

## ANNEXE 1: PROGRAMME SCIENTIFIQUE

### Laboratoire International Associé franco-brésilien JAMES CLERK MAXWELL

#### *L.I.A. MAXWELL*

*Einstein décrivait les travaux de James Clerk Maxwell comme les « plus profonds et fructueux que la physique ait connu depuis le temps de Newton ». Les 4 célèbres équations qui portent le nom de ce grand physicien sont au centre de notre travail quotidien : nous lui dédions nos collaborations.*

### **1. Objectifs du LIA**

#### **1.1. Evolution naturelle : vers une reconnaissance symbolique**

Dans le domaine des méthodes numériques appliquées au Génie Electrique, les 3 équipes de recherche brésiliennes et les 2 françaises formant le LIA 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 instances fédérale et nationale (CNPq et CNRS) reconnaissent ces liens, leur pertinence et leur productivité (plus de 50 publications en Revues Internationales, une quinzaine de thèses), et leur donne un nouveau souffle, au travers d'un Laboratoire International Associé.

#### **1.2. Valoriser l'aspect international de nos travaux**

Cette reconnaissance va permettre à chaque partenaire de mettre en valeur ces collaborations internationales, auprès des instances auxquelles ils appartiennent (Universités, Ecoles d'ingénieurs), auprès des partenaires institutionnels auxquels ils font appel pour leur financement (Région, ANR, Europe côté français ; Etats, Fondations, Etat Fédéral pour le Brésil), et auprès des industriels.

#### **1.3. Attirer les meilleurs jeunes chercheurs et étudiants**

Ce label et l'ouverture au monde qu'il représente, vont aider à attirer vers nos laboratoires les meilleurs étudiants et jeunes chercheurs ; c'est là un moyen pour garantir un renouvellement de qualité de nos personnels.

#### **1.4. Intensifier nos propres échanges scientifiques : susciter des synergies**

Les échanges scientifiques des 20 dernières années entre ces 5 entités ont été intenses, mais il s'agissait essentiellement de multiples relations bilatérales, et non de relations multilatérales coordonnées.

L'existence du LIA doit permettre des échanges scientifiques, puis de réelles collaborations, chaque fois que 2 partenaires travaillent (jusqu'ici séparément) sur des sujets voisins ; il faudra rapidement susciter la naissance de projets de recherche à plus de 2 partenaires, permettant des synergies renforcées.

#### **1.5. A terme : proposer des élargissements fructueux**

Ces dernières années, les collaborations bilatérales principales ont été liées au calcul numérique des champs électromagnétiques, aux applications de ces calculs à la CEM (Compatibilité Electromagnétique) et aux méthodes d'optimisation associées.

En interne, nous souhaitons étendre nos collaborations à d'autres thématiques : électronique de puissance, matériaux magnétiques (y compris les plate-forme expérimentales), aspects de conception système et réseaux d'énergie.

Après une ou deux années de fonctionnement, il sera intéressant d'envisager aussi un élargissement à d'autres partenaires reconnus sur certaines de ces thématiques scientifiques, et qui ont déjà des échanges scientifiques bilatéraux avec un ou plusieurs partenaires du LIA. On peut penser par exemple aux partenaires suivants, sans que cela soit exhaustif :

- en Europe : LGEP (UMR, Paris), Laplace (UMR, Toulouse), LEEP (Lille) pour la France ; Université de Liège (Institut Montefiore, Unité de recherche « Applied and Computational Electromagnetics ») pour la Belgique.
- au Brésil : IBILCE (UNESP - São José do Rio Preto) ; UNICAMP (Ingénierie biomédicale) ; CTA (IEAv - São José dos Campos) ; IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) ; IPEN/CNEN-SP

(Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares); CTMSP (Centro Tecnológico da Marinha São Paulo) ; IEE (Instituto de energia e eletrotécnica da USP).

