28 septembre 2015 au 4 décembre 2015 (2 mois et 10 jours)
- Visite du professeur Inacio Bianchi, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP – Campus Guaratinguetá, du 28 septembre 2015 au 4 décembre 2015 (2 mois et 10 jours)

## D. Production scientifique co-signée avec les partenaires du LIA

Sur la période 2009-2015, 25 publications en revues internationales sont parues. Ces articles scientifiques ont principalement été publiés dans la revue *IEEE Transactions on Magnetics* qui est la référence pour la communauté de la modélisation électromagnétique basses fréquences.

Concernant les conférences internationales, nous recensons 59 communications communes principalement présentées aux conférences :

- Compumag, éditions 2009 (Florianópolis, Brésil, organisée par le LMAG-UFSC du LIA), 2011 (Sydney, Australie), 2013 (Budapest, Hongrie), 2015 (Montréal, Canada). *Compumag est l'une des deux conférences de référence de la communauté de la modélisation électromagnétique basses fréquences.*
- CEFC, éditions 2010 (Chicago, US), 2012 (Oita, Japon) et 2014 (Annecy, France, organisée par le G2ELab). *CEFC est l'une des deux conférences de référence de la communauté de la modélisation électromagnétique basses fréquences.*
- Numelec'2012 (Marseille, France). *Numélec est la conférence francophone sur la modélisation électromagnétique.*
- MOMAG, éditions 2010 (Vila Velha), 2012 (Joao Pessoa) et 2014 (Curitiba). *Momag est la conférence brésilienne de la langue portugaise sur la modélisation électromagnétique.*

Ces publications communes sont principalement issues des 10 thèses de doctorats, réalisées en collaboration, déjà soutenues ou à soutenir, et témoignent d'un bilan scientifique conséquent.

→ **Liste complète de la production scientifique en Annexe C.**

## E. Conclusion

Après plus de 5 années d'efforts constants (la première « tournée » des équipes brésiliennes faite par L. Krähenbühl en vue d'une structuration des collaborations date de février 2006), et bien des difficultés en particulier juridiques<sup>15</sup>, le LIA Maxwell a été inauguré le 23 novembre 2011 c'est-à-dire il y a un peu plus de 4 ans.

Comme le montrent les éléments réunis dans ce rapport, les objectifs d'animation scientifique et de structuration de la recherche proposés en 2008 ont été largement remplis. La production scientifique résultante est importante en qualité et quantité. Le flux de thèses en cotutelle, qui augmente d'année en année, est certainement un signe de la très bonne santé de notre laboratoire.

Nous pensons avoir démontré tout au long de ce rapport que notre LIA est une structure en pleine croissance et qu'il serait très dommageable pour toutes les nouvelles collaborations initiées d'en rester là. De plus, un élargissement du périmètre thématique se dessine et bon nombre de collègues, brésiliens comme français, demandent à nous rejoindre.

Nous demandons donc naturellement la reconduction de ce LIA, cette demande faisant l'objet d'un document « Projet » séparé du présent « Bilan 2009-2016 ».

---

<sup>15</sup> Nous faisons allusion ici en particulier à la mise en place demandée par les services juridiques du CNRS de la « Convention » liant les 9 partenaires, dont la négociation du contenu juridique (et non pas de la partie scientifique) a duré 16 mois entre juin 2009 et septembre 2010, malgré les efforts de, L. Krähenbühl, et le suivi constant et attentif qu'il en a fait, auxquels il faut ajouter les 8 mois qui ont été nécessaires pour les signatures ...

## ANNEXES

*Annexes en lien direct avec le texte principal et destinées à l'alléger :*

Annexe A – Liste commentée des mobilités

Annexe B – Liste détaillée des co-encadrements et participation à des jurys

Annexe C – Liste détaillée des productions scientifiques 2009-2015

*Annexes complémentaires décrivant des exemples de travaux collaboratifs :*

Annexe I : Capteurs de composantes multipolaires pour la caractérisation en champ proche – Application à la compatibilité électromagnétique

Annexe II : Mise à disposition de F. Wurtz au GRUCAD - UFSC

Annexe III : Thèse de cotutelle de Tiago Staudt (Université Grenoble Alpes – UFMG)

Annexe IV : Travaux collaboratifs autour des méthodes d'optimisation en électromagnétisme

Annexe V : Mise à disposition d'O. Chadebec au GRUCAD - UFSC

Annexe IV : Photos de quelques événements

*Documents utiles accessibles par ailleurs :*

Convention de LIA complète :

[http://www.ampere-lab.fr/IMG/pdf/LIA817\\_Fran\\_14-10-2010-2.pdf](http://www.ampere-lab.fr/IMG/pdf/LIA817_Fran_14-10-2010-2.pdf)

Mise à jour de la production scientifique du LIA sur HAL :

<http://hal.archives-ouvertes.fr/AMPERE-1>

Diverses informations sur le LIA :

<http://www.ampere-lab.fr/spip.php?rubrique106>

En particulier, échos de l'inauguration du LIA en novembre 2011 à São Paulo :

<http://www.ampere-lab.fr/spip.php?article525>

et communiqué de presse de la DR7 du CNRS :

<http://www.dr7.cnrs.fr/IMG/pdf/111122-inaugLIA-AmpereV3.pdf#>



## ANNEXE A – Liste détaillée des mobilités

### A.1.1. Brésil vers France, personnels permanents.

21 professeurs concernés, des 3 groupes brésiliens. Durée cumulée de 71 mois.

#### Professeurs de l'USP (Universidade de São Paulo - Sao Paulo)

**Prof. Viviane Silva**, Escola Politécnica/USP -

*V. Silva a eu un apport très important pour le LIA, comme rédactrice en juillet 2008 avec L. Krähenbühl du dossier de candidature répondant à l'appel d'offre « LIA » du CNPq. Elle collabore activement avec plusieurs chercheurs du LIA.*

CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/1298591853482803>

#### Séjours :

- 2 semaines à Ampère (mai 2008). Financement CAPES/Cofecub
- 3 semaines à Ampère (juillet 2010). Financements CAPES.
- 1 semaine à Ampère et G2ELab (mai 2014). Financement LIA (Brésil)

#### Actions de recherche :

- Recherches génériques sur les formulations électromagnétiques en collaboration étroite avec Ampère et G2ELab depuis plus de 20 ans.
- Directeur de la thèse de Lucas Blattner Martinho intitulée "Finite Element techniques for the analysis of conductive coupling problems in grounding systems and transmission line rights of way by comparison with alternative numerical methods" – cotutelle USP/Université de Grenoble Alpes (Directeur de thèse : O. Chadebec à Grenoble).
- Directeur de la thèse d'Ana Flávia Peixoto de Camargos cadre d'une collaboration avec le G2ELab.

**Prof. Carlos A. F. Sartori**, Escola Politécnica/USP

*Le Prof. Sartori a été l'un des principaux « moteurs » côté brésilien pour le montage des coopérations étroites qui ont conduit au LIA Maxwell. Ce travail a en effet été initié en février 2006, lors d'une rencontre au Brésil entre Carlos Sartori et Laurent Krähenbühl et a permis le montage de dossiers cohérents et la réussite du LIA.*

CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/7994504454961355>

#### Séjours :

- 1 mois à Ampère (début 2009). Professeur invité par l'école Centrale de Lyon.
- 1 année à Ampère (avril 2010 à mars 2011). Financement CAPES.
- 1 mois à Ampère (juin-juillet 2013). Financement : invitation de l'Ecole Centrale de Lyon.
- 1 semaine à Ampère et G2ELab (mai 2014). Financement LIA (Brésil)

#### Actions de recherche :

- Recherches génériques sur la CEM en collaboration étroite avec Ampère et G2ELab depuis plus de 20 ans.
- Projet CAPES-COFECUB terminé début 2011, thématique CEM
- Soutien à la thèse puis au post-doc de Benjamin Vincent (Ampère, G2ELab)
- Soutient à la thèse de Sanaa Zangui (Ampère)
- Soutient à la thèse de Moises Ferber (co-tutelle UFSC/ECL).

**Prof. Mario Leite**, IPT et Escola Politécnica/USP

*M. Leite est membre du LIA au travers de sa position de chercheur au LMAG (laboratoire de l'EP-USP). Il est par ailleurs responsable d'un service à l'IPT (Institut de recherche technologique, qui est un centre de compétence quasi industriel, avec des tâches légales d'essais normatifs), et grand spécialiste de mesures en Compatibilité Electromagnétique (CEM). Il vient à Lyon tous les 2 ans environ pour soutenir nos activités dans ce domaine (et réciproquement pour C. Voltaire).*

CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/1124490771595861>

#### Séjour :

- 3 semaines (février 2011). Financement CAPES-COFECUB

#### Action de recherche :

- Projet CAPES-COFECUB USP/ECL (rédaction des compte-rendus) et soutien à la thèse de Sanaa Zangui (aspects expérimentaux en salle anéchoïque).

**Prof. José R. Cardoso**, Reitor du Escola Politécnica/USP et responsable officiel du LIA côté Brésil. J. Cardoso a été recteur (président) de l'Escola Politécnica de l'USP, responsable du LMAG et est le responsable du LIA Brésil. Il est un des initiateurs du LIA côté Brésilien.

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/3117333353838533>

Séjour :

- 3 journées (novembre 2011). financement USP.

Action :

- Séminaire sur le programme brésilien « Sciences sans Frontières ».

**Prof. Luiz Lebensztajn**, Escola Politécnica/USP

*L. Lebensztajn est le responsable opérationnel du LIA pour les parties brésiliennes (le responsable officiel, J. R. Cardoso ayant été nommé Recteur de l'EP-USP a délégué cette responsabilité à son collaborateur).*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/2140268286728372>

Séjour :

- 1 mois à jours à Ampère et G2ELab (juillet 2009). Financement CAPES/Cofecub.
- 3 semaines à Ampère et G2ELab. (février 2012). Financement LIA (Brésil).
- 9 journées en juillet 2013 à Ampère et G2ELab. Financement LIA (Brésil).

Actions de recherche :

- Recherches génériques sur les méthodes d'optimisation en électromagnétisme en collaboration étroite avec Ampère et G2ELab depuis plus de 20 ans.
- Encadrement du post-doctorat d'Arnaud Guibert à l'USP en collaboration avec G2ELab (1 année). Financement Erasmus Mundus.

**Fabio Ruiz Daró**, chercheur senior, ingénieur, psychanalyste et historien

*F.R. Daró n'est pas à l'origine membre du LIA. Mais il a cherché un appui pour les aspects « ingénierie » de sa thèse qu'il prépare à la Faculté de médecine de l'USP, auprès de notre partenaire à l'EP-USP, qui l'a à son tour mis en contact avec le groupe bio-électromagnétisme d'Ampère.*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/1420290848082239>

Séjour :

- 2 semaines à Ampère (juin 2012). Financement USP

Actions de recherche :

- Collaboration sur le calcul de champs électromagnétiques induits dans le cerveau avec Ampère

**Mario Alves dos Santos Junior**, EP-USP et Marine Brésilienne

*Maris Alves est docteur en génie électrique de l'USP et est responsable recherche et développement au Centre technologique de la Marine à São Paulo. Il collabore beaucoup avec l'USP qui accueille le Centre technologique de la Marine sur son site.*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/1362389672370722>

Séjour :

- 7 mois à Ampère (août 2008 - février 2009). Financement Marine Brésilienne.
- 6 mois à Ampères (février-août 2014). Financement Marine Brésilienne et programme Sciences sans frontière.

Actions de recherche :

- Thèse en cotuelle avec l'Ecole Centrale de Lyon.
- Projet de recherche sur une chambre réverbérante pour les études CEM.
- Soutien à la thèse de Sanaa Zangui (aspects expérimentaux en salle anéchoïque).

**Prof. Sérgio Mühlen**, Unicamp

*Sergio Mühlen est docteur de l'INPL et est professeur à l'UNICAMP de Campinas dans l'état de Sao Paulo. Bien que non officiellement membre du LIA, il est impliqué dans notre laboratoire. Ses thématiques de recherche couvrent un large spectre en bio-ingénierie.*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/4232773320089813>

Séjour :

- 3 mois à Ampère (janvier-février 2011). Professeur invité (2 mois) par l'école Centrale de Lyon, 1 mois financé par l'Unicamp.

Action de recherche :

- Visite prospective sur les possibilités de coopération entre les activités couplées Génie électrique-biologie du Laboratoire Ampère, et les activités de génie médical à Campinas.

### **Professeurs de l'UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis)**

#### **Prof. Adroaldo Raiser, UFSC**

*Ce Professeur est le responsable du « Gemco » une autre équipe du centre technologique de l'UFSC dont la « Grucad » (l'équipe de recherche de l'UFSC officiellement membre du LIA) fait partie. Ses préoccupations scientifiques entrent dans le cadre du programme scientifique du LIA et il est très clair que ce séjour long est lié à l'existence du LIA.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/2239103417420653>*

#### Séjour :

- 1 année au G2ELab (2010-2011). Professeur invité par Grenoble INP

#### Actions de recherche :

- Recherche sur la thématique de la CEM et des méthodes inverses en collaboration avec Y. Marechal (G2ELab)

#### **Prof. João Pedro Bastos, UFSC**

*J.P.A. Bastos est le responsable du laboratoire partenaire du LIA à l'UFSC. Formé jusqu'au Doctorat d'État à Paris VI, il a été l'un des précurseurs de l'application de la méthode des éléments finis à l'électromagnétisme basse fréquence, il en est l'un des experts les plus reconnus au niveau international..*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/9859703662630141>*

#### Séjour :

- 1 semaine au G2ELab en octobre 2011. Financement LIA (Brésil)
- 3 mois au G2ELab en Professeur invité de Grenoble INP (janvier et février, puis juin 2013).
- 1 semaine au G2ELab en décembre 2015. Financement LIA (France)

#### Actions de recherche :

- Recherches génériques sur les formulations électromagnétisme en collaboration étroite avec Ampère et G2ELab depuis plus de 20 ans.
- Rapporteur et membre du jury de l'HDR d'Olivier Chadebec (G2ELab).
- Participation au club des utilisateurs du logiciel Flux organisé par la société Cedrat, partenaire historique des laboratoires de Lyon et Grenoble en matière de valorisation industrielle (Marseille).

#### **Prof. Nelson Sadowky, UFSC.**

*Nelson Sadowski est Docteur et HDR de l'Université de Toulouse.. Il en résulte en 2012 le dépôt commun d'un projet CAPES-COFECUB sur cette thématique.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/6477397959081311>*

#### Séjours :

- 2 semaines à Ampère (Janvier 2012), financement LIA (Brésil) et UFSC.

#### Actions de recherche :

- Recherches génériques sur les modèles de matériaux magnétiques en collaboration étroite avec Ampère et G2ELab depuis plus de 20 ans.
- Jury HDR de M.-A. Raulet (Ampère/UCBL)
- Expertise pour la thèse de R. Marion (2010) sur les modèles pour matériaux magnétiques
- dépôt d'un projet CAPES-COFECUB sur la thématique des matériaux magnétiques

#### **Prof. Renato Carlson (UFSC et UTFPR)**

*Ce Professeur émérite, formé à Toulouse, est l'un des créateurs (avec J.P.A. Bastos) du laboratoire Grucad de l'UFSC, partenaire du LIA.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/7440114883099242>*

#### Séjour :

- 1 semaine à Ampère et G2ELab (avril 2012). Financement CMIRA et ARC Énergie (projets Région).
- 4 jours à G2ELab (février 2014). Financement CMIRA.

#### Actions de recherche :

- Recherches génériques sur la conception de machines électriques en collaboration étroite avec

Ampère et G2ELab depuis plus de 20 ans.

- Directeur de la thèse de Thiago de Paula Machado Bazzo “Méthodologie pour la conception optimale des générateurs synchrones à aimants permanents considérant le cycle de fonctionnement de l'éolienne” – cotutelle UFSC/Université de Grenoble Alpes (Directeur de thèse : F. Wurtz à Grenoble). Financement CMIRA.
- Collaboration avec l'UTFPR (Université Technique Fédérale du Parana) et le G2ELab dans le cadre d'un projet cofinancé région Rhône-Alpes / état du Parana.

**Prof. Patrick Kuo Peng (UFSC)**

*Patric Kuo Peng, qui est Docteur de l'Université de Toulouse, est professeur à l'UFSC et responsable du « Grucad ». Il collabore activement avec plusieurs laboratoires Français dont ceux du LIA sur la thématique de la modélisation des champs électromagnétiques.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/9920822116918042>*

Séjour :

- 3 jours au G2ELab (en juin 2012). Financement programme BRAFITEC
- 3 jours au G2ELab (en septembre 2013). Financement programme BRAFITEC
- 3 jours au G2ELab et Ampère (en novembre 2014). Financement programme BRAFITEC

Actions de recherche :

- Recherches génériques sur les formulations électromagnétiques, en collaboration étroite avec Ampère et G2ELab depuis 2008.
- Directeur de la thèse de Tiago Staubt intitulée « Modélisation et optimisation de générateur pour éolienne à reluctance variable », soutenue en 2015– cotutelle UFSC/Université de Grenoble Alpes (Directeur de thèse : F. Wurtz à Grenoble). Financement région, programme Arc Énergie.
- Directeur de la thèse de Anderson Nunes intitulée « Modelagem de dispositivos eletromagnéticos utilizando uma abordagem híbrida entre o método de Rede de Relutâncias e o método de Elementos Finitos de Face » – cotutelle UFSC/Université de Grenoble Alpes (Directeur de thèse : O. Chadebec à Grenoble).

**C. Simão (ElectroBras)**

*C. Simão est docteur en génie électrique de l'UFSC. Il est maintenant ingénieur de recherche à ElectroBras à Florianopolis.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/3214123064305989>*

Séjour :

- 1 an à G2ELab (février 2015 à janvier 2016). CNPq et Electrobras

Actions de recherche :

- Séjour post-doctoral : Études et Modélisation de Transitoires Électromagnétiques dans les Transformateurs en Raison du Flux Résiduel

**Prof. Alexandre Trofino Neto (UFSC)**

*Alexandre Trofino Neto, qui est Docteur de l'Université de Grenoble Alpes, est professeur à l'UFSC en automatique.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/5980323623922088>*

Séjour :

- 2 semaines à Ampère (novembre 2015). Financement LIA (France)

Actions de recherche :

- Initiation d'une nouvelle collaboration avec G. Scorletti avec échange de doctorants.

**Professeurs de l'UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte)**

**Prof. João Vasconcelos, UFMG**

*Responsable de la composante UFMG du LIA, J. Vasconcelos est docteur de l'ECL 1994. Il est spécialiste des méthodes d'optimisation en électromagnétisme et est responsable du laboratoire PPGEE de l'UFMG.*

*CV officiel (Lattes) : <http://lattes.cnpq.br/8199384500642892>*

Séjours :

- 3 mois au G2ELab sur un poste de professeur invité par l'UJF (12/2011-02/2012)

Actions de recherche :

- Recherches génériques sur les méthodes d'optimisation en collaboration étroite avec Ampère

et G2ELab depuis plus de 20 ans.

- Rapporteur et jury de l'HDR de Benoît Delinchant
- Directeur de la thèse de Moises Ferber intitulée « Méthodologie de prise en compte a priori de la Compatibilité Électromagnétique dans l'optimisation robuste de systèmes d'électronique de puissance » soutenue en 2013 (cotutelle UFMG/Université de Lyon (Directeur de thèse : L. Krähenbühl à Lyon).
- Directeur de la thèse de Mateus Leite intitulée « Optimisation robuste de modèles numériques réduits pour la prise en compte des contraintes CEM » (cotutelle UFMG/Université de Grenoble Alpes (Directeur de thèse : B. Delinchant à Grenoble).

**Prof. Oriane Magela Neto**, UFMG – *Décédé en mars 2013.*

*O. Magela Neto était professeur dans la composante UFMG du LIA.*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/6987563670816279>

Séjour :

- 10 jours à Ampère et G2ELab (janvier). financement LIA (Brésil).

Actions de recherche :

- Mise en place un début de coopération sur le thème de la l'optimisation dans les réseaux électriques.

**M. Davies Williams de Lima Monteiro**, UFMG

*Professeur adjoint dans la composante UFMG du LIA.*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/981565056909904>

Séjour :

- 10 jours à Ampère et G2ELab (janvier). financement LIA (Brésil).

**Prof. Ricardo Takahashi**, UFMG

*R. Takahashi est mathématicien appliqué, et a déjà travaillé et publié avec Ampère avant que le LIA n'existe.*

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/4947186824317781>

Séjours :

- 3 semaines à Ampère (février 2013). Financement LIA (Brésil)

**Prof. Eduardo Carrano**, UFMG

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/4022838844024162>

Séjours :

- 3 semaines à Ampère et G2ELab (février 2013).

**Prof. Marcio Matias Afonso** (CEFET – Belo Horizonte)

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/2927636393829724>

Séjours :

- 3 mois (septembre-novembre 2012) en Professeur invité par l'IUT de Grenoble (UJF)

Actions de recherche :

- Travail sur les méthodes de modélisation électromagnétiques sans maillage en collaboration avec B. Ramdane (G2ELab)

**Prof. Sandro Trindade Mordente Gonçalves** (CEFET – Belo Horizonte)

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/9879076086228404>

Séjours :

- 1 an (septembre 2015 - septembre 2016) en Professeur visitant à l'ECL. Financement CnPq.

Actions de recherche :

- Travail sur la transmission d'énergie sans fils, avec des méthodes de retournement temporel. Collaboration avec C. Vollaie, J. Huillery, F. Morel.

**A.1.2. Brésil vers France, autres personnels.**

*Séjours en France de 7 doctorants (122 mois), 5 thèses soutenues (2 en cotutelle et 3 en collaboration de recherche), 5 thèses en cotuelle en cours.*

*5 séjours « recherche » d'autres étudiants (durée totale 23 mois).*

## **Mobilité de doctorants**

**Moisés Ferber de Vieira Lessa**, doctorant co-tutelle UFMG/ECL

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/4265760010761843>

Titre de la thèse : Méthodologie de prise en compte a priori de la Compatibilité Électromagnétique dans l'optimisation robuste de systèmes d'électronique de puissance.

Directeurs de thèse : J. Vasconcelos (UFMG) et L. Krähenbühl (Ampère), co-encadrant J.-L. Coulomb (G2ELab). Thèse soutenue en 2014.

Séjour :

- 2 mois à Ampère (janvier-février 2012). Financement LIA (France). *Ce séjour, entre les 2 années de graduation (master) a permis de motiver cet étudiant pour un travail doctoral en France.*
- 3 ans à Ampère (octobre 2010-décembre 2013). Financement ANR.

*Actuellement, Moisés Ferber est enseignant à l'UFSC, site de Joinville. La collaboration est pérenne, une publication commune vient de paraître. La thématique de ces collaborations est en fort lien avec l'Automatique.*

**Daniela Wolter Ferreira**, doctorante de l'EP-USP, une partie de la thèse en collaboration avec le laboratoire Ampère

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/8116275188530854>

Titre de la thèse : Topics in design and analysis of transcutaneous energy transfer to ventricular assist devices.

Thèse soutenue en 2013.

Séjours :

- 3 jours à Ampère (février 2012) – Financement LMAG et LIA (Brésil)
- 6 mois à Ampère (mai-novembre 2012). Financement FAPESP.
- 2 semaines à Ampère (avril 2013). Financement USP.
- 1 semaine à Ampère et G2ELab (juillet 2013). Financement LIA (France).
- 1 mois (Janvier-février 2014), financement LIA (France)

*Actuellement, Daniela Wolter Ferreira est enseignante à l'UNESP. La collaboration est pérenne sur la thématique de la transmission d'énergie sans contact.*

**Tiago Staudt**, doctorant cotutelle UFSC / Université de Grenoble Alpes

Titres de la thèse : Modélisation, conception et optimisation des machines à reluctance à double alimentation sans balais.

Directeurs de thèse : P. Kuo-Peng et F. Wurtz (G2ELab). Thèse soutenue en 2015.

Séjour :

- 18 mois à G2ELab (à partir de février 2013). Financement CAPES (12 mois) et CMIRA (6mois).

**Ana Flávia Peixoto de Camargos**, doctorante de l'EP-USP, une partie de la thèse en collaboration avec le laboratoire G2ELab

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/9776994012981374>

Titre de la thèse : Computação paralela em GPU para resolução de sistemas de equações algébricas resultantes da aplicação do método de elementos finitos em eletromagnetismo.

Thèse soutenue en 2014.

Séjour :

- 1 mois à G2ELab (avril 2013). Financement USP.

**Lucas Blattner Martinho**, doctorant cotutelle EP-USP / Université de Grenoble Alpes.

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/1455026743906082>

Titre de la thèse : Finite Element techniques for the analysis of conductive coupling problems in grounding systems and transmission line rights of way by comparison with alternative numerical methods

Directeurs de thèse : V. Da Silva (USP) et O. Chadebec (G2ELab).

Séjours :

- 1 semaine à Ampère et G2ELab (juillet 2013). Financement LIA (Brésil)
- 1 an à G2ELab (février 2014-janvier 2015). Financement FAPESP.

**Tiago Bazzo**, doctorant cotutelle UFSC/ Université de Grenoble Alpes.

Titre de la thèse : Méthodologie pour la conception optimale des générateurs synchrones à aimants permanents considérant le cycle de fonctionnement de l'éolienne.

Directeurs de thèse : P. R. Carlson (UFSC) / F. Wurtz (G2ELab).

Séjour :

- 18 mois à G2ELab (à partir d'octobre 2014). Financement CNPq.

**Mateus Leite**, doctorant cotutelle UFMG / Université de Grenoble Alpes.

Titre de la thèse : Optimisation robuste de modèles numériques réduits pour la prise en compte des contraintes CEM

Directeurs de thèse : J. Vasconcelos (UFSC) / B. Delinchant (G2ELab).

Séjours :

- 2 ans (à partir de février 2015). Financement allocation ministère UJF donnée en soutien au LIA

### **Autres mobilités**

**Claret Laurente Sabioni**, étudiant en graduation UFMG

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/1653911242313939>

Travail sous la direction de G. Scorletti, collaboration avec J. Vasconcelos.

Séjour :

- 2 mois à Ampère (janvier-février 2011). Financement propre et LIA (logement).

**Silvia Bruschi Schneider**, élève ingénieur UFSC

Titre du travail : Modélisation d'un moteur à commutation électronique (moteur à aimant) en vue du pilotage et de la supervision optimale dans les bâtiments

Collaboration : F. Wurtz (G2ELab) / Labplan (UFSC)

Séjour :

- 7 mois à G2ELab (septembre 2011-février 2012). Financement LIA (France).

**Gustavo Caravaggi Tenaglia** élève ingénieur USP

*CV officiel (Lattes) :* <http://lattes.cnpq.br/7054924797643557>

Titre du travail : Implémentation d'algorithme d'optimisation dans le logiciel Got-IT.

Collaboration : L. Lebensztajn (USP) / J-L. Coulomb (G2ELab)

Séjours :

- 1 semaine à Ampère et G2ELab (juillet 2013). Financement LIA (Brésil)
- 3 mois à G2ELab (décembre 2011-février 2012)

**Jésus Anicio de Oliveira Neto**, étudiant en Maestrado de l'USP / salarié marine fédérale brésilienne

Titre du travail : localisation de défauts dans les systèmes électriques, basée sur les signatures magnétiques

Collaboration : C. Sartori (USP) / L. Krähenbühl, J. Huillery, E. Blanco (Ampère)

Séjour :

- 4 mois à Ampère (Décembre 2014 – mars 2015) – Financement : Marine et programme Sciences sans frontière.

**Lucas Marcos Diniz Pereira**, étudiant en Maestrado au CEFET-MG

Titre du travail : étude de métamatériau surfacique résonnant aux fréquences de l'EP, applications à la transmission d'énergie sans contact

Collaboration : C. Sartori (USP) / L. Krähenbühl (Ampère)

Séjour :

- 6 mois à Ampère (Novembre 2014 – avril 2015). Financement CEFET.

### **A.2.1. France vers Brésil, personnels permanents.**

*12 enseignants-chercheurs concernés des 2 UMR, durée totale cumulée 39 mois.*

**L. Krähenbühl** (Ampère/CNRS)

*Ce chercheur est le responsable scientifique du LIA (France), et responsable du LIA pour Ampère.*

- Mai 2009 : 3 semaines (CAPES-COFECUB) USP, UFMG et Cofecub (anniversaire 30 ans,

Salvador)

- Septembre - octobre 2009 : 2 semaines (ECL pour Campus France), USP et UFMG
- Novembre 2009 : 3 semaines USP et UFSC (Région pour ARCUS et LIA)
- Août-septembre 2010 : 3 semaines (CAPES-COFECUB) – USP et Vitoria (conférence

Momag)

- Novembre 2011 : 2 semaines (LIA), participation à l'inauguration du LIA, en tant que responsable LIA/G2ELab. UFSC, USP
- Novembre 2012 : 3 semaines (Région/CMIRA et LIA), USP et UFSC
- Aout-sept 2014 : 15 jours (LIA) UFSC, USP et Curitiba (conférence Momag)

**O. Chadebec** (G2ELab/CNRS)

*Ce chercheur est le responsable du LIA pour G2ELab.*

- Mars 2011, 2 semaines (LIA), UFSC, UFMG, USP
- Novembre 2011, 2 semaines (LIA), participation à l'inauguration du LIA, en tant que responsable LIA/G2ELab. UFSC, USP
- Aout 2012-Aout 2013 : Mission longue de 1 an à l'UFSC/Grucad
- Aout-septembre 2014 : 15 jours (LIA) UFSC, USP et Curitiba (conférence Momag)

**J.-L. Coulomb** (G2ELab/Grenoble INP)

- Mars 2011, 2 semaines (LIA), UFSC, UFMG, USP

**G. Meunier** (G2ELab/CNRS)

- Novembre 2011, 2 semaines (LIA), participation à l'inauguration du LIA. UFSC, USP

**F. Wurtz** (G2ELab/CNRS) :

- Novembre 2009 : 2 semaines (LIA), USP et UFSC
- Aout 2010-Aout 2011 : Mission longue de 1 an à l'UFSC/Grucad
- Novembre 2011, 1 semaine (LIA), participation à l'inauguration du LIA. UFSC, USP
- Juillet/aout 2012, 3 semaine (financement Région / projet CMIRA), conférence Momag, visite à Curitiba

**F. Buret**

- Novembre 2009 : 3 semaines (invité par l'USP), USP et UFSC
- Novembre 2011 : 2 semaines (LIA), USP
- Novembre 2012 : 2 semaines invité par l'Unicamp (bio-électromagnétisme)
- Octobre 2013 : 1 semaine. USP et Unicamp. Financement ECL.