## **2. Les thèmes de collaboration et leur articulation**

*Une part importante de l'activité du LIA va rester tournée vers des activités « génériques » liées à la modélisation numérique des phénomènes électromagnétiques, dans des dispositifs du génie électrique et dans le corps humain, comme cela a été le cas durant ces dernières années (avant la création du LIA).*

*Les défis à relever sont ceux de toujours – plus de précision et plus de rapidité de calcul – en prenant mieux en compte la réalité du monde, où toutes les données ne sont pas connues exactement, et où le vrai problème est souvent celui de la conception (c'est-à-dire un problème inverse) plus que celui de la seule analyse (problème direct). Voir § 2.1 à 2.3.*

*Ces recherches génériques autour de la modélisation numérique des champs électromagnétiques, des méthodes de conception de dispositifs pour lesquels ces champs jouent un rôle déterminant, et de l'amélioration des modèles des matériaux utilisés dans ces calculs, trouvent des applications concrètes sur quelques familles de problèmes pour lesquels nous tenons à poursuivre ou initier des collaborations au sein du LIA, en incluant les aspects expérimentaux correspondants. Voir §2.4 et suivants.*

### **2.1. Modélisation numérique pour l'électromagnétisme**

La connaissance précise et localisée des grandeurs électromagnétiques (champs, courants, SAR, densité de force, ...) nécessite le plus souvent la résolution par méthode numériques (éléments finis ou autres) des équations de Maxwell, complètes ou non, prenant en compte les propriétés des matériaux et la géométrie précise des dispositifs (dimensionnement général, et détails les plus fins lorsqu'ils jouent un rôle sur la grandeur d'intérêt).

L'amélioration de la précision de description (matériaux et détails géométriques) conduit à augmenter la taille des problèmes à résoudre, au point que la limite des calculateurs est souvent atteinte ; un effort de recherche important porte de ce fait sur des familles de méthodes permettant d'alléger la résolution des gros problèmes sans réduire la précision.

- travail direct sur la « grosse » matrice obtenue : méthodes multigrilles ;
- décomposition en sous-problèmes de tailles réduites : décomposition de domaines, méthodes multi-échelle, méthode des (grosses) perturbations, réduction de dimensions (résultat 3D comme combinaison de résultats 1D/2D/axi avec un problème 3D de petite taille).
- coordination de l'utilisation de plusieurs méthodes numériques (FEM, BEM, Moments, ...); décomposition système (par exemple par passage partiel ou total à une méthode de réductances ou de réseaux électriques)

Certaines des données utilisées par les modèles numériques (par exemple, la conductivité d'un tissu vivant à une fréquence précise) sont mal connues, ou peuvent évoluer avec le temps. Nous allons partager nos travaux sur la prise en compte de ces incertitudes, en caractérisant l'incertitude résultante sur les résultats des calculs (travaux sur la variabilité par des méthodes stochastiques, ou d'autres approches tendant au même but).

Ces calculs ne sont possible que s'il existe les maillages adaptés. Si dans beaucoup de situations les logiciels fournissent aujourd'hui ces maillages à partir de la CAO, la situation reste beaucoup plus complexe pour les représentations discrètes du corps humain. Il n'existe pas à ce jour de méthode reconnue et rapide (l'idéal à atteindre serait le temps quasi-réel) permettant la construction automatique des maillages adaptés aux calculs électromagnétiques d'une personne particulière, par exemple à partir de ses coupes scanner. Le partage d'expériences au sein du LIA doit permettre des avancées significatives en ce domaine.

### **2.2. Optimisation, problèmes inverses, conception**

L'appropriation et l'adaptation de méthodes d'optimisation à nos problèmes spécifiques (processus non trivial) permet d'utiliser ces simulations numériques lourdes en lien avec des processus de conception.

Vu des méthodes numériques, il s'agit de passer des outils d'*analyse d'un dispositif parfaitement spécifié* à l'optimisation de ce dispositif par rapport à un ou plusieurs objectifs. L'effort de recherche partagé pourra porter

en particulier sur l'optimisation robuste (prenant en compte la variabilité, ou la sensibilité aux variations des paramètres).

Le problème industriel est souvent celui de l'efficacité de la conception numérique, face à un problème d'un type donné résolu un grand nombre de fois. Les industriels sont particulièrement désarmés lorsqu'ils doivent choisir la méthode d'optimisation qui convient le mieux ; nos équipes sont bien placées pour travailler à la caractérisation de méthodes d'optimisation optimales pour une classe donnée de problèmes, voire à la mise au point de méthodes d'optimisation adaptatives (face à une famille donnée de problème, elles amélioreraient leur efficacité à mesure qu'elles le résolvent dans un plus grand nombre de réalisations particulières).

Nos différentes équipes ont enfin des compétences complémentaires dans le domaine de la conception de dispositifs ou systèmes, qui portent sur la réflexion méthodologique en amont, sur les méthodes et outils de capitalisation et partage de connaissance, sur les outils d'aide à la conception eux-mêmes, et jusqu'aux réalisations pratiques. Le LIA sera un lieu privilégié de partage d'expériences pour faire progresser les connaissances et compétences à ces différents niveaux.

### **2.3. Matériaux magnétiques, matériaux biologiques : méthodes de caractérisation et d'homogénéisation**

Les matériaux sur lesquels agissent les champs ont souvent des structures microscopiques très compliquées, qui se traduisent expérimentalement par des comportements macroscopiques eux aussi compliqués (hystérésis magnétique, supraconducteurs, tissus biologiques, ...).

Les calculs numériques réalisés en présence de ce type de matériaux ne peuvent s'appuyer sur une description systématique à l'échelle la plus fine ; même si cela était possible, ce ne serait pas efficace en termes de puissance de calcul mise en jeu. Il est donc nécessaire de construire des modèles de comportement adaptés à chaque échelle de modélisation. Ces modèles peuvent être construits à partir de calculs d'équivalence réalisés à l'échelle inférieure (démarche analytique), ou directement à partir de mesures « macroscopiques » judicieusement choisies (démarche phénoménologique). De plus, il existe souvent des invariances géométriques qui permettent de simplifier les modèles numériques.

Si des travaux existent depuis longtemps dans ce domaine, beaucoup reste à faire. En particulier, le spectre des excitations en champ à prendre en compte s'élargit avec les années (fréquences de plus en plus élevées, excitations non sinusoïdales, apparition de micro dispositifs), des matériaux jusqu'ici moins étudiés sont de plus en plus utilisés (composites), et les modèles trop simples des matériaux biologiques ont montré leurs limites.

Le LIA s'intéressera particulièrement à ce lien entre expérimentation et modélisation pour la caractérisation multiéchelle des matériaux complexes, en mettant en commun les compétences en modélisation et mesures, et les dispositifs expérimentaux pour mesure des pertes dans les matériaux magnétiques (champs pulsants, champs tournants) et pour la caractérisation électromagnétique des cellules et tissus biologiques.

### **2.4. Compatibilité électromagnétique**

La cohabitation des différents organes de puissance et de commande d'un dispositif complexe est toujours difficile du point de vue de la Compatibilité Electro-Magnétique (CEM). On constate en effet que le strict respect du cahier des charges CEM pour chaque organe pris individuellement n'est pas une garantie contre les dysfonctionnements du système complet. Classiquement, on apporte a posteriori quelques corrections au système « mal conçu » pour corriger ses plus gros défauts de CEM.

Notre but est, au contraire, d'essayer de tenir compte de la CEM « système » dès le début de la conception.. Ce système sera par exemple un avion complet, ou une salle de soins intensifs d'hôpital, avec prise en compte des positions respectives de tous les sous-systèmes électriques ou électroniques. Il faut pour cela disposer de modèles tridimensionnels rapides pour quantifier les interactions entre les champs électromagnétiques rayonnés par/dans ces différents sous-systèmes. Des difficultés semblables existent pour les perturbations conduites, pour lesquelles il faut alors tenir compte de la géométrie des différents câblages et plans de masse. Ces calculs doivent être réalisés en couplage avec les méthodes de calcul de réseaux de câbles et de circuits électriques (plate-forme logicielle).

Nous nous intéresserons particulièrement à la quantification par la mesure des champs électromagnétiques rayonnés par des organes de différents systèmes électriques et électroniques, afin d'en déduire des modèles équivalents simplifiés, ré-utilisables dans des simulations 3D globales.

Les applications visées concernent typiquement les transports (terrestres, navals, et aériens), et certains systèmes hospitaliers, où les problèmes de CEM peuvent être vitaux, au sens propre.