**B. Delinchant**, (G2ELab/UJF)

- Novembre 2009 : 3 semaines USP et UFSC (Région pour ARCUS et LIA)
- Juin 2012, 10 jours (LIA), UFMG
- Juillet – Août 2014, 1 mois à l'UFSC et l'UFMG

**R. Scorretti** (Ampère/CNRS)

- Novembre. 2009 : 3 semaines USP et UFSC (Région ARCUS et LIA)
- Septembre 2012 : 2 semaines (LIA), UFSC

**J. Roudet** (G2ELab, Directeur)

*J. Roudet est directeur du G2ELab.*

- Novembre 2012, 2 semaines en nov. 2012 (LIA), USP et UFSC

**F. Morel** (Ampère/ECL) :

- Septembre 2013, 1 semaine à l'USP (LIA)

**C. Vollaire** (Ampère/ECL) :

- Octobre 2013, 1 semaine (LIA), UFMG et CEFET

**G. Scorletti** (Ampère/ECL),

- Mars-avril 2014 2-3 semaines (LIA), UFMG et UFSC

## **A.2.2. France vers Brésil, autres personnels**



*2 post-doctorants concernés (17 mois), 5 doctorants en séjours courts, 6 étudiants en stages de recherche longs dans les laboratoires brésiliens de LIA (36 mois)*

### ***Mobilités de post-doctorants***

**A. Guibert**, doctorant G2ELab puis post-doctorant G2ELab / USP  
- Novembre 2009 : 3 semaines USP et UFSC (Région pour ARCUS et LIA)  
- 2010-2011, 11 mois en post-doc (ERASMUS MUNDUS), USP. Travail de recherche en collaboration avec G2ELab.

**V. Reinbold**, post-doctorant G2ELab-UFSC  
- 2015, 6 mois. Financement ELECON

### ***Mobilité de doctorants***

**B. Vincent, V. Ardon, L. Rondot**, doctorants G2ELab  
- Novembre 2009 : 3 semaines USP et UFSC (Région pour ARCUS et LIA)

**H. Dogan, doctorant G2ELab**  
- Novembre 2011 : 3 semaines (LIA). Participation à l'inauguration du LIA. UFSC, USP

**A. Korniienko, doctorant Ampère**  
- Mars-avril 2014, 2-3 semaines (LIA), UFMG et UFSC

### ***Mobilité d'étudiants***

**Lisa Scanu** (ENSE3, Grenoble), stage recherche à l'UFSC (6 mois). 2012-2013. Financement région Rhône-Alpes

**Adrien Cousy** (ENSE3, Grenoble), stage recherche à l'UFSC (6 mois). 2013-2014. Financement région Rhône-Alpes

**Tina Le Mao** (ENSE3, Grenoble), stage recherche à l'UFSC (6 mois). 2014-2015. Financement région Rhône-Alpes

**Chloé Dour** (ENSE3, Grenoble), stage recherche à l'UFSC (6 mois). 2015-2016. Financement région Rhône-Alpes

**Theo Penven** (ENSE3, Grenoble), semestre à l'UFSC (6 mois). 2015-2016. Financement région Rhône-Alpes

**Cyril Lacombe** (ECL, Lyon), stage recherche à l'UFRGS (6 mois). Financement région Rhône-Alpes et LIA (France)

## ANNEXE B – Liste détaillée des co-encadrements et participations à des jurys

### B.1. Thèses co-encadrées ou en co-tutelle transnationale

#### *Thèses en cotutelle.*

**Moisés Ferber de Vieira Lessa**, doctorant co-tutelle UFMG/ECL

Titre de la thèse : Méthodologie de prise en compte a priori de la Compatibilité Électromagnétique dans l'optimisation robuste de systèmes d'électronique de puissance.

Directeurs de thèse : J. Vasconcelos (UFMG) et L. Krähenbühl (Ampère), co-encadrant J.-L. Coulomb (G2ELab).

**Thèse soutenue en 2013 (36 mois en France)**

**Tiago Staudt**, doctorant cotutelle UFSC / Université de Grenoble Alpes

Titres de la thèse : Modélisation, conception et optimisation des machines à reluctance à double alimentation sans balais.

Directeurs de thèse : P. Kuo-Peng et F. Wurtz (G2ELab).

**Thèse soutenue en 2015 (18 mois en France, 30 mois au Brésil)**

**Lucas Blattner Martinho**, doctorant cotutelle EP-USP / Université de Grenoble Alpes.

Titre de la thèse : Finite Element techniques for the analysis of conductive coupling problems in grounding systems and transmission line rights of way by comparison with alternative numerical methods

Directeurs de thèse : V. Da Silva (USP) et O. Chadebec (G2ELab).

**Soutenance prévue en début 2016 (36 mois au Brésil, 12 mois en France)**

**Tiago Bazzo**, doctorant cotutelle UFSC/ Université de Grenoble Alpes.

Titre de la thèse : Méthodologie pour la conception optimale des générateurs synchrones à aimants permanents considérant le cycle de fonctionnement de l'éolienne.

Directeurs de thèse : P. R. Carlson (UFSC) / F. Wurtz (G2ELab).

**Soutenance prévue en début 2017 (18 mois en France, 30 mois au Brésil)**

**Anderson Santos Nunes**, doctorant cotutelle UFSC/ Université de Grenoble Alpes.

Titre de la thèse : Modelagem de dispositivos eletromagnéticos utilizando uma abordagem híbrida entre o método de Rede de Relutâncias e o método de Elementos Finitos de Face

Directeurs de thèse : P. Kuo-Peng (UFSC) et O. Chadebec(G2ELab)

**Soutenance prévue en 2018 (12 mois en France, 36 mois au Brésil)**

**Mateus Leite**, doctorant cotutelle UFMG / Université de Grenoble Alpes.

Titre de la thèse : Optimisation robuste de modèles numériques réduits pour la prise en compte des contraintes CEM

Directeurs de thèse : J. Vasconcelos (UFSC) / B. Delinchant (G2ELab).

**Soutenance prévue en début 2018 (36 mois en France, 12 mois au Brésil)**

**Tamiris Grossl Bade**, doctorant cotutelle UFSC/ Université de Grenoble Alpes.

Analyse expérimentale et modélisation macroscopique en vue de la conception des systèmes de mise à la terre sur une large plage de fréquence face à la prolifération de l'électronique de puissance dans les bâtiments complexes

Directeurs de thèse : P. Kuo-Peng (UFSC) et J. Roudet (G2ELab).

**Soutenance prévue en début 2019 (36 mois en France, 12 mois au Brésil)**

#### *Thèse en collaboration avec séjour long*

**Daniela Wolter Ferreira**, doctorante de l'EP-USP, une partie de la thèse en collaboration avec le laboratoire Ampère

Titre de la thèse : Topics in design and analysis of transcutaneous energy transfer to ventricular assist devices.

Directeurs de thèse : L. Lebensztajn (USP), Resp. scientifique en France : L. Krähenbühl (Ampère)  
**Thèse soutenue en 2013 (42 mois au Brésil, 6 mois en France)**

**Ana Flávia Peixoto de Camargos**, doctorante de l'EP-USP, une partie de la thèse en collaboration avec le laboratoire G2ELab

Directeur de thèse : V. Cristine Silva

Titre de la thèse : Computação paralela em GPU para resolução de sistemas de equações algébricas resultantes da aplicação do método de elementos finitos em eletromagnetismo.

Directeurs de thèse : V. Cristine Silva(USP), Resp. scientifique en France : J-M. Guichon (Ampère)

**Thèse soutenue en 2014 (47 mois au Brésil, 1 mois en France)**

**Mario Alves dos Santos Junior**, doctorant une partie de la thèse en collaboration avec le laboratoire Ampère

Directeur de thèse C. Sartori (USP), Resp. scientifique en France : L. Krähenbühl (Ampère)

Titre de la thèse : Avaliação de desempenho de câmaras excitadas via linhas de transmissão aplicáveis à compatibilidade eletromagnética

**Thèse soutenue en 2009 (42 mois au Brésil, 6 mois en France)**

## **B.2. Post-doc juniors**

### **Arnaud Guibert**

Titre : Optimisation rapide de dispositifs électrostatiques à partir d'une méthode BEM/FMM

Responsable scientifique : L. Lebensztajn (USP), O. Chadebec (G2ELab)

**1 an à l'USP (mai 2010 - avril 2011)**

### **Claudenei Simão (ElectroBras)**

Titre : Études et Modélisation de Transitoires Électromagnétiques dans les Transformateurs en Raison du Flux Résiduel

Responsable scientifique : J. Viane Leite (UFSC), O. Chadebec (G2ELab)

**1 an à G2ELab (mai 2015 à janvier 2016)**

### **Vincent Reinbold**

Titre : Modélisation Linéaire pour l'optimisation de la gestion de l'énergie et du dimensionnement des micro-grids »

Responsable scientifique : F. Wurtz (G2ELab), Jacqueline Gisele Rolim (UFSC)

**6 mois à l'UFSC (aout 2015 – février 2016)**

## **B.3. Post-doc seniors**

**C. Sartori (USP) 03/2010-02/2011 à Ampère**

*Thématique générale : CEM.*

**F. Wurtz (G2ELab/CNRS) 08/2010-07/2011 à UFSC**

*Méthodes et outils pour la modélisation, la conception et l'optimisation des dispositifs énergétiques électriques*

**O. Chadebec (G2ELab/CNRS) 08/2012-07/2013 à UFSC**

*Hybridation de méthodes numériques pour la modélisation des champs électromagnétiques basses fréquences.*

## **B.4. Doctorants Brésilien ayant effectué une thèse dans un laboratoire Français du LIA (effet positif du LIA sur le recrutement)**

**Luiz Fernando Lavado Villa**, « Architectures de Puissance et Commande associées pour la gestion des

ombres dans des installations photovoltaïques » Soutenue en 2013. Directeur de thèse B. Raison (rapporteur Felix Alberto Faret – UFSC). *L. F. Lavado Villa est maintenant maître de conférences au LAAS à Toulouse.*

**Douglas Araujo Martins**, « Plateforme de conception d'actionneurs : méthodes et outils pour le pré-dimensionnement d'actionneurs », thèse en génie électrique de l'Université de Grenoble Alpes. Soutenue en 2015. Directeur de thèse J-L. Coulomb. *Sujet de recherche en synergie avec la collaboration entre G2ELab et l'USP (rapporteur : L. Lebztajn – USP)*

**Vinicius Oiring**, « Contribution au Renvoi de Tension et à la reconstitution du réseaux. Estimation de flux rémanents dans un transformateur », thèse en génie électrique de l'Université de Grenoble Alpes. Soutenue en 2015. Directeur de thèse J-L. Coulomb (*rapporteur : V. Christine Silva – USP*)

**Diego Pereira Botelho**, « Méthode des éléments naturels appliquée aux problèmes électromagnétiques : développement d'un outil de modélisation et de conception des dispositifs électriques », thèse en génie électrique de l'Université de Grenoble Alpes. Soutenue en 2015. Directeur de thèse Y. Marechal (*rapporteur : J-P. Bastos – USP*)

**Sérgio Waitman**, « Approche affine par morceaux de la performance non linéaire », thèse en automatique de l'ECL. Soutenance prévue en 2017. Directeur de thèse : G. Scorletti. *Sujet de recherche en synergie avec les collaborations entre Ampère, l'UFRGS et l'UFSC*

**Guilherme Bueno Mariani**, « Modélisation et réduction par contrôle-commande des variations de couple des machines synchrones à reluctance », thèse en génie électrique de l'Université de Grenoble Alpes. Soutenance prévue en 2016. Directeur de thèse : J-P. Yonnet

## **B.5. Participations croisées à des jurys de soutenance**

### **Mario Alves Dos Santos Junior (thèse)**

*Avaliação de desempenho de câmaras excitadas via linhas de transmissão aplicáveis à compatibilidade eletromagnética*

EP-USP, 27/11/2009, São Paulo, Brésil. Thèse dirigée par C. Sartori (EP-USP).

F. Buret (Ampère/ECL) et L. Krähenbühl (Co-encadrant, Ampère/CNRS) dans le jury.

### **Vincent Ardon (thèse)**

*Méthodes numériques et outils logiciels pour la prise en compte des effets capacitifs dans la modélisation cem de dispositifs d'électronique de puissance*

Univ. de Grenoble, 21 juin 2010. Thèse dirigée par E. Clavel ; co-encadrant O. Chadebec.

Prof. C. Sartori (EP-USP) : Président.

### **Romain Marion (thèse)**

*Contribution à la modélisation du magnétisme statique et dynamique pour le génie électrique.*

UCBL, 13/12/2010. Directeur L. Krahenbühl (Ampère/CNRS) ; Neslon Sadowski, UFSC, membre du Jury.

### **Tiago Natan Ardaia Vega (Maestrado)**

*Projeto de Geradores Sincronos a imãs permanentes para aplicações em sistemas eólicos*

UFSC, 20/04/2011. F. Wurtz dans le Jury.

### **Olivier Chadebec (HDR)**

*Modélisation électromagnétique basse fréquence, identification de sources équivalentes et métrologie en champs magnétiques faibles*

Grenoble INP, 17/10/2011. João Pedro Bastos, UFSC, rapporteur et examinateur.

### **Sanâa Zangui (thèse)**

*Détermination et modélisation du couplage en champ proche magnétique entre systèmes complexes*

ECL, 14 octobre 2011. Directeur de thèse : C. Vollaire ; Prof. C. Sartori, membre du Jury.

**Benoît Delinchant (HDR)**

*La CAO et l'optimisation de systèmes, une approche par couplages dynamiques de composants*  
Grenoble INP, 8/12/2011. J.A. Vasconcelos, UFMG, examinateur.

## ANNEXE C – Liste détaillée des productions scientifiques 2009-2015

RICL (25 publiées ou sous presse depuis 2009)

Liste dynamique : [HAL](#)

25/ hal-01204979v1

Patrick Dular, Patrick Kuo-Peng, Mauricio Ferreira da Luz, Laurent Krähenbühl.

Progressive Current Source Models in Magnetic Vector Potential Finite Element Formulations

IEEE Transactions on Magnetics, 2015, 51, sous presse.

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7239598> – DOI 10.1109/TMAG.2015.2476343

24/ hal-01153107v1

Moises Ferber, Anton Korniienko, Gérard Scorletti, Christian Vollaire, Florent Morel et al.

Systematic LFT Derivation of Uncertain Electrical Circuits for the Worst-Case Tolerance Analysis

IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2015, sous presse.

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7106488> – DOI 10.1109/TEMC.2015.2419455

23/ hal-01181163v1

Moises Ferber, Anton Korniienko, Gérard Scorletti, Christian Vollaire, Florent Morel et al.

Systematic LFT Derivation of Uncertain Electrical Circuits for the Worst-Case Tolerance Analysis

IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2015, 57 (5), pp.937-946.

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7106488> – DOI 10.1109/TEMC.2015.2419455

22/ hal-01206592v1

Patrick Dular, Mauricio V. Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Laurent Krähenbühl.

Correction of homogenized lamination stacks via a subproblem finite element method

COMPEL: The Int. J. for Computation and Math. in Electrical and Electronic Eng., 2015, 34 (5), pp.1553 - 1563.

[DOI 10.1108/COMPEL-02-2015-0080](https://doi.org/10.1108/COMPEL-02-2015-0080)

21/ hal-01148104v1

Patrick Dular, Laurent Krähenbühl, Mauricio Ferreira da Luz, Christophe Geuzaine.

Progressive inductor modeling via a finite element subproblem method

COMPEL: The Int. J. for Computation and Math. in Electrical and Electronic Eng., 2015, 34 (3), pp.852-864.