### 2.5. Champ et santé, bio électromagnétisme

L'intérêt de la communauté du Génie Electrique au Brésil pour la question des effets biologiques des champs électromagnétiques a été démontrée par le succès du workshop organisé à l'EPUSP en 2001 sur ce sujet, et aussi par la venue au Brésil en novembre 2009 de la Conférence internationale EHE.

En France, cette question a un gros impact « sociétal » : organisation au printemps 2009 du « Grenelle des ondes » par le gouvernement français ; multiples manifestations de l'inquiétude du public face aux lignes à haute tension, systèmes WIFI, aux antennes de téléphonie mobile, etc.

Le Laboratoire Ampère a beaucoup investi, au travers de ses équipes « Modélisation » et « Microsystèmes et microbiologie », pour avancer dans la compréhension des mécanismes d'interaction entre champs et cellules, et dans l'adaptation des méthodes de calcul des champs au cas spécifique des champs et courants dans les tissus biologiques. Une partie de ces travaux a déjà profité de collaborations avec l'UFMG, où 2 thèses sont encore en cours sur ce type de sujet. Au-delà de la compréhension des phénomènes mis en jeu, les applications peuvent être normatives (tel dispositif respecte-t-il la norme en rayonnement ? calcul de SAR), ou thérapeutiques (hyperthermie pour le soin de tumeurs cancéreuses).

Mais les applications bio-électromagnétiques vont au-delà de cela : caractérisation électromagnétique au niveau du détail cellulaire (membrane, cytoplasme) ou déplacement de cellules par diélectrophorèse ou électrorotation ; caractérisation expérimentale de l'électroporation sous champ impulsif, applications à la biodépollution ou à la cancérologie ; pile à combustible biologique (production directe d'électricité à partir de bactéries).

Toutes les équipes du LIA peuvent contribuer à ce thème de recherche, qui fait appel aux compétences en formulations numériques (par éléments finis ou autres méthodes), en caractérisation et modèles de matériaux, en couplage thermique, maillage, optimisation, calcul de sensibilité, ...

### 2.6. Actionneurs et machines

L'un des champs d'application privilégié du calcul numérique des champs concerne les calculs pour la conception, le dimensionnement et le diagnostic sur les matériels de réseaux, les actionneurs électromagnétiques et machines tournantes. Les collaborations envisagées au sein du LIA recouvrent évidemment ce thème.

La recherche dans le domaine relatif aux machines électriques couplées au convertisseur statique est arrivée à une certaine maturité du point de vue des applications industrielles classiques. Cependant, pour le développement de nouvelles applications (transports : véhicules électriques ou hybrides, avion « plus » électrique ; micro actionneurs ; ...) c'est un domaine qui soulève de nombreuses questions en raison des exigences relatives au rendement et aux coûts. Ces exigences nécessitent l'optimisation globale de la structure de la machine, de son alimentation et de sa commande, en prenant en compte la complexité des lois de comportement des matériaux.

Il y a donc là deux directions de recherche complémentaires :

- concernant les modèles de l'actionneur lui-même : amélioration des méthodes de modélisation capables de représenter de manière précise son comportement du point de vue électrique, magnétique, thermique et mécanique ; ces méthodes doivent aussi permettre d'établir un modèle simplifié cohérent pour représenter la machine « vue du convertisseur ».
- développement de procédures de conception et d'optimisation pour le dimensionnement de l'ensemble convertisseur/machine à partir d'un cahier de charge donné.

Ces méthodes et procédures de conception seront mises en oeuvre pour des classes de machines présentant de nouvelles topologies magnétiques. On peut par exemple citer les *machines à haute vitesse* de rotation dont les enroulements d'excitation et les aimants permanents sont transférés sur la partie fixe de la machine, permettant une utilisation plus efficace de ces matériaux ; les machines *synchrones sans balais*, les *machines à aimants permanents et flux axial*, les *moteurs linéaires* pour applications pétrolières on-shore, ... Le dimensionnement

optimal de telles machines fait intensivement appel aux techniques les plus modernes d'optimisation et de calcul 3D des champs.

Enfin, plusieurs partenaires du LIA sont liés à des projets concernant une application médicale très pointue : il s'agit d'un actionneur d'assistance cardiaque implanté avec batterie et convertisseurs, rechargeable par induction depuis l'extérieur, ce qui garantit une bonne autonomie au patient : les partenaires partageront leurs compétences pour mener à bien la conception et l'optimisation globale de ce système complexe.

### **3. Stratégie pour les 4 premières années**

La stratégie à mettre en place est essentiellement fondée sur la circulation de l'information scientifique au sein du LIA, qu'il s'agisse des compétences spécifiques établies, ou des dernières avancées réalisées. Les moyens financiers mis à disposition par les tutelles seront avant tout utilisés pour cela.

Elle s'organisera principalement par les moyens suivants :

#### **3.1. Échanges entre personnels permanents autour des « domaines d'excellence » de chaque partenaire.**

L'exemple suivant peut illustrer cette démarche : l'équipe « matériaux magnétiques » d'Ampère a été affaiblie par le départ à la retraite de son initiateur. Elle est aujourd'hui de trop petite taille pour être viable en elle-même. Une partie du Grucad travaille sur des sujets très voisins (par exemple, méthode expérimentale de mesure des pertes fer sous champ tournant, et modèles associés). Un séjour significatif en durée de l'un des chercheurs de ce groupe d'Ampère à Florianópolis, suivie d'un séjour d'une à deux semaines à Lyon d'un chercheur « senior » du Grucad, permettrait non seulement un transfert de connaissances, mais aussi l'initiation d'une réflexion approfondie sur l'évolution des objectifs de l'équipe lyonnaise, comme partie d'un groupe plus vaste.

On pourrait répéter de tels exemples sur plusieurs domaines de compétences présents chez les partenaires du LIA.

#### **3.2. Autour des thèses.**

Les thèses sont le principal lieu de développement de nos connaissances et compétences.

De ce fait, le premier moyen pour commencer à partager les connaissances nouvelles nées au sein du LIA, est de multiplier les Jury croisés, si possible avec un des « rapporteurs » choisi au sein du LIA. Pour les thèses qui ne s'achèveront que dans 2 ou 3 années, on peut aussi proposer un certain suivi préalable du travail.

L'étape suivante, plus efficace, est la multiplication des co-tutelles avec période sandwich.

Enfin, en complément des échanges du paragraphe précédent, il faut proposer des post-doc (« junior » ou « senior ») au sein du LIA.

#### **3.3. Coordination des dépôts de projets.**

Coordonner les dépôts de projets (ANR et Europe côté français ; CAPES-Cofecub / USP-Cofecub ; Fapesp et autres Fondations du côté brésilien ...), et les inscrire autant que possible dans le cadre du LIA.

Avec les échanges de thésards, les accords CAPES-COFECUB ont été jusqu'à ce jour l'une des principales raisons du succès des collaborations entre les partenaires du LIA. Nous devons continuer à utiliser ce levier-là, et pour cela organiser au sein du LIA le meilleur renouvellement possible de ces accords bilatéraux, ou d'accords comparables.

#### **3.4. Vie du LIA**

L'ajustement des objectifs scientifiques du LIA et la mise en place de cette stratégie d'échanges demandent une certaine organisation, qui est de la responsabilité des deux directeurs scientifiques. Ils se feront assister d'un Conseil Scientifique où toutes les composantes du LIA seront représentées (et avec la participation des 2 personnalités extérieures nommées au Comité de pilotage).

Ils organiseront un meeting annuel, avec forte participation des chercheurs du LIA (par exemple en utilisant l'opportunité de l'un des congrès annuel de nos spécialités : Compumag, CEFC, Momag, Numelec, OIPE, ..., et en restant une journée de plus).