[DOI 10.1108/COMPEL-10-2014-0279](https://doi.org/10.1108/COMPEL-10-2014-0279)

20/ hal-00870003v1

Daniela Wolter Ferreira, Luiz Lebensztajn, Laurent Krähenbühl, Florent Morel, Christian Vollaire.

A Design Proposal for Optimal Transcutaneous Energy Transmitters

IEEE Transactions on Magnetics, 2014, 50 (2), Article #7024704.

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6749145> – DOI 10.1109/TMAG.2013.2282628

19/ hal-00833270v1

Moises Ferber, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Joao Vasconcelos.

Adaptive unscented transform for uncertainty quantification in EMC large-scale systems

COMPEL: The Int. J. for Computation and Math. in Electrical and Electronic Eng., 2014, 33 (3), pp.914 - 926.

[DOI 10.1108/COMPEL-10-2012-0212](https://doi.org/10.1108/COMPEL-10-2012-0212)

18/ hal-00957434v1

Joao Pedro A. Bastos, Nelson Sadowski, J. V. Leite, Nelson Jhoe Batistela, Gérard Meunier et al.

A Differential Permeability 3D Formulation for Anisotropic Vector Hysteresis Analysis

IEEE Transactions on Magnetics, 2014, 50 (2), Article #7008304

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6749138> – DOI 10.1109/TMAG.2013.2282697

17/ hal-00869995v1

Daniela Wolter Ferreira, Ruth Sabariego, Luiz Lebensztajn, Laurent Krähenbühl, Florent Morel et al.

Homogenization Methods in Simulations of Transcutaneous Energy Transmitters

IEEE Transactions on Magnetics, 2014, 50 (2), Article #7025204.

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6749082> – DOI 10.1109/TMAG.2013.2284891

16/ hal-00821826v1

Tung Le Duc, Gérard Meunier, Olivier Chadebec, Jean-Michel Guichon, Joao Pedro A. Bastos.  
General Integral Formulation for the 3D Thin Shell Modeling  
IEEE Transactions on Magnetics, 2013, pp.1989-1992  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6514764> – DOI 10.1109/TMAG.2013.2242438

15/ hal-00858977v1

Moises Ferber, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Joao Vasconcelos.  
Uncertainty Analysis of the Conducted Interferences in a Power Converter  
JMoe, 2013, 12 (2), pp.454-465.  
[DOI 10.1590/S2179-10742013000200016](https://doi.org/10.1590/S2179-10742013000200016)

14/ hal-00996933v1

Renato Carlson, Frédéric Wurtz.  
Optimal design of a set of permanent magnet generators with the same cross-section  
JMoe, 2013, pp.268-283  
[DOI 10.1590/S2179-10742013000200035](https://doi.org/10.1590/S2179-10742013000200035)

13/ hal-00776420v1

Moises Ferber, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Jean-Louis Coulomb, Joao Vasconcelos.  
Conducted EMI of DC-DC Converters With Parametric Uncertainties  
IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2013, 55 (4), pp.699 - 706.  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6408005> – DOI 10.1109/TEMC.2012.2235443

12/ hal-00998508v1

Benoît Delinchant, Frédéric Wurtz, Joao Vasconcelos, Jean-Louis Coulomb.  
Framework for the optimization of online computable models  
COMPEL: The Int. J. for Computation and Math. in Electrical and Electronic Eng., 2013, 33, pp.745 – 758  
[DOI 10.1108/COMPEL-10-2012-0211](https://doi.org/10.1108/COMPEL-10-2012-0211)

11/ hal-00822690v1

Mathieu Le Ny, Olivier Chadebec, Gilles Cauffet, Jean-Marc Dedulle, Yann Bultel et al.  
Current Distribution Identification in Fuel Cell Stacks From External Magnetic Field Measurements  
IEEE Transactions on Magnetics, 2013, pp.1925-1928  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6514579> – DOI 10.1109/TMAG.2013.2239967

10/ hal-00670409v1

Patrick Dular, Laurent Krähenbühl, Ruth Sabariego, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng et al.  
A Finite Element Subproblem Method for Position Change Conductor Systems  
IEEE Transactions on Magnetics, 2012, 48 (2), pp.403-406.  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6136566> – DOI 10.1109/TMAG.2011.2176924

09/ hal-00674723v1

Sanaa Zangui, Kévin Berger, Moises Ferber, Benjamin Vincent, Ronan Perrussel et al.  
Using equivalent emission sources to evaluate the coupling between components  
IEEE Transactions on Magnetics, 2012, 48 (2), pp.439-442.  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6136571> – DOI 10.1109/TMAG.2011.2176316

08/ hal-00661599v1

Moises Ferber, Sanaa Zangui, Carlos Sartori, Christian Vollaire, Ronan Perrussel et al. Evaluation of the Inductive Coupling between Equivalent Emission Sources of Components  
International Journal of Antennas and Propagation, 2012, ID 102495  
[DOI 10.1155/2012/102495](https://doi.org/10.1155/2012/102495)

07/ hal-00577860v1

Mario Alves dos Santos Junior, Damien Voyer, Ronan Perrussel, Djonny Weinzierl, Carlos Sartori et al.  
A Load Effect Evaluation of a Transmission Line Exciting Chamber  
JMoe, 2011, 10 (1), pp.42-54.  
[DOI 10.1590/S2179-10742011000100005](https://doi.org/10.1590/S2179-10742011000100005)

06/ hal-00505732v1

Mario Alves dos Santos Junior, Sergio Avila, Carlos Sartori, Djonny Weinzierl, Laurent Krähenbühl et al.  
Conductor Position Optimization of a Transmission Line Excitation Chamber  
IEEE Transactions on Magnetics, 2010, 46 (8), pp.3261-3264.  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5512868](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5512868) – DOI 10.1109/TMAG.2010.2045360

05/ hal-00455462v1

Patrick Dular, Ruth Sabariego, Christophe Geuzaine, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng et al.  
Finite Element Magnetic Models via a Coupling of Subproblems of Lower Dimensions  
IEEE Transactions on Magnetics, 2010, 46 (8), pp.2827-2830.  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5512990](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5512990) – DOI 10.1109/TMAG.2010.2044028

04/ hal-00358999v1

Benjamin Vincent, Olivier Chadebec, Jean-Luc Schanen, Carlos Sartori, Laurent Krähenbühl et al.  
New robust coil sensors for near field characterization  
JMoe, 2009, 8 (1), pp.64S-77S  
<http://www.jmoe.org/index.php/jmoe/article/view/214>

03/ hal-00359000v1

Laurent Bernard, Laurent Nicolas, Laurent Krähenbühl, Noël Burais, Joao Vasconcelos.  
Analysis of Finite Element formulations for computing electromagnetic fields in the human body  
JMoe, 2009, 8 (1), pp.56S-63S  
<http://www.jmoe.org/index.php/jmoe/article/view/213>

02/ hal-00364755v1

Sergio Avila, Mario Alves dos Santos Junior, Djonny Weinzierl, Laurent Krähenbühl, Ronan Perrussel et al.  
Maximum Working Volume Evaluation in a Non-Canonical Reverberation Chamber  
IEEE Transactions on Magnetics, 2009, 45 (3), pp.1646-1649.  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=4787388](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4787388) – DOI 10.1109/TMAG.2009.2012766

01/ hal-00364759v1

Patrick Dular, Ruth Sabariego, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Laurent Krähenbühl.  
Perturbation Finite Element Method for Magnetic Model Refinement of Air Gaps and Leakage Fluxes  
IEEE Transactions on Magnetics, 2009, 45 (3), pp.1400-1403.  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4787419> – DOI 10.1109/TMAG.2009.2012643

### **Chapitre d'ouvrage**

*Liste dynamique : [HAL](#)*

01/ hal-00618472v1 Chapitre d'ouvrage

Sergio Avila, Djonny Weinzierl, Mario Alves dos Santos Junior, Luiz Lebensztajn, Carlos Sartori et al.  
Caracterização e Otimização de Câmaras Reverberantes para Testes de Compatibilidade Electromagnética  
H. S. Lopes, R. H. C. Takahashi. Computação Evolucionária em Problemas de Engenharia,  
Omnipax Editora Ltda, Curitiba, PR, Brésil, pp.129-146, 2011

### **CICL (59 pour 2009-2015)**

*Liste dynamique : [HAL](#)*

059/ hal-01151270v1

L. M. D. Pereira, Ursula Resende, Sandro Gonçalves, Marcio Matias Afonso, Christian Vollaire et al.  
Design of a resonant wireless power transmission system using printed inductors  
ISEF, Sep 2015, Valencia, Spain.

058/ hal-01199833v1

Patrick Dular, Patrick Kuo-Peng, Mauricio Ferreira da Luz, Laurent Krähenbühl.  
Model refinements of transformers via a subproblem finite element method  
ISEF, Sep 2015, Valencia, Spain. pp.234, 2015



057/ hal-01151258v1

L. M. D. Pereira, A. L. Paula, Ursula Resende, Sandro Gonçalves, Marcio Matias Afonso et al.  
A new magnetically coupled wireless power system using domino printed spiral coils and multiples loads  
ISEF, Sep 2015, Valencia, Spain.

056/ hal-01203732v1

Barbara Gonçalves, Marcio M. Afonso, Eduardo H. da Rocha Coppoli, Ursula Resende, Sandro Gonçalves et al.  
Treatment of material discontinuities in natural element method for electromagnetic problems  
ISEF, Sep 2015, Valencia, Spain.

055/ hal-01172451v1

N. Anderson Santos, Olivier Chadebec, Gérard Meunier, Patrick Kuo-Peng.  
Magnetic devices analysis by Face FEM coupled with standard reluctance network  
Compumag, Jun 2015, Montréal, Canada, 2015

054/ hal-01174978v1

Patrick Dular, Patrick Kuo-Peng, Mauricio Ferreira da Luz, Laurent Krähenbühl.  
Progressive Current Source Models in Magnetic Vector Potential Finite Element Formulations  
Compumag, Jun 2015, Montréal, Canada, 2015

053/ hal-01111017v1

Arnaud Bréard, Thi Quynh Van Hoang, Mario Alves dos Santos Junior, Laurent Krähenbühl, et al.  
Expansions in spherical harmonics for the modeling of near-field coupling in EMC  
APEMC, May 2015, Taipei, Taiwan. pp.482 - 485, 2015  
DOI 10.1109/APEMC.2015.7175294

052/ hal-01140719v1

Thiago De Paula Machado Bazzo, José F. Kolzer, Renato Carlson, Aly Flores Filho, Frédéric Wurtz.  
Optimum design of a gearless wind turbine PMSG considering wind speed probability density function  
Tenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, Mar 2015, Monaco

051/ hal-01064692v1

Patrick Dular, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Laurent Krähenbühl.  
Correction of Homogenized Lamination Stacks via a Subproblem Finite Element Method  
IGTE, Graz, Austria, Sep. 2014

050/ hal-01064693v1

Patrick Dular, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Laurent Krähenbühl, João Pedro Bastos.  
Progressive Models of Current Sources for the Magnetic Vector Potential Finite Element Formulation  
IGTE, Graz, Austria, Sep. 2014

049/ hal-01064171v1

Tiago Staudt, Laurent Gerbaud, Frédéric Wurtz, Adrien Coussy, Nelson Jhoe Batistela et al.  
Modeling and sizing by optimization of a brushless doubly-fed reluctance machine  
OIPE, Delft, Netherlands, Sep. 2014

048/ hal-01064193v1

Tiago Staudt, Frédéric Wurtz, Nelson Jhoe Batistela, Patrick Kuo-Peng.  
Influence of Rotor Design and Geometric Parameter Variation on Global Performance of Brushless Doubly-Fed Reluctance Machines  
ICEM, Berlin, Germany, Sep. 2014

047/ hal-01064689v1

Patrick Dular, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Laurent Krähenbühl.  
Progressive Source and Reaction Fields for Magnetodynamic Model Refinement via a Finite Element Subproblem Method  
Momag, Curitiba, Brazil, Aug. 2014

046/ hal-01065256v1

Tiago Staudt, Frédéric Wurtz, Laurent Gerbaud, Nelson Batistela, Patrick Kuo-Peng.  
A New Approach on the Design and Optimization of Brushless Doubly-Fed Reluctance Machines  
SGE, Cachan, France, Jul 2014

045/ hal-01024665v1  
 Tiago Staudt, Frédéric Wurtz, Laurent Gerbaud, Nelson Jhoe Batistela, Patrick Kuo-Peng.  
 A New Approach on the Design and Optimization of Brushless Doubly-Fed Reluctance Machines  
 SGE, Cachan, France, Jul 2014

044/ hal-00959753v1  
 Thi Quynh Van Hoang, Arnaud Bréard, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Carlos Sartori.  
 Complete Identification for Near-Field Multipolar Expansion of Electromagnetic Sources  
 CEFC, Annecy, France, May 2014

043/ hal-00959757v1  
 Patrick Dular, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Laurent Krähenbühl.  
 Correction of Homogenized Foil Windings and Lamination Stacks in Transformers via a Subproblem Finite  
 Element Method  
 CEFC, Annecy, France, May 2014

042/ hal-01023945v1  
 Marcio M. Afonso, Brahim Ramdane, Yves Maréchal, Benoît Delinchant, Marco Aurelio O. Scroeder et al.  
 Electromagnetic Scattering Analysis of Arbitrary Structures by NEM-ABC  
 CEFC, Annecy, France, May 2014

041/ hal-01020075v1  
 Moises Ferber, Roberto Mrad, Florent Morel, Christian Vollaire, Gaël Pillonnet et al.  
 Discrete Optimization of EMI Filter Using a Genetic Algorithm  
 EMC'14, Tokyo, Japan, May 2014

040/ hal-00807076v1  
 Daniela Wolter Ferreira, Luiz Lebensztajn, Laurent Krähenbühl, Florent Morel, Christian Vollaire.  
 A Design Proposal for Optimal Transcutaneous Energy Transmitters  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

039/ hal-00843752v1  
 Tiago Staudt, Lisa Scanu, Frédéric Wurtz, Nelson Jhoe Batistela, Patrick Kuo-Peng et al.  
 Brushless Doubly-Fed Reluctance Machine Optimization using Reluctance Networks  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

038/ hal-00842544v1  
 Joao Pedro A. Bastos, Nelson Sadowski, J. V. Leite, N. J. Batistela, Gérard Meunier et al.  
 A Differential Permeability 3D Formulation for Anisotropic Vector Hysteresis Analysis  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

037/ hal-00842167v1  
 Luciana Firmino, Adroaldo Raiser, Yves Maréchal.  
 Estimating far-field emissions from simulated near-field data with artificial neural networks  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

036/ hal-00807074v1  
 Daniela Wolter Ferreira, Ruth Sabariego, Luiz Lebensztajn, Laurent Krähenbühl, Florent Morel et al.  
 Homogenization Methods in Simulations of Transcutaneous Energy Transmitters  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

035/ hal-00842727v1  
 Marcio Matias Afonso, Brahim Ramdane, Yves Maréchal, Benoît Delinchant, M.A.O. Scroeder et al.  
 The Natural Element Method Applied to Solve Electromagnetic Scattering Problem  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

034/ hal-00842741v1  
 Douglas Martins Araujo, Jean-Louis Coulomb, Olivier Chadebec.  
 A Hybrid Boundary Element Method-Reluctance Network Method for Open Boundary 3D Non Linear Problems  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

033/ hal-00842163v1  
 Yves Maréchal, Brahim Ramdane, Diego Pereira Botelho.  
 Computational Performances of Natural Element and Finite Element Methods  
 Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