## ANNEXE 2 : MOYENS FINANCIERS, ANNEE 2009

PAYS	BUDGET PROPOSE	MONTANT	RESSOURCES	MONTANT
<b>France</b>	Fonctionnement	1 000	Dotation du CNRS	7 500
	Réunions	1 000		
	Missions de courte durée (1 semaine)			
	Missions	5 500		
	<b>Total CNRS</b>	<b>7 500€</b>		<b>7 500€</b>
<b>Brésil</b>	Fonctionnement + petit équipement	9 000R\$	Contrats	
	Réunion / atelier (Meeting Floriano 11/2009)	30 000R\$		
	Missions de courte durée		Dotation CNPq	80 000R\$ (1)
	Missions	41 000R\$		
	Total R\$ Equ Euros	80 000R\$ <b>28 000€</b>		80 000R\$ <b>28 000€</b>
	<b>TOTAL (CNRS +CNPq)</b>	<b>35 500€</b>		<b>35 500€</b>

(1) Chiffre indiqué dans l'appel à projet 08/2008 du CNPq

## ANNEXE 3 : COMPOSITION DES UNITES/EQUIPES, 2009-2012

## 3.1. FRANCE

Noms	Grade	%1	%2	Coût équivalent	Coût environné
<b>Ampère UMR5005</b>					
Burais Noël	PR2	100	50	42 500	76 500
Buret François	PR2	50	25	21 250	38 250
Fabrègue Olivier	IR1	100	100	80 000	144 000
Krähenbühl Laurent	DR2	100	100	82 000	147 600
Nicolas Alain	Prex	50	25	30 250	54 450
Nicolas Laurent	DR1	50	50	51 500	92 700
Perrussel Ronan	CR2	100	100	51 000	91 800
Raulet Marie Ange	MCF	100	50	34 500	62 100
Scorretti Riccardo	CR1	100	100	66 000	118 800
Siauve Nicolas	MCF	100	50	34 500	62 100
Vollaire Christian	MCF	100	50	34 500	62 100
Voyer Damien	MCF	100	50	22 500	40 500
<i>Coût Ampère</i>				<i>550 500</i>	<i>990 900</i>
<b>G2ELab UMR5269</b>					
Cauffet Gilles	MCF	50	25	17 250	31 050
Chadebec Olivier	CR1	100	100	66 000	118 800
Chevalier Thierry	MCF	100	50	22 500	40 500
Clavel Edith	MCF	100	50	34 500	62 100
Coulomb Jean-Louis	PRex	100	50	60 500	108 900
Delinchant Benoit	MCF	100	50	22 500	40 500
Geoffroy Olivier	MCF	50	25	17 250	31 050
Gerbaud Laurent	PR2	50	25	21 250	38 250
Guichon Jean-Michel	MCF	100	50	22 500	40 500
Labie Patrice	IR1	100	100	80 000	144 000
Lebouc Afef	DR2	50	50	41 000	73 800
Maréchal Yves	PR1	50	25	25 750	46 350
Meunier Gérard	DR1	100	100	103 000	185 400
Roudet James	PR1	50	25	25 750	46 350
Schanen Jean-Luc	PR2	50	25	21 250	38 250
Tixador Pascal	PR2	50	25	21 250	38 250
Wurtz Frédéric	CR1	100	100	66 000	118 800
<i>Coût G2ELab</i>				<i>668 250</i>	<i>1 202 850</i>
<b>Coût total</b>				<b>1 218 750</b>	<b>2 193 750</b>
<i>Coût CNRS</i>				<i>637 750</i>	<i>1 147 950</i>

%1 : implication calculée par rapport au temps consacré à la recherche

%2 : implication calculée par rapport au temps de travail.

Pour un personnel CNRS, %1=%2. Pour un enseignant-chercheur, %1=2 x %2

Le **coût équivalent** de la rémunération est le produit du coût moyen annuel du grade (table CNRS) par %2.

Le **coût environné** est calculé en multipliant par 1,8 le coût équivalent des rémunérations.

Les coûts sont donnés en Euros.