032/ hal-00807077v1

Daniela W. Ferreira, Moises Ferber, Luiz Lebensztajn, Renan Müller, Laurent Krähenbühl et al.  
Analysis on Methods to obtain Lumped Parameters for an Inductive Coupling Device  
Compumag, Budapest, Hungary, Jun 2013

031/ hal-00799739v1

Daniela Ferreira, Ruth Sabariego, Luiz Lebensztajn, Laurent Krähenbühl, Florent Morel et al.  
Simulations of Transcutaneous Energy Transmitters by using Homogenization Method  
EMF, Bruges, Belgium, Apr. 2013

030/ hal-00855321v1

Hubert Razik, Edison Roberto Cabral Da Silva, Mauricio Beltrao de Rossiter Corrêa.  
The use of a heuristic approach to localise faulty lines in induction motor  
PEDS, Kitakyushu, Japan, Apr. 2013  
DOI 10.1109/PEDS.2013.6527068

029/ hal-00726428v1

Moises Ferber, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Joao Vasconcelos.  
Adaptive unscented transform for uncertainty quantification in EMC large-scale systems  
OIPE, Ghent, Belgium, Sep. 2012

028/ hal-00726433v1

Benoit Delinchant, Frédéric Wurtz, Joao Vasconcelos, Jean-Louis Coulomb.  
Framework for comparing online optimization models  
OIPE, Ghent, Belgium, Sep. 2012

027/ hal-00730818v1

Frédéric Wurtz, P. Kuo-Peng, E. S. De Carvalho.  
The Concept of Imaginary Machines for Design and Setting of Optimization Problems  
ICEM, Marseille, France. Sep. 2012

026/ hal-00730835v1

R. Carlson, Frédéric Wurtz, H. Voltolini.  
Sizing and optimization models: design of a set of two permanent magnet generators  
ICEM, Marseille, France. Sep. 2012

025/ hal-00730842v1

Renato Carlson, Frédéric Wurtz.  
Optimal design of a set of permanent magnet generators with the same cross-section  
Momag, João Pessoa, Brazil, Aug. 2012

024/ hal-00731052v1

Leticia Bruschi Schneider, Patrick Kuo-Peng, Hussein Dogan, Frédéric Wurtz.  
Modelos por redes de relutâncias para otimização de máquinas de corrente contínua sem escovas a ímãs permanentes  
Momag, João Pessoa, Brazil, Aug. 2012

023/ hal-00725837v1

Moises Ferber, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Joao Vasconcelos.  
Uncertainty Analysis of the Conducted Interferences in a DC-DC Converter  
Momag, João Pessoa, Brazil, Aug. 2012

022/ hal-00730860v1

Tiago Staudt, André G. L. Furlan, Mauricio Rigoni, J. Nelson, Patrick Batistela et al.  
Influência da Variação Paramétrica de um Regulador PI no Controle de Velocidade de uma Máquina de Relutância Chaveada  
Momag, João Pessoa, Brazil, Aug. 2012

021/ hal-00731046v1

Lisandra Kittel Ries, Patrick Kuo-Peng, Frédéric Wurtz.  
Otimização de um transformador aplicado ao mercado brasileiro  
Momag, João Pessoa, Brazil, Aug. 2012

020/ hal-00710568v1  
Moises Ferber, Christian Vollaire, Laurent Krähenbühl, Jean-Louis Coulomb, Joao Vasconcelos.  
Conducted Interferences of Power Converters with Parametric Uncertainties in the Frequency Domain  
APEMC, Singapore, May 2012

019/ hal-00710563v1  
Eliaana Rondon, Florent Morel, Christian Vollaire, Moises Ferber, Jean-Luc Schanen.  
Conducted EMC Prediction for a Power Converter with SiC Components  
APEMC, Singapore, May 2012

018/ hal-00790834v1  
Renato Carlson, Frédéric Wurtz.  
The concepts of sizing and optimization model applied to the optimal design of a permanent magnet generator  
ACEMP, Istamboul, Turkey. Sep. 2011

017/ hal-00626867v1  
Vuong Dang, Patrick Dular, Ruth Sabariego, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng et al.  
Subproblem method with dual finite element formulations for accurate thin shell models  
ISEF, Funchal (Madeira), Portugal, Sep. 2011

016/ hal-00626871v1  
Patrick Dular, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Ruth Sabariego, Laurent Krähenbühl et al.  
Subproblem Finite Element Method for Magnetic Model Refinements  
ISEF, Funchal (Madeira), Portugal, Sep. 2011

015/ hal-00610920v1  
Arnaud Guibert, Luiz Lebensztajn, Olivier Chadebec, Jean-Louis Coulomb.  
Stochastic optimization of electrostatic devices thanks to an hybrid BEM/FMM method  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

014/ hal-00611093v1  
Frédéric Wurtz, P. Kuo-Peng, E. S. De Carvalho.  
The imaginary pareto front: a helpful tool for setting optimisation problem for design of electromagnetic devices  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

013/ hal-00611099v1  
P. Kuo-Peng, E. S. De Carvalho, Frédéric Wurtz.  
Design Optimization of a Round-Rotor Synchronous Generator for Enhancing Short-Circuit Ratio (SCR)  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

012/ hal-00553044v1  
Patrick Dular, Laurent Krähenbühl, Ruth Sabariego, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng et al.  
Refinement of Non-Linear Magnetic Models via a Finite Element Subproblem Method  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

011/ hal-00553048v1  
Patrick Dular, Laurent Krähenbühl, Ruth Sabariego, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng et al.  
A Finite Element Subproblem Method for Position Change Conductor Systems  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

010/ hal-00576833v1  
Carlos Sartori, Sanaa Zangui, Moises Ferber, Benjamin Vincent, Ronan Perrussel et al.  
Calibration methods for a large loop antenna measurement system  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

009/ hal-00605918v1  
Sanaa Zangui, Kévin Berger, Ronan Perrussel, Edith Clavel, Carlos Sartori et al.  
Using Equivalent Emission Sources to Evaluate the Coupling between Components  
Compumag, Sydney, Australia, Jul. 2011

008/ hal-00538503v1  
Sanaa Zangui, Benjamin Vincent, Ronan Perrussel, Kévin Berger, Edith Clavel et al.  
Modélisation et mesure des couplages en champ proche des composants de filtre CEM  
2EMC, Rouen, France. Nov. 2010

007/ hal-00537977v1

Edison Da Silva, Hubert Razik, Lane Baccarini, Mauricio De R. Corrêa, Cursino Brandao Jacobina.  
Use of artificial intelligence techniques and combined approaches in induction motor diagnosis  
XVIII Congresso Brasileiro de Automática, Bonito, Brazil, Sep 2010

006/ hal-00502220v1

Sanaa Zangui, Kévin Berger, Benjamin Vincent, Ronan Perrussel, Edith Clavel et al.  
Evaluation of coupling parameters of EMC filter components by using equivalent emission sources  
Momag, Vitória, Brazil, Aug 2010

005/ hal-00502228v1

Mario Alves, Carlos Sartori, José Cardoso, Damien Voyer, Laurent Krähenbühl et al.  
A Load Effect Evaluation of a Transmission Line Exciting Chamber  
Momag, Vitória, Brazil, Aug 2010

004/ hal-00476269v1

Patrick Dular, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng, Ruth Sabariego, Laurent Krähenbühl et al.  
Refinement of Inductor Models via a Subproblem Finite Element Method  
CEFC, Chicago, USA, May 2010  
DOI 10.1109/CEFC.2010.5481644

003/ hal-00412238v1

Mario Alves, Sergio Avila, Carlos Sartori, Djonny Weinzierl, Laurent Krähenbühl et al.  
Conductor Positions Optimization of a Transmission Line Excitation Chamber  
Compumag, Florianópolis, Brazil, Nov. 2009

002/ hal-00412232v1

Mario Alves, Damien Voyer, Carlos Sartori, Djonny Weinzierl, Ronan Perrussel et al.  
Investigation of Electronic Stirring Chamber Phase-shifting Excitation and Load Effects  
Compumag, Florianópolis, Brazil, Nov. 2009

001/ hal-00412243v1

Patrick Dular, Ruth Sabariego, Christophe Geuzaine, Mauricio Ferreira da Luz, Patrick Kuo-Peng et al.  
Finite Element Magnetic Models via a Coupling of Subproblems of Lower Dimensions  
Compumag, Florianópolis, Brazil, Nov. 2009

## ANNEXE I – Capteurs de composantes multipolaires pour la caractérisation en champ proche – Application à la compatibilité électromagnétique

Thématiques : S5 et S1. Marginalement S2. Début en 2007.

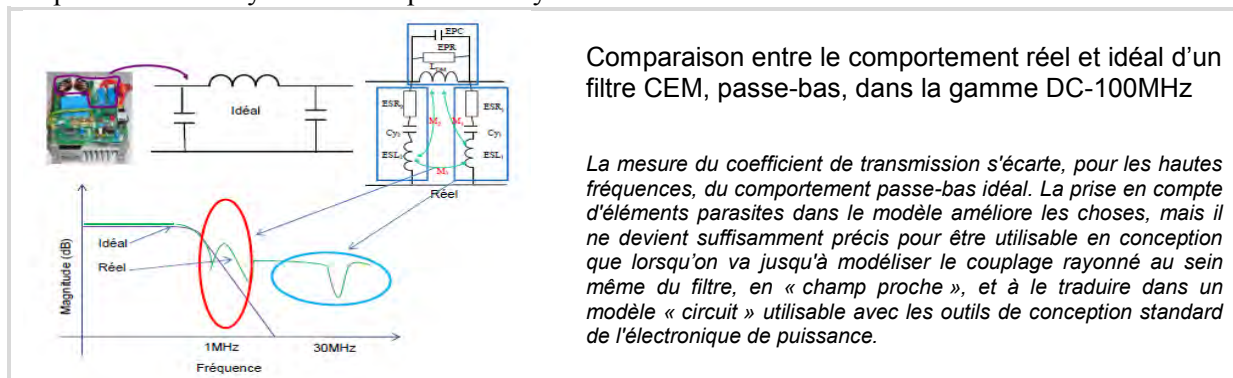
### Problématique CEM visée.

Les dispositifs de conversion statique sont aujourd'hui présents partout, aussi bien dans l'industrie que dans les transports (« plus électrique » en aéronautique, hybrides voire tout électrique pour les voitures, ...), mais aussi et de plus en plus, dans tous les objets grand public (alimentations et chargeurs basse tension, téléphones portables, ...). Ils permettent en effet de réduire les coûts et les volumes (point essentiel pour les systèmes embarqués ou nomades).

De ce fait, des systèmes électriques faisant appel à des puissances d'ordres de grandeur très différents sont de plus en plus souvent amenés à cohabiter. Dans le même temps, les structures mécaniques et autres boîtiers, autrefois métalliques, sont aujourd'hui souvent réalisés en matériaux composites. Légers et mécaniquement résistants, ces matériaux n'ont par contre plus le même impact positif « naturel » en termes de blindage électromagnétique.

Pour garantir la fiabilité de l'ensemble des équipements et ainsi assurer la sécurité des personnes, il est donc nécessaire de respecter des normes sévères en termes de rayonnements électromagnétiques parasites émis (compatibilité), ou reçus (susceptibilité).

Ces problématiques de Compatibilité Électromagnétique (CEM) sont habituellement traitées *après* développement d'un nouveau prototype. Un ensemble de mesures est effectué sur le prototype pour vérifier que les normes en vigueur sont bien respectées, ce qui conduit le plus souvent à une modification du prototype (ajout de filtres ou de blindages). Il est parfois nécessaire de produire un nouveau prototype ce qui représente un surcoût et une augmentation des délais de fabrication important dans le cycle de conception des systèmes.



L'objectif poursuivi dans ce travail est d'établir des modèles permettant de prédire de manière précise, systématique mais rapide le couplage en champ proche entre systèmes électriques ou sous-système (par exemple, éléments d'un convertisseur d'un filtre CEM).

Pour ce faire, le champ électromagnétique « rayonné » par chacun des sous-systèmes (bobines, 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.

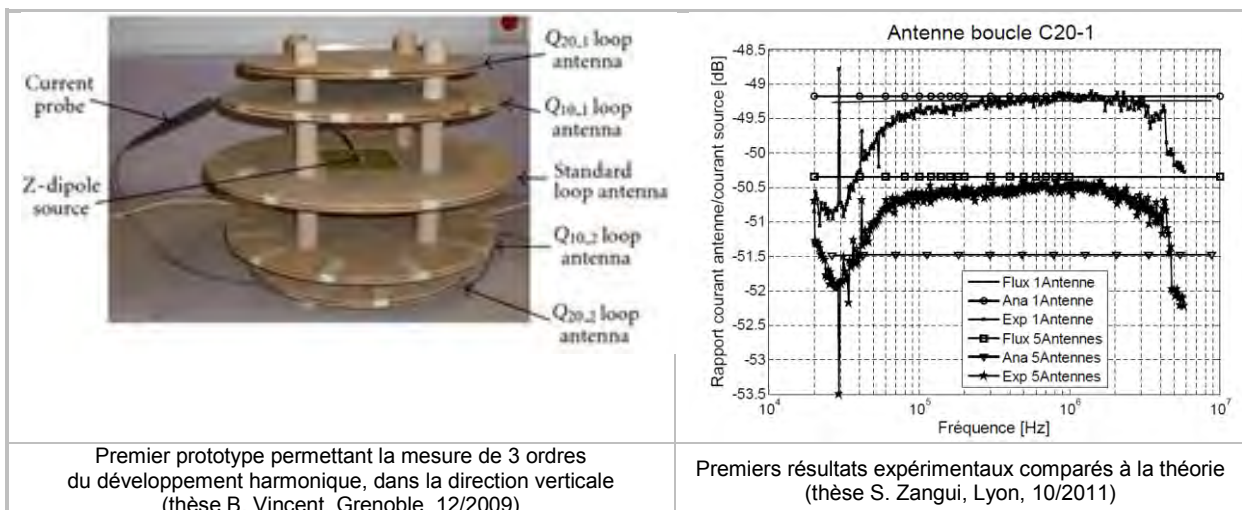
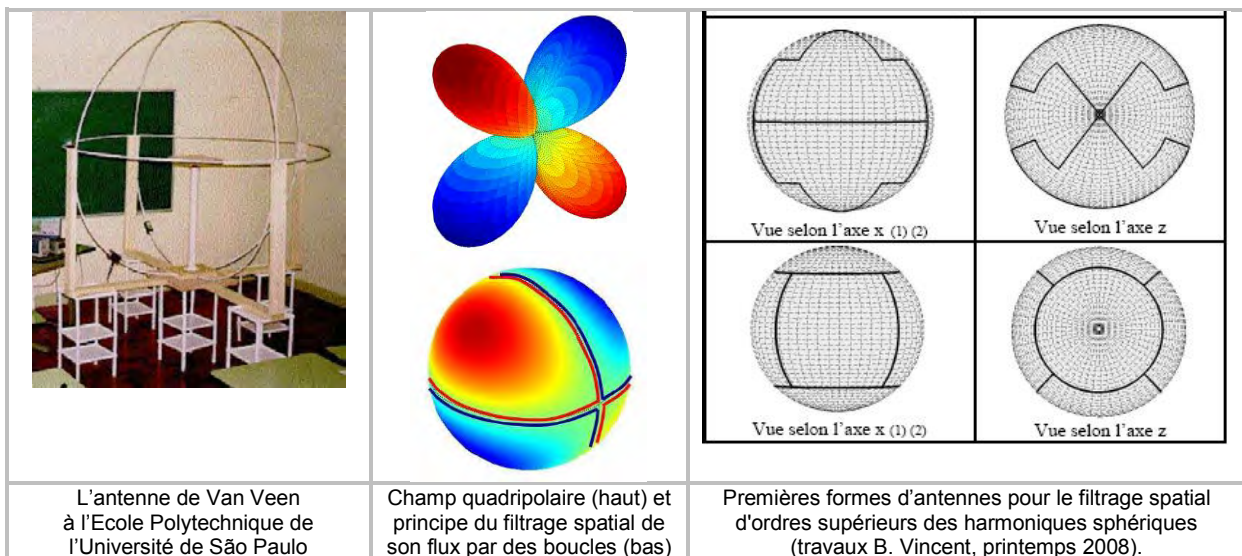
Une méthodologie originale a été mise en place dans le cadre du LIA Maxwell, avec une véritable collaboration tripartite USP / G2ELab / Ampère, commencée en 2008, pour valider ces idées, puis pour permettre la mise en œuvre effective d'identification de sources. Elle s'appuie d'une part sur des développements de la source en harmoniques, en particulier sphériques (avec l'arsenal mathématique permettant d'en déduire les couplages en fonction du placement), d'autre part sur la conception et les tests de bancs de mesures spécifiques.

## Origines du travail

L'idée originelle et originale de ce travail a germé au G2ELab lors d'une présentation faite par C. Sartori (Professeur de l'USP, aujourd'hui l'un des piliers du LIA) en 2007 sur les antennes de Van Veen, alors qu'il était professeur invité au laboratoire. Ces « antennes » permettent en effet une extraction naturelle de la composante dipolaire du champ dans chaque direction d'espace, en utilisant une mesure de flux (champ moyen au travers d'une surface), au lieu de reconstituer ces composantes par calcul, en partant d'un ensemble de mesures ponctuelles du champ : pourquoi ne pas généraliser cela aux composantes d'ordres plus élevés (quadripôles, ...) ?

## Travaux réalisés

La thèse de Benjamin Vincent (partiellement financée par le FUI O2M, pôle System@tic) a alors commencé à Grenoble, avec une approche au départ fortement basée sur l'expérimentation numérique. Ampère s'est rapidement associé à ce travail (dans le cadre de l'ANR E-CEM où nos deux laboratoires étaient associés avec Renault, Valéo, Cedrat, ...), L. Krähenbühl discutant avec B. Vincent et C. Sartori les résultats préliminaires à l'occasion de la présentation qu'il en a fait à la Conférence Momag (Brésil, 09/2008) : les approfondissements théoriques réalisés avec R. Perrussel (Ampère) et K. Berger (post-doc Ampère) montrent qu'il n'est pas nécessaire d'avoir recours à des formes géométriques complexes pour les boucles (difficiles à réaliser en pratique), et que les mêmes informations peuvent être fournies par des combinaisons de boucles circulaires de différents diamètres, situées sur la même sphère que les antennes de Van Veen (Numélec, 12/2008). Cela permet la réalisation à Grenoble d'un premier prototype présenté par B. Vincent lors de sa soutenance de thèse fin 2009.



Ces travaux se sont poursuivis à Ampère lors d'un post-doctorat de B. Vincent, en appui de la thèse de S. Zangui, activement encadrés par Carlos Sartori lors de son séjour post-doc sénior d'un an à Lyon (2010-2011). Un second prototype a été réalisé, et le protocole de mesure a aussi pu profiter de l'expérience de M. Leite, spécialiste de CEM à l'Institut de recherche technologique du campus de l'USP (IPT), qui a pu passer également 3 semaines à Lyon début 2010 (financement Capes-Cofecub).



B. Vincent, S. Zangui et C. Sartori dans la salle CEM de l'ECL avec un second prototype d'antennes-boucles (2010).

A partir des développements théoriques réalisés par K. Berger, la seconde thèse (S. Zangui) a abordé également l'estimation des inductances mutuelles entre deux dispositifs caractérisés par leurs développements harmoniques respectifs (jusqu'à l'ordre 4), ce qui ouvre la voie aux modélisations « circuits » nécessaires dans le contexte de la prise en compte a priori des couplages CEM dans la conception des dispositifs sensibles d'électronique de puissance.

Trois chercheurs de Grenoble, deux de l'USP et quatre de Lyon ont ainsi participé à la première phase de ce travail, qui s'est étalée sur 4 années et 3 lieux, et qui n'aurait jamais abouti de cette manière s'il avait été réalisé dans un seul des 3 laboratoires, ou même dans le cadre d'une collaboration bilatérale classique.

### Suites en cours

L'utilisation simultanée de nombreuses boucles de diamètres différents sur la sphère de mesure rend le système expérimental difficile à réaliser et à utiliser (accès complexe au dispositif à caractériser). Dans les cas où il n'est pas nécessaire de réaliser toutes les mesures en même temps, il est équivalent et plus simple (moyennant le traitement numérique des mesures réalisées) d'utiliser une seule boucle ou une paire de boucles mobiles autour du dispositif à caractériser.

Cela pose en particulier un problème d'automatisation qui fait l'objet de deux nouveaux prototypes, sur des principes mécaniques différents, l'un à São Paulo (dispositif à mesurer fixé dans une sphère mobile suivant 2 angles, capteurs fixes), l'autre à Lyon (boucle de diamètre fixe mobile en translation et rotation autour du dispositif à mesurer mobile seulement suivant 1 axe).

Les verrous supplémentaires concernent l'éventuelle post-synchronisation des mesures, le rôle du choix précis des positions choisies pour les mesures (avec rétroaction éventuelle en temps réel entre les résultats et de nouveaux choix de position), l'influence de la précision sur la position/orientation des boucles, sur la précision de la réalisation des boucles elles-mêmes, sur la précision des mesures électriques réalisées, ... L'interaction avec O. Chadebec (G2ELab) conduit aussi à reprendre la question de l'information apportée respectivement par ces mesures moyennées par les boucles, et les mesures ponctuelles, possiblement tri axes : une stratégie optimale prenant en compte les incertitudes mentionnées ci-dessus pourrait utiliser un mélange des deux techniques.

Par ailleurs, il existe d'autres développements harmoniques dont les formes de base, elliptiques par exemple, peuvent être plus adaptées à la forme de certains dispositifs de l'électronique de puissance. Enfin, une difficile question touche à l'influence de la présence de courants induits dans le dispositif caractérisé (plan de masse, parties conductrices massives, ...) et de leur influence sur les modèles de circuit équivalents tirés des caractérisations réalisées par développements harmoniques.

Toutes ces questions font actuellement l'objet à Lyon de deux travaux de doctorat (2014-2017), en lien avec un projet ANR « JCJC » mené par A. Bréard (PolHar CEM). Très naturellement, ces deux doctorants sont des candidats potentiels à un échange avec l'USP et (pourquoi pas) avec le G2ELab.



## **ANNEXE II : Mise à disposition de F. Wurtz au GRUCAD - UFSC**

**Période : 01/08/10 – 31/07/11 (12 mois)**

**Thème de la mise à disposition :** « Méthodes et outils pour la modélisation, la conception et l'optimisation des dispositifs énergétiques électriques »

### ***Contexte et intérêt de la mise à disposition***

Le programme de recherche, initié en 1998 par F. Wurtz au CNRS porte sur la modélisation, la conception et l'optimisation en génie électrique. Il a permis le développement de méthodes, d'outils et de logiciels dans le cadre de cette activité (les outils d'optimisation CADES et Reluctool à présent valorisés dans la start-up Vesta-System (<http://vesta-system.cades-solutions.com/>), la plate-forme DIMOCODE, ...). Ce programme s'est essentiellement développé dans un contexte national, en collaborant largement avec les équipes du G2ELAB, des laboratoires nationaux du génie électrique (Ampere, LEEI, LGEP, Laplace, FEMTO...) et même des laboratoires nationaux dans d'autres communautés (génie mécanique, ingénierie de la connaissance, système d'informations, ...).

Il était sans doute nécessaire de donner à présent à ce travail une dimension internationale. Dans ce but un séjour de longue durée à l'Université Fédérale de Santa Catarina (UFSC), dans l'équipe de « Conception et d'Analyse des Dispositifs Electromagnétiques » (GRUCAD), actuellement dirigée par le professeur Patrick Kuo – Peng paraissait particulièrement pertinent. Cette équipe travaille d'une part sur des thématiques très proches à savoir la modélisation, la conception et l'optimisation des dispositifs électromagnétiques. Ce séjour était aussi ainsi l'occasion de consolider la dynamique du LIA MAXWELL afin de renforcer les liens, avec ce laboratoire en particulier, et de créer des ramifications avec d'autres entités Brésiliennes. Rappelons que ce LIA regroupe deux laboratoires français (G2ELAB et Ampères) et trois universités Brésiliennes (Santa Catarina, Bel Horizonte et São Paulo) sur les thématiques de la modélisation et de la conception en électromagnétisme.

### ***Les objectifs***

Le programme de recherche vise à travailler autour des thèmes de la modélisation, de la conception et l'optimisation en génie électrique, concernant plus particulièrement les dispositifs électromagnétiques consommant, ou participant au transfert et à la conversion d'énergie électrique.

### ***Le travail scientifique réalisé au cours du séjour***

L'objectif du séjour aura été en particulier d'initier des recherches communes sur des thématiques inspirées des travaux de recherches de F. Wurtz, et ceci principalement sur deux thématiques scientifiques :

#### **Thématique 1 - La modélisation pour l'optimisation et la conception :**

**1-a° Modèles analytiques et semi-analytiques :** dans ce sous thème on a abordé les méthodes d'aide à la création de modèles semi-analytiques pour le dimensionnement et l'optimisation (en utilisant typiquement le formalisme à base de réseaux de réductances)

**1-b° Capitalisation des modèles & savoir-faire :** La création de bibliothèques de modèles de dimensionnement et d'optimisation de dispositifs électromagnétiques (moteurs synchrones à aimants, alternateurs d'éoliennes à aimants, à réductance variable, transformateurs, ...). Les résultats de ces travaux sont en particulier capitalisés dans la plate-forme DIMOCODE par l'intermédiaire par l'intermédiaire d'espaces de travail collaboratifs privés impliquant les chercheurs concernés ainsi que dans les logiciels CADES et Reluctool.

#### **Thématique 2 - Les méthodologies de conception des machines et dispositifs électromagnétiques utilisant la théorie de l'optimisation.**

On a ici travaillé sur la compréhension et la modélisation des processus de conception à mettre en œuvre par un concepteur utilisant des modèles physiques (issus de la thématique 1) et des

algorithmes d'optimisation. Ceci a abouti à travailler sur 3 sous thèmes scientifiques

**2-a La formulation des problèmes** avec en particulier des développements théoriques et des méthodes pour :

- identifier si un problème est bien posé
- poser des problèmes d'optimisation de gamme (dimensionnement simultanément de plusieurs machines ayant des éléments structurels communs : même forme de stator, même aimants, ...)

**2-b Résolution des problèmes** : définition de méthodes d'optimisation et de processus pour résoudre un problème de conception en enchaînant différents types d'algorithmes.

**2-c Analyse des solutions** : définition de méthodes permettant d'analyser les résultats d'optimisation obtenus.

### **Les applications traitées au cours du séjour :**

Les thèmes de recherche précédents ont été développés en travaillant sur des applications dans le domaine de la conception des dispositifs électriques et électromagnétiques.

Ces applications sont :

#### **Le dimensionnement et optimisation d'alternateurs à aimants pour Eolienne – Collaboration Prof. R. Carlson (GRUCAD, SC – UTFP, Parana)**

- Maestrado Tiago Natan Ardaia Veiga encadré par R. Carlson (GRUCAD - UTFP) et N. Sadowski (GRUCAD), avec participation de F. Wurtz
- Modélisation et optimisation de gammes de générateur Eolienne avec 1 industriel Brésilien du Parana (ZM Bombas)

#### **Le dimensionnement d'alternateur pour centrale co-génératrice alimentée par Bagasse**

- Maestrado de Elissa Soares de Carvalho - Encadrement P. Kuo Peng (GRUCAD) participation F. Wurtz en lien avec WEG (fabricant de moteurs Brésilien)

#### **Le dimensionnement optimal de transformateur pour le marché Brésilien**

- Maestrado Lissandra Ries encadre par P. Kuo Peng (GRUCAD) & F. Wurtz
- Stage Etudiant Silvia Leticia Bruschi – Schneider au GRUCAD pour 3 mois

#### **Le dimensionnement de transformateurs tournants pour moteurs asynchrones de moyenne et forte puissance:**

- Maestrado de Maurício Ruviano encadre par N. Sadowski (GRUCAD) participation F. Wurtz (Création application de dimensionnement) en lien avec WEG (fabricant de moteurs Brésilien)

On notera que d'autres actions de recherches ont été initiées et qui déboucheront peut-être sur des actions concrètes dans le mois à venir : optimisation d'alimentations de Machines Asynchrones avec le professeur Jhoey Nelson Batistela, l'optimisation de machines tournantes pour compresseurs avec le professeur Jean Leite, ...

# Les applications traitées




Alternateur pour centrale co-génératrice alimentée par Bagasse



Alternateur à aimants pour Eolienne



Dimensionnement optimal de transformateur



Transformateurs tournants Pour machines asynchrones Moteurs industriels (usines, mines, ...)



Machine à aimants pour motorisation de ventilation et de climatiseur

23/11/2011 - Inauguração do Laboratório Internacional Associado franco-brasileiro James Clerk Maxwell









Séjour F. Wurtz – GRUCAD – 2010 - 2011

*Aperçu de certaines des applications traitées*

## Les actions de recherche poursuivis et initiées depuis le retour en France

Ce séjour a permis de créer une dynamique de recherche active et dont le dynamisme se manifeste par le fait que :

- des encadrements à distance initiés au Brésil se sont poursuivis :
  - L'encadrement du Maestrado de Lissandra Ries travaillant co-encadrement F. Wurtz & Pr P. Kuo-Peng sur « **le dimensionnement optimal de transformateur pour le marché Brésilien** » – Soutenance prévue pour novembre 2012
  - L'encadrement du Stage de Fin d'Etude de Silvia Leticia Schneider, co-encadrement F. Wurtz & Pr P. Kuo-Peng sur « **Le dimensionnement et l'optimisation de machine à aimants pour motorisation de ventilation et de climatiseurs** » - Soutenance a eu lieu en juin 2012
- de nouvelles actions de co-encadrement ont été lancées :
  - Stage de Fabricio Saggin sur 3 mois au G2ELAB, co-encadrement F. Wurtz & Pr P. Kuo-Peng, sur « **la modélisation des machines électromagnétiques par éléments de Roters** » – de juin à septembre 2012
  - Thèse en co-tutelle T. Staudt, co-encadrement F. Wurtz avec Pr P. Kuo-Peng et Pr J.N. Battistela sur « **Modélisation et optimisation de machines reluctances pour la génération d'énergie éolienne** », soutenance prévue en février 2015 avec un séjour de 1 an prévu au G2ELAB
  - Stage de 6 mois de Lisa Scanu au GRUCAD, co-encadrement F. Wurtz & Pr P. Kuo-Peng, « **Modèles, méthodes et bibliothèques de modèles pour le dimensionnement et l'optimisation d'Eoliennes** » qui se déroulera de octobre 2012 à février 2012.

### ***Nouvel accord de collaboration mis en place grâce au séjour au Brésil***

Lors de ce séjour au Brésil une collaboration constituant une extension possible du LIA MAXWELL a été mise en place grâce à F. Wurtz, R. Carlson (GRUCAD et Université Technologique Fédérale du Paraná et Laurent Krähenbühl (Directeur du LIA côté français). Cet accord a été mis en place grâce au programme CMIRA de la Région Rhône-Alpes.