## 3.2. BRESIL

Noms	Grade	%
<b>UFSC / GRUCAD</b>		
Bastos J.P.	Pr Tit	50
da Luz Mauricio V.	Pr Adj	100
Jhoe Batistela Nelson	Pr Adj	100
Kuo-Peng Patrick	Pr Ass	100
Sadowski Nelson	Pr Tit	100
Carpes Jr. Walter	Pr Adj	100
Carlson Renato	Pr Eme	50
<b>EP-USP / LMAG</b>		
Sartori Carlos	Pr Inv	50
Silva Viviane Cristine	Pr Ass	100
Cardoso José Roberto	Pr Tit	50
Nabeta Silvio	Pr Ass	100
Lebensztajn Luiz	Pr Ass	100
Chabu Ivan E	Pr Dou	100
<b>UFMG</b>		
da Silva Elson José	Pr Adj	75
Ramirez Jaime Arturo	Pr Ass	50
Vasconcelos João Antônio	Pr Ass	75
Neto Oriane Magela	Pr Ass	75
Mesquita Renato Cardoso	Pr Ass	75
Takahashi Ricardo Hiroshi Calde	Pr Ass	50
Saldanha Rodney Rezende	Pr Ass	50



## ANNEXE 4

### INFRASTRUCTURES ET EQUIPEMENTS

*En plus des moyens de calcul propres de chacun des groupes, et des accès possibles à de gros calculateurs qui existent tant en France qu'au Brésil, chacun des groupes a accès à des équipements expérimentaux susceptibles d'être utilisés dans le cadre du LIA. On peut notamment citer :*

#### **4.1. Ampère UMR5005**

##### 4.1.1. Centre d'essais CEM

- cage de faraday anéchoïque (7mx5mx3m)
- syntoniseur Marconi (9 kHz – 6 GHz) ; amplificateur M2S (10 MHz – 1 GHz)
- matériels de mesure : récepteurs de mesures R&S (9 kHz – 7 GHz), antennes large bande (cornets, log périodiques, biconiques, boucles, fouets), sonde de champ électrique proche M2S (10 kHz – 6GHz; 200 V/m), impédance-mètre vectoriel HP (40 Hz – 110 MHz) avec sondes, RSIL mono et triphasé (3x50 kVA), pince de courant (bande passante : 150 MHz)

##### 4.1.2. Banc de caractérisation de champs magnétiques de fuite basse fréquence.

Table 3D de chez Microcontrôle, capteur magnétorésistif tri-axe Honeywell, (DC+AC, 6 mT, 0-50 kHz), contrôlé par ordinateur via interface HP-IB et Simulink.

##### 4.1.3. Banc de caractérisation de matériaux magnétiques à haute température.

Four (800°C) avec les matériels de mesure associé (en cours d'équipement)

##### 4.1.4. Machines : plate-forme diagnostic 45kW

Banc de machines tournantes 45kW avec dispositifs de mise en place de défauts réversibles sur les rotors, stators, et convertisseurs d'alimentation. Machine à courant continu avec hacheur 4 quadrants et machine spéciale à encoches instrumentées. Mesures électrique, thermique et mécanique.

##### 4.1.5. Banc d'essai pour diélectrophorèse et électrorotation

Système à 4 électrodes, 4 alimentations réglable en fréquence (0Hz – 80MHz) en cohérence de phases ; microscope ; système d'imagerie et de traitement d'image par ordinateur, pour extraction de spectres de diélectrophorèse ou d'électrorotation.

##### 4.1.6. Plate-forme complète de microbiologie (150m<sup>2</sup>)

Plate-forme classique très complète, particulièrement pour l'analyse du génome : station d'hybridation pour puces à ADN, système d'analyse des puces et de robots de manipulations des solutions d'oligosondes. Peut être utilisée par exemple pour l'étude des mutations génétiques liées aux expositions aux champs électromagnétiques.

##### 4.1.6. Centre d'essais haute tension

Double cage de Faraday de (cube de 13m de côté), équipé d'un générateur de chocs normalisés 1MV / 50kJ et de tous les appareils de mesure nécessaires. Permet notamment les expériences en laboratoire concernant les effets sur les bactéries du sol de l'injection dans le sol de courants électriques impulsionnels,.

#### **4.2. G2ELab UMR 5269**

##### 4.2.1. Moyens pour la caractérisation des matériaux magnétiques

- Banc de caractérisation des matériaux magnétiques doux en régime continu sur circuit massif ou feuilleté
- Banc de caractérisation non conventionnelle des matériaux magnétiques doux sur cadre Epstein ou tore: fréquence (qq Hz à qq kHz) et forme d'onde quelconque
- Bobine d'Helmholtz doublement compensées : champ uniforme à qq 10<sup>-4</sup> dans une sphère de 20 mm de diamètre
- Banc de caractérisation (qq 10 kHz à qq 100 kHz) pour applications des matériaux en électronique de puissance
- Divers moyens d'instrumentation de précision : voltmètre, microvoltmètre, résistance étalon, fluxmètre, wattmètre mono et triphasé, impédancemètre, amplificateur faible bruits, ...