**Titre:** Méthodes, modèles et outils pour la conception, l'optimisation, la modélisation et le contrôle commande d'Éoliennes de petites et moyennes puissances (<100 kW)

#### **Les partenaires**

Grenoble INP & Universidade Tecnologica Federal Do Parana & Ecole Centrale de Lyon

#### **Les moyens**

- Un premier programme d'échanges finances par le CMIRA – Rhône-Alpes Parana – 20 k€
- Échanges d'enseignant chercheurs Rhône-Alpins et du Parana

#### **Objectif:**

- Pérenniser programme d'échange de master, doctorants, post-doctorants et de chercheurs
- Pérenniser les échanges dans la plate-forme dimocode ([www.dimocode.fr](http://www.dimocode.fr))
- Dans la continuité du LIA
- Créer des liens avec des acteurs socio-économiques
  - Industriels de l'éolien; ZM-BOMBAS (Parana), Verteole en Rhône-Alpes
  - Editeurs logiciels: Vesta-System, Knowings en Rhône-Alpes

### ***Conclusions***

Le séjour réalise a permis de déployer des thèmes de recherches et des applications en cohérence avec le programme de recherche de F. Wurtz et les centres d'intérêts de nos partenaires Brésiliens tout en appuyant la dynamique du LIA Maxwell. Plus largement, notons que des contacts ont été initiés avec des industriels Brésiliens (Weg, ZH Bombas, ...) ainsi qu'une collaboration avec une nouvelle Université au Paraná, un État du Brésil avec lequel nous n'avions pas encore de contact, alors même qu'il s'agit du partenaire privilégié par la Région Rhône-Alpes (Région à laquelle appartiennent les 2 laboratoires français du LIA).

## ANNEXE III : Thèse de cotutelle de Tiago Staudt (Université Grenoble Alpes – UFSC)

**Ecadrement** F. Wurtz (CNRS – Université Grenoble Alpes) et N. J. Batistela, P. Kuo-Peng (Greucad, UFSC)

**Titre de la thèse :** « Modélisation et optimisation de générateur à reluctance à double alimentation pour éoliennes. »

### *Enjeux et objectifs de la these*

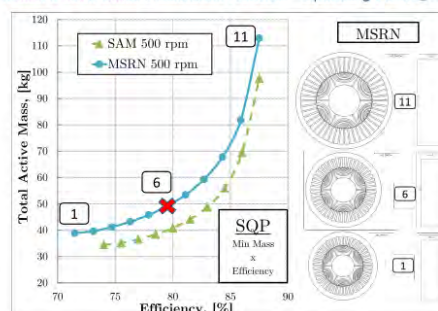
La machine reluctante à double alimentation sans balais (Brushless Doubly-Fed Reluctance Machine - BDFRM) est considérée comme une alternative viable au générateur asynchrone à double alimentation (Doubly Fed Induction Generator - DFIG) dans les systèmes éoliens à variation de vitesse. Elle conserce les avantages économiques de la DFIG parce qu'elle utilise un convertisseur dont la puissance est réduite de 30 %. De plus, la BDFRM, sans balai, possède l'énorme avantage d'avoir un coût de maintenance très bas. Elle a ainsi le potentiel d'être une structure capable de révolutionner le domaine. L'état de l'art montre cependant que cette machine est particulièrement complexe à concevoir en raison de sa structure d'alimentation à double stator. Tout doit être simultanément pris en compte (contraintes, phénomènes physiques et dimensions) et il est impossible de découper la tâche de conception et d'optimisation en tâche simples et élémentaires.

### *Apports et résultats obtenues*

La thèse a traité de la modélisation, de la conception, de l'optimisation ainsi que de la validation expérimentale de cette BDFRM dans le contexte d'un programme de recherche autour des éoliennes. L'objectif principal a été de contribuer à la maîtrise du processus de conception de la BDFRM en proposant une approche méthodologique basée sur différents niveaux de modélisation et sur l'optimisation. Elle a examiné comment l'optimisation pourrait être appliquée à toutes les étapes de développement avec des objectifs distincts à évaluer. Plus précisément, elle s'est focalisée sur la définition du problème d'optimisation sous contraintes et sur sa solution itérative en utilisant des algorithmes déterministes couplés à des modèles semi-analytiques de différents niveaux. En raison de la complexité de la machine, ces modèles ont comporté un grand nombre de paramètres et de contraintes: l'un des verrous scientifique qui a dû ainsi être surmonté est donc le problème d'optimisations de grande taille (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de contraintes) sur des modèles non linéaires. Ces modèles de finesses différentes ont permis de comparer des « fronts de Pareto » de machines possibles. Nous avons ainsi montré que la conception de cette machine est maitrisable, ce que nous avons confirmé grâce à la réalisation et à la caractérisation d'un prototype. L'un des principaux verrous au développement de cette machine innovante a ainsi été levé.

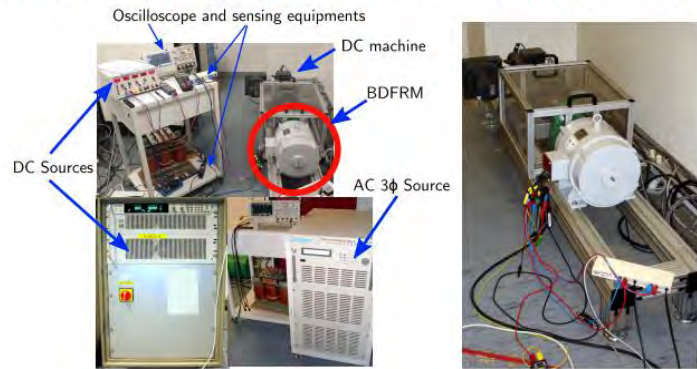
#### Pareto Mass x efficiency

Semi-Analytical Model x Multi-Static Reluctance Network - Operating Point @ 500 rpm



Front de Pareto de machines dimensionnés avec des modèles de finesse différentes (SAM = « Semi Analytical Model », MSRN = « Model with Switched Reluctance Network ») et une approche d'optimisation apte à traiter des problèmes de grande taille (SQP = « Sequential Quadratic programming »).

## Test workbench at G2ELAB: machine characterization



Réalisation d'un prototype conçu par le doctorant au G2ELAB, fabriqué au Brésil et caractérisé sur banc d'essai au G2ELAB

### ***Des résultats possibles grâce au contexte du LIA MAXWELL***

Ces résultats ont pu être atteints grâce au LIA, cadre dans lequel s'est déroulée cette thèse faisant l'objet d'une cotutelle. Le LIA a permis de mettre en commun les compétences franco-brésiliennes sur la modélisation/conception/optimisation de dispositifs électromagnétiques et de collaborer autour de la réalisation et du test d'un prototype qui a voyagé entre les deux pays grâce au budget du LIA.

### ***Références***

[1] « Brushless doubly-fed reluctance machine modeling, design and optimization », T. Staudt, thèse de doctorat de l'Université de Grenoble Alpes et de l'UFSC, 16 juin 2015, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01218132/>

[2] « An optimization-oriented sizing model for brushless doubly fed reluctance machines: development and experimental validation », T. Staudt, F. Wurtz, L. Gerbaud, N. J. Batistela, P. Kuo-Peng, *Electric Power system Research*, volume 132, 2016, pp 125-131, doi:10.1016/j.epsr.2015.10.029

## **ANNEXE IV : Travaux collaboratifs autour des méthodes d'optimisation en électromagnétisme**

### **Contexte**

Certains partenaires du LIA effectuent des travaux particulièrement reconnus autour des méthodes d'optimisation en électromagnétisme. Ainsi,

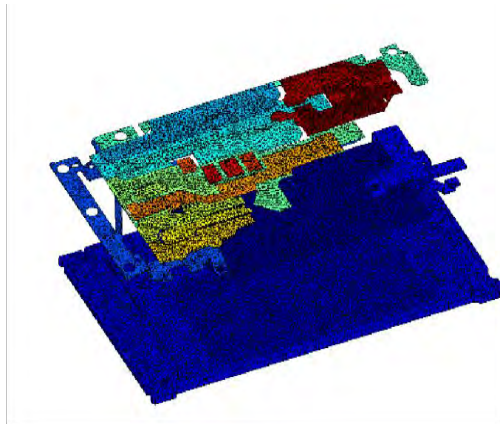
- Le laboratoire Ampère travaille sur les méthodes d'optimisation, en particulier stochastiques, en association avec les méthodes numériques de modélisation
- Le laboratoire G2ELab travaille également sur des méthodes stochastiques mais aussi sur les méthodes déterministes. Les nouvelles méthodologies sont valorisées et diffusées via le logiciel Got-It commercialisé par la société Cedrat (<http://www.cedrat.com/fr/software/got-it.html>) et le logiciel CADES commercialisé par la société Vesta (<http://www.vesta-system.fr/en/products/vestacades/>)
- Le LMAG –USP (Prof. L. Lebensztejn) est reconnu internationalement pour ses travaux sur les algorithmes d'optimisation stochastique
- L'UFMG (Prof. J. Vasconcelos) mène également des recherches de pointe autour de l'optimisation et est très interfacée avec l'industrie brésilienne.

Les méthodes d'optimisation pour l'électromagnétisme représentent donc un axe de recherche fort pour le LIA puisque quatre de ces cinq membres conduisent des recherches fortes dans le domaine. Cet axe a donc donné un nombre importants de recherches collaboratives. Nous en citons quelques unes ici.

### **Travail post-doctoral d'Arnaud GUIBERT (Mai 2010 - Mars 2011). Collaboration G2ELab-USP**

*Ce post-doctorat a été effectué par Arnaud Guibert à l'Université de São Paulo (USP - Brésil) au sein du laboratoire LMAG et est le fruit d'une collaboration entre le LMAG et le G2ELab. A. Guibert a soutenu sa thèse en octobre 2009 au G2ELab à Grenoble. A l'issue de cette thèse, il a manifesté la volonté de faire une mobilité au Brésil pendant dix mois après une visite dans le cadre du LIA. Un projet scientifique porté par le LMAG et le G2ELab a été déposé dans le cadre d'une demande de bourse de post-doctorat ERASMUS MUNDUS. Ce projet a été favorablement évalué et A. Guibert a rejoint le LMAG en mai 2010. Il faut noter que le contexte du LIA a certainement favorisé l'obtention de cette bourse.*

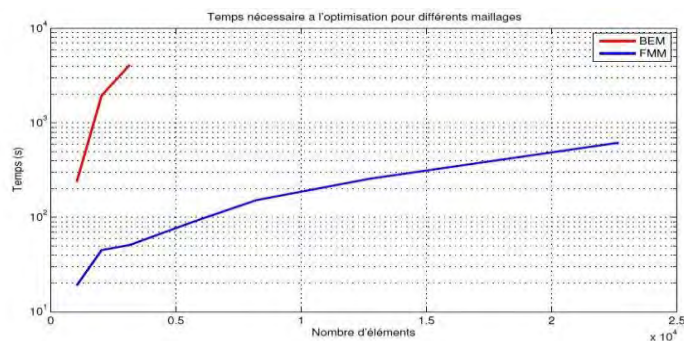
Ce projet traite de l'optimisation de dispositifs électrostatiques modélisés via des méthodes intégrales. Ce type de méthodes est basé sur le calcul d'interactions à distances et est bien connu pour ne pas nécessiter le maillage de la région air ce qui peut se révéler être un avantage important pour le calcul de capacités par exemple. Le principal inconvénient de ce type de méthode est l'obtention de matrices pleines ce qui la rend explosive en terme de mémoire et de temps de calcul. Pour répondre à ce problème majeur, une technique de compression matricielle appelée *Fast Multipole Method* (FMM) est traditionnellement utilisée. Il est maintenant possible de traiter des problèmes de complexité industrielle avec les méthodes intégrales (Figure 1). Une version de cet algorithme a été développée au G2ELab dans la plateforme MIPSE.



Modélisation des effets capacitifs d'un variateur de vitesse par méthode intégrale compressée FMM (50.000 degrés de liberté).

L'optimisation d'un système pour répondre à un cahier des charges est une problématique très courante dans l'industrie. C'est un des principaux thèmes de recherche du LMAG. Les méthodes d'optimisation déterministes sont basées sur des algorithmes de descente de gradients. Ils nécessitent de calculer les sensibilités (ou dérivées) d'un modèle par rapport à ses paramètres géométriques. La problématique de la dérivation formelle de formulations intégrales (en particulier dédiées à la modélisation électrostatique) est déjà connue. L'originalité de ces travaux a été ici que la méthode intégrale était compressée avec une méthode FMM ce qui complexifie nettement la démarche puisque la matrice associée au problème n'est pas connue explicitement. L'originalité de nos travaux a alors été d'obtenir une approximation de cette dérivée en utilisant une méthode différences finies. Deux problèmes avec des maillages et des partitions de l'espace (octree) légèrement différents sont résolus et la dérivée est évaluée numériquement par différence.

Nous présentons ici une comparaison des temps de calcul pour une descente de gradients afin minimisée la valeur d'une capacité. La méthode classique (non compressée) et la méthode compressée (FMM) sont comparées. La méthode utilisée permet donc de réaliser une optimisation non seulement beaucoup plus rapide mais tolérant un nombre important d'éléments de maillage. Ces résultats encore très amont permettent d'envisager l'utilisation d'algorithmes d'optimisation déterministes associés à des méthodes intégrales pour la conception de dispositifs de complexité industrielle.



Temps de calcul en fonction du nombre d'éléments de maillage pour une descente de gradient. L'optimisation converge pour tous les cas en 7 itérations et les résultats sont les mêmes. La méthode compressée FMM permet de gagner un ordre de grandeur en temps de calcul. De plus elle permet de traiter des problèmes avec un nombre important d'éléments (ici 25.000) ce qui est impossible avec la méthode standard et un PC usuel (2Go de Ram – limitation à 5.000 mailles).

### **Stage Gustavo Tenaglia (Décembre 2011 – février 2012). Collaboration G2ELab-USP**

L'évolution différentielle DE est une méthode qui optimise un problème itérativement. L'algorithme DE optimise en maintenant une population de solutions candidates et en créant de nouveaux candidats en combinant les solutions existantes selon une formule simple, puis en gardant les meilleures. De cette manière, le problème d'optimisation est traité comme une boîte noire qui fournit simplement une mesure de qualité donnée pour une solution candidate. Le gradient des fonctions n'est pas nécessaire.



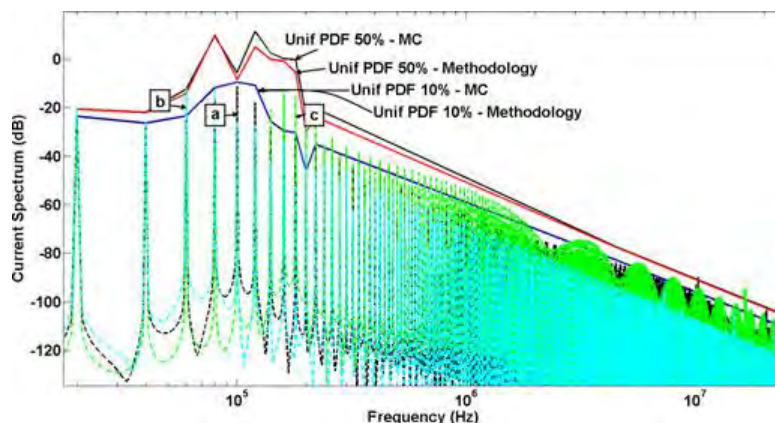
Cette méthode a été testée par Gustavo Tenaglia, élève ingénieur de l'Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pendant son stage au G2Elab de décembre 2011 à février 2012, encadré par Jean-Louis Coulomb et Luiz Lebensztejn. Cette méthode, comparée aux autres algorithmes stochastiques (Algorithme Génétique, PSO, ...), s'est montrée très compétitive. Elle a donc été implémentée dans la plate-forme GOT qui est à la base du logiciel commercialisé GOT-It (<http://www.cedrat.com/fr/software/got-it.html>).

**Travail de thèse de M. FERBER (2009 - 2003). Thèse de cotutelle ECL-UFMG, collaboration Ampère-G2ELab-UFMG**

**Titre : Méthodologies pour l'analyse des incertitudes paramétriques des convertisseurs de puissance**  
*Cette thèse est la première thèse de cotutelle officielle du LIA Maxwell. M. Ferber, étudiant brésilien, a passé trois années à Ampère, et une année à l'UFMG (en partie après sa soutenance). Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec trois partenaires du LIA (UFMG, Ampère et G2ELab).*

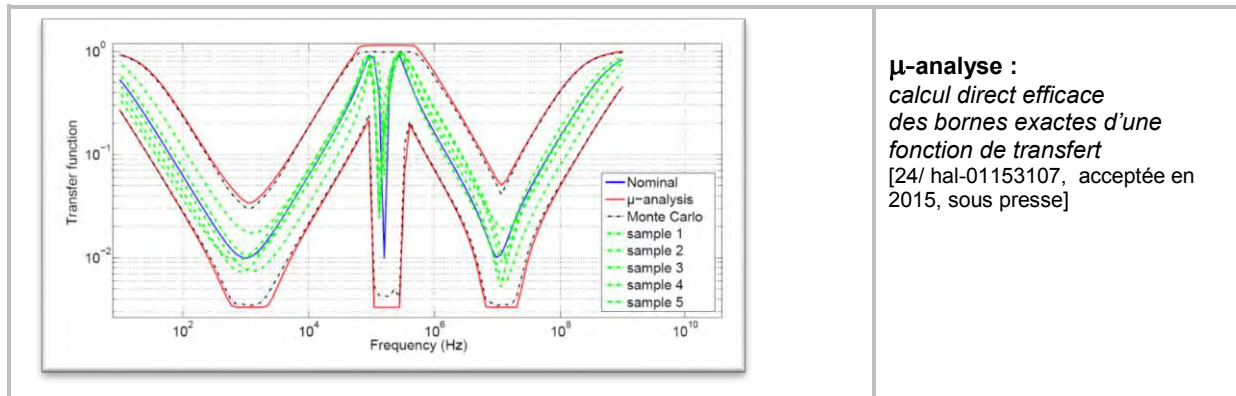
Le développement de la technologie des semi-conducteurs dans les trente dernières années a augmenté le nombre des nouvelles applications dans lesquelles les dispositifs d'électronique de puissance sont utilisés. L'augmentation de la rapidité de commutation des transistors a permis que la conversion de puissance se produise de façon de plus en plus performante. Cet avantage apporte un nouveau challenge dans la phase de conception, lié à la Compatibilité Électromagnétique. En effet, les impulsions rapides de tension et courant dans les convertisseurs de puissance sont une source d'émissions électromagnétiques conduites indésirables. Des méthodologies de modélisation précises, qui prennent en compte une grande partie des effets parasites, ont été développées pour évaluer le niveau de ces émissions conduites. Lorsque ces méthodologies sont confrontées aux mesures, les résultats sont en concordance dans une large gamme de fréquence, elles peuvent donc être considérées comme des outils fiables de pronostic. Néanmoins, la plupart des paramètres du modèle d'un système électronique ne peuvent pas réellement être déterminés précisément : les conditions d'opération sont souvent mal connues (variations de température ou d'humidité) ; les paramètres caractéristiques des composants présentent une certaine dispersion de production ; des interférences externes sont imprévisibles.

Dans ce contexte, il est intéressant de développer des méthodologies de modélisation qui soient capables de prendre en compte des incertitudes paramétriques. Dans cette thèse, deux méthodologies d'analyse d'incertitudes, adaptées aux convertisseurs de puissance, sont proposées. Les incertitudes paramétriques sont modélisées en utilisant des fonctions de densité de probabilité et l'objectif de l'analyse proposée est de déterminer les moments statistiques, la fonction de densité de probabilité ou la limite supérieure probabiliste des émissions conduites d'un convertisseur de puissance quelconque. Des techniques pour aborder les difficultés liées aux non-linéarités, au temps de simulation important et au nombre élevé de dimensions sont discutées. Les méthodologies proposées sont appliquées à des problèmes test et à des problèmes réels, et les résultats sont comparés aux méthodologies classiques. La précision des résultats des méthodologies proposées est similaire aux techniques classiques, mais le temps de calcul est fortement réduit. Finalement, ce travail ouvre des possibilités de développements nouveaux pour l'analyse des incertitudes des systèmes non-linéaires et à grande échelle.



Intervalle de confiance du spectre du courant de sortie d'un convertisseur DC-DC avec incertitude sur les valeurs d'une capacité et d'une inductance

M. Ferber a complété ces résultats après la thèse par le transfert au Génie Electrique de techniques classiques de l'automatique (position de type ATER occupée par M. Ferber à l'UFMG, travail en collaboration avec des automaticiens d'Ampère). Dans le cas des équations des réseaux électriques linéaires, il a montré qu'il est possible d'obtenir des bornes exactes pour les fonctions de transfert entrée-sortie, prenant en compte des bornes d'incertitude sur les valeurs des éléments du réseau, en temps de calcul polynomial. Cette technique, automatisable par exemple sous Matlab, est beaucoup plus efficace que Monte Carlo et présente l'avantage de la garantie du résultat.



***Travail de thèse de M. LEITE (depuis 2015). Thèse en cotutelle Université Grenoble Alpes-UFMG  
 Titre : Optimisation robuste de modèles numériques réduits pour la prise en compte des contraintes CEM***

*Cette thèse collaborative entre le G2ELab et l'UFMG est financée par une allocation « présidence » financée par l'UJF en support au LIA Maxwell.*

Le développement des méthodes de simulation numérique, comme la méthode des éléments finis, conduit à des résultats très précis. Toutefois ces modèles sont complexes et possèdent des milliers de degrés de liberté, ce qui peut conduire à un temps de simulation très long et l'utilisation d'un espace de stockage important.

Le rôle de la réduction de l'ordre de modèle est de trouver un nouveau modèle ayant seulement quelques variables d'état dont le comportement est similaire au modèle complet. Une fois obtenu, le modèle peut être utilisé pour toutes sortes de calculs, notamment l'optimisation, ce qui est impossible avec l'utilisation du modèle complet car trop coûteux.

Lors de la simulation d'un modèle complexe, on peut remarquer des comportements qui sont plus importants que d'autres. L'idée principale de la réduction de l'ordre de modèle par projection est de trouver un sous-espace qui représente bien les modes dominants du modèle et de projeter le système d'origine sur ceux-ci. Dans cette thèse une méthode de projection dite orthogonale est utilisée.

Afin de trouver le sous-espace dans lequel le système sera projeté, on peut utiliser des techniques déjà bien maîtrisées. L'une d'elle est connue sous le nom de « moment matching ». Cette technique consiste à construire un sous-espace qui assure que certaines dérivées  $n^{\text{ième}}$  de la fonction de transfert du modèle réduit correspondent à celle du système complet. Il faut souligner que ceci peut conduire à des représentations complexes du système d'état. Un des axes de recherche est de trouver un système équivalent réel compact.

Enfin, pour le processus d'optimisation, il ne suffit pas de connaître le comportement du système à un point donné, il faut également déterminer comment sa dynamique change lorsque certains paramètres changent. A partir d'un certain nombre de modèles réduits, il faut donc être capable de générer une interpolation. Ceci peut être fait par la projection de tous les systèmes réduits dans un sous-espace commun, ce qui permet une interprétation physique cohérente des variables et conduit à une interpolation robuste. Cette technique présente actuellement d'excellents résultats pour les modèles linéaires, le cas des modèles non linéaires reste aujourd'hui une question ouverte.

## **ANNEXE V : Mise à disposition d'O. Chadebec au GRUCAD - UFSC**

**Période : 01/08/12 – 31/07/13 (12 mois)**

**Thème de la mise à disposition :** « Hybridation de méthodes numériques pour la modélisation des champs électromagnétiques basses fréquences dans la plateforme MIPSE. »

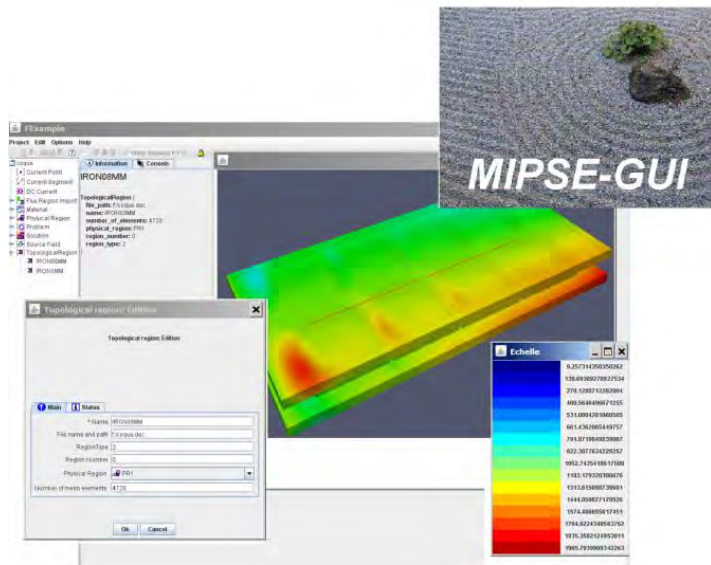
Le projet de recherche **MIPSE** (acronyme de «Modeling of Interconnected Power SystEms») vise à poser les bases méthodologiques et logicielles pour la mise en œuvre d'une plateforme de simulation numérique multi-niveaux et multi-méthodes dédiée à l'électromagnétisme basse et moyenne fréquence. Forts de leur expérience issue du développement et de la commercialisation de la suite logicielle FLUX mais aussi du logiciel InCa3D, des chercheurs et ingénieurs du G2ELab ont entrepris il y a quelques années de penser et réaliser une nouvelle génération de solveur électromagnétique en :

- Développant une plateforme informatique permettant le maquetage rapide et robuste de formulations basses et moyennes fréquences,
- Intégrant plusieurs méthodes numériques que l'on peut hybrider (éléments finis, méthodes intégrales de surface et de volume, solveur 0D du type circuit) pour tirer parti des potentialités de chacune d'entre elles,
- Assurant une très bonne efficacité en termes de performance par la généralisation du calcul parallèle et la compression systématique des matrices issues des formulations intégrales (Fast Multipole Method & Adaptive Cross Approximation),
- Offrant un environnement de développement efficace et robuste.

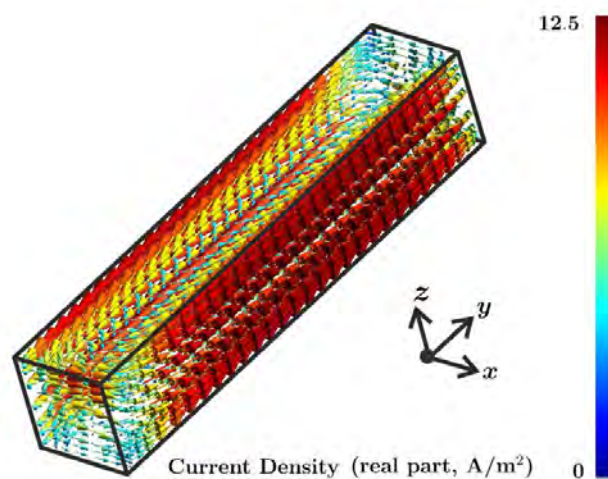
Ce projet a été initié en 2006 par O. Chadebec (CNRS) et J-M. Guichon (Mdc UJF). En 2012, O. Chadebec a réalisé une mobilité d'un an au GRUCAD-UFSC (Groupe de Conception et d'Analyse des Dispositifs Electromagnétiques) dans le but de faire évoluer la plateforme en lui apportant de nouvelles fonctionnalités et en l'ouvrant vers de nouvelles méthodes numériques.

Le groupe qui l'a accueilli au Brésil possède une très forte compétence dans les méthodes de modélisation des champs électromagnétiques. Il est notamment « nucleo de excelencia », label d'excellence très sélectif attribué aux meilleures équipes de recherche Brésiliennes. Il a également organisé récemment la conférence internationale COMPUMAG en 2009, conférence phare de notre communauté qui a lieu tous les deux ans. Dirigée par le professeur P. Kuo-Peng, cette équipe est aujourd'hui reconnue comme étant une référence internationale, publiant avec certaines des meilleures équipes mondiales. La compétence de ses membres dans le domaine de la modélisation électromagnétique a contribué à la réussite de ce projet en lui apportant une vision renouvelée. Les compétences du GRUCAD dans le domaine d'autres méthodes numériques ont beaucoup apporté à la plateforme MIPSE. Le travail sur ces autres méthodes et la confrontation avec d'autres visions ont été très enrichissants. Enfin, la tradition d'accueil de chercheurs invités de l'UFSC qui est visitée très régulièrement par de nombreux chercheurs de toutes nationalités a permis de faire connaître nos travaux et la plateforme bien au-delà du LIA (TU Berlin, Université de Liège). Ainsi, les discussions que ces rencontres ont suscitées ont contribué certainement à l'émergence de nouvelles idées.

Après cette année passée à développer la plateforme, une version MIPSE 2.0 est née. Celle-ci est largement différente de la version MIPSE 1.0 puisque plus complète, plus ouverte et plus performante. Deux ans après cette mise à disposition, le groupe MIPSE possède une forte croissance au sein de G2ELab et regroupe actuellement 3 chercheurs, 2 ingénieurs et 6 doctorants et post-doctorants. La plateforme dépasse aujourd'hui les 200.000 lignes de code (dont un nombre important a été tapé au Brésil) et est maintenant utilisée à l'extérieur de Grenoble. Elle a été déployée évidemment au Brésil à l'UFSC et également à l'USP (dans le cadre de la thèse en cotutelle de Lucas M. Blattner). La plateforme est également utilisée aujourd'hui à l'université de Toulouse et à l'université de Mons.



La plateforme logicielle MIPSE



Modélisation dans la plateforme MIPSE de courants induits dans un objet conducteur enterré générés par la proximité d'une ligne de distribution électrique (thèse de L. M. Blattner, cotutelle USP-Université Grenoble Alpes)

Plus largement, ce séjour a permis de consolider et de créer de nouvelles collaborations sur des thématiques connexes. Un certain nombre de collaborations avait déjà été initiées par F. Wurtz lors d'un précédent séjour. La mise à disposition d'O. Chadebec à l'UFSC a contribué à leur renforcement. Plus largement et au niveau du LIA, un renforcement des collaborations avec les équipes de Sao Paulo et de Belo-Horizonte s'est établi avec le montage de plusieurs thèses en cotutelle.

**ANNEXE VI : Photos de quelques évènements**



*Inauguration du LIA Maxwell – São Paulo – novembre 2011*



*Inauguration du LIA Maxwell – São Paulo – novembre 2011*



*Soutenance de thèse de M. Ferber – Belo Horizonte / Lyon – décembre 2013*