#### 4.2.2. Moyen pour l'étude des dispositifs d'électronique de puissance

- Analyseur d'impédances HP gamme de fréquence 10Hz - 100 MHz ; analyseur de spectre ; RSIL
- Banc de caractérisation de champ magnétique rayonné par mesures ponctuelle mobile (antenne boucle mobile suivant trois degrés de liberté)
- Banc de caractérisation de champ magnétique rayonné par filtrage spatial
- Différentes structures de convertisseurs (prototypes et maquettes) et différentes commandes
- Alimentations de puissance 10kW (500 V - 20 A) ou 3 kW (600 V)

#### 4.2.3. Laboratoire de Métrologie Magnétique en Champ Faible (LMMCF)

*Localisation : Herbeys, 15km de Grenoble*

- Simulateur de champ magnétique (20m\*6m\*6m) - 14 cadres hexagonaux en série pour l'axe horizontal ; 3 cadres rectangulaires principaux et 6 auxiliaires, disposés selon trois plans (1 médian et 2 latéraux symétriques) pour les axes vertical et transversal ; chemin de roulement, chariot porte-objet
- plusieurs alimentations Kepco pour les cadres ; sources de référence HP 3245
- 70 capteurs fluxgates, permettant de couvrir les gammes de mesure de 1nT à 100 000 nT et du continu jusqu'à 3kHz.
- des baies d'acquisition rapide 96 voies 16 à 18 bits ; des générateurs étalons,
- un four de traitement magnétique de volume utile 0,7m<sup>3</sup>, permettant de stabiliser ou désaimanter les équipements.
- laboratoire de contrôle de capteurs magnétiques (LCM)

### 4.3. UFSC / GRUCAD

Equipements pour l'étude des matériaux magnétiques :

- RSST (Rotational Single Sheet Tester) : permet l'évaluation des pertes et la caractérisation des tôles soumis à des champs magnétiques tournants. Grâce aux techniques de contrôle employés il est possible d'imposer des inductions ayant des formes d'ondes quelconques indépendant de l'état de saturation du matériau.
- Sources d'alimentation contrôlées pour cadre d'Epstein : capables de caractériser des tôles de matériaux magnétiques soumises à des inductions magnétiques sinusoïdales pure ou avec contenu harmonique.
- Banc de caractérisation des tôles magnétiques BROCKHAUSS: banc de mesure des pertes magnétiques capable d'alimenter avec des inductions sinusoïdales un cadre d'Epstein, un SST (Single Sheet Tester) ou encore des dispositifs magnétiques fermés à l'aide d'une bobine exploratrice.
- Sondes et dispositifs expérimentaux pour la mesure des champs magnétiques basée sur les bobines de Rogowski.

### 4.4. EP-USP / LMAG

Accès privilégié aux gros équipements de plusieurs instituts du campus USP, en particulier de l'IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica) et du IEE (Instituto de Eletrotecnica e Energia), avec par exemple :

- 4.4.1. Laboratoire haute tension, pour essais impulsions d'équipements de distribution électrique
- 4.4.2. Laboratoire de machines électriques
  - Banc permettant les essais jusqu'à 13,8kV/60Hz et 1kV/DC avec frein électrodynamométrique Magtrol
  - Système informatisé d'acquisition de données
  - Divers équipements de caractérisation de matériaux magnétiques
- 4.4.3. Centres d'essais CEM notamment équipés de
  - Cage de Faraday (Lindgren, 5.21m x 3.16m x 2.48m ) double blindage cuivre
  - Générateur d'impulsions 0.2-30 kV
  - Diverses antennes (30MHz - 1GHz)
  - Capteurs de courant (100Hz - 1GHz), capteurs de champ proche
  - Analyseur de spectre (9kHz - 1.8GHz)
  - Oscilloscope HP 54520A, 500 MHz