

COMITE NATIONAL FRANÇAIS DE RADIOELECTRICITE SCIENTIFIQUE  
UNION RADIO SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE  
SIEGE SOCIAL : ACADEMIE DES SCIENCES, 23 QUAI DE CONTI, PARIS 6<sup>EME</sup>



**JOURNEES SCIENTIFIQUES**

# L'ELECTROMAGNETISME, 150-1<sup>\*</sup>

## UNE SCIENCE EN PLEINE ACTION !

**26 ET 27 MARS 2013,**  
**CNAM, 292 RUE SAINT-MARTIN, PARIS 3<sup>EME</sup>**



# PROGRAMME

*\*Le 27 octobre 1864, James Clerk Maxwell adressait à la Royal Society un mémoire de 54 pages intitulé « A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field » à la fois dense et d'une grande clarté. Il présentera ce papier et ses équations devant la Royal Society 6 semaines plus tard, le 8 décembre.*

## **SOMMAIRE :**

– <b>ÉDITORIAL</b>	<b>5</b>
– <b>AGENDA</b>	<b>7</b>
– <b>RESUMES DES COMMUNICATIONS</b>	<b>11</b>
– <b>REMISE DE LA MEDAILLE DU CNFRS A JEAN-PIERRE BERENGER</b>	<b>41</b>
– <b>PRIX URSI</b>	<b>42</b>
– <b>DEVENIR MEMBRE CORRESPONDANT</b>	<b>43</b>
– <b>MODALITES PRATIQUES</b>	<b>45</b>



Les Journées scientifiques 2013 d'URSI-France, placées sous le haut patronage de l'Académie des sciences, ont pour thème « L'électromagnétisme, 150-1 : une science en pleine action ».

L'électromagnétisme, qui sera mis à l'honneur en 2014 pour les 150 ans de la publication du mémoire de James Clerk Maxwell, est une science en pleine vitalité dont la fécondité est attestée par la démonstration théorique et expérimentale récente de nouveaux concepts. S'appuyant sur l'outil mathématique autant que sur la puissance de l'ordinateur, la résolution des équations de Maxwell dans des milieux microscopiques ou macroscopiques souvent complexes offre des perspectives de développements scientifiques aussi bien qu'applicatifs très prometteurs pour le futur.

L'instrumentation, les télécommunications, l'observation spatiale, l'énergie voire la santé constituent quelques exemples parmi les domaines scientifiques ou économiques bénéficiant largement de ces avancées dans le domaine des radiosciences et de l'optique.

Dans ce contexte favorable, les Journées scientifiques 2013 d'URSI-France feront le point et apporteront un éclairage sur quelques thèmes d'actualité en électromagnétisme, parmi lesquels :

- les rayonnements électromagnétiques et les interactions avec la matière ;
- la propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux inhomogènes et les plasmas ;
- la montée en fréquence : des térahertz à l'optique ;
- la télédétection de la Terre et de l'univers en mode passif ;
- les matériaux périodiques et pseudopériodiques et leurs applications en micro-ondes et en optique ;
- la modélisation électromagnétique de systèmes complexes ;
- l'impact de la propagation des ondes sur la ressource spectrale ;
- l'enseignement de l'électromagnétisme.

L'assemblée générale d'URSI France qui se déroulera au cours de ces Journées, permettra de faire un bilan des activités d'URSI-France et également de préparer la prochaine assemblée de l'URSI qui se déroulera en août 2014 à Pékin.

Le programme de ces deux journées devrait permettre à la communauté d'URSI-France de nombreux échanges scientifiques que nous souhaitons très fructueux.



# AGENDA

**Mardi 26 mars 2013**

8h – 9h30	<b>Accueil des participants</b> : Amphi Abbé Grégoire, CNAM, 292 rue Saint-Martin, Paris, 3ème
9h30 – 10h <i>Conf. invitée</i>	<b>Session d'ouverture</b> - <b>Maxwell : une nouvelle vision du monde</b> , D. Maestre
10h–12h	<b>Session : « Les matériaux périodiques et pseudopériodiques et leurs applications en micro-ondes et en optique »</b> Présidents de séance : <b>A. Priou, X. Letarte</b>
<i>10h-10h15</i>	- <b>Métamatériaux à gradient d'indice pour les antennes-lentilles</b> , A. Dhouibi, S.N. Burokur, A. De Lustrac, A. Priou.
<i>10h15-10h30</i>	- <b>Métamatériaux métallo-diélectriques pour l'optique intégrée</b> , N. Dubrovina, X. Le Roux, A. De Lustrac, A. Lupu.
<i>10h30-10h45</i>	- <b>Optique de transformation et Métamatériaux pour l'infrarouge</b> , R. Ghasemi, N. Dubrovina, P.-H. Tichit, A. Degiron, A. Lupu, A. De Lustrac.
10h45-11h15	<b>Pause-café</b>
<i>11h15-11h30</i>	- <b>Conception et caractérisation d'antennes à métamatériaux sur textiles</b> , M. Mantash, A.-C. Tarot, S. Collardey, K. Mahdjoubi.
<i>11h30-11h45</i>	- <b>Imagerie hyperspectrale de la propagation lumineuse dans un cristal photonique à gradient</b> , J. Dellinger, K.-V. Do, B. Cluzel, E. Cassan, F. De Fornel.
<i>11h45-12h</i>	- <b>Antenne « Sabre » à base de métamatériaux</b> , H. Hafdallah-Ouslimani, T. Yuan, A. Priou.
12h-14h	<b>Déjeuner et Assemblée générale d'URSI-France</b>
14h-15h35	<b>Session : « L'impact de la propagation des ondes sur la ressource spectrale »</b> Président de séance : <b>G. El Zein</b>
<i>14h00-14h25</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Sur la propagation des ondes électromagnétiques et son exploitation par des systèmes de communication sans fil</b> , G. El Zein
<i>14h25-14h50</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Performance of Polarized Sensing in Real-World Cognitive Radio Scenarios</b> , A. Panahandeh, C. Oestges, J.-M. Dricot, F. Horlin, P. De Doncker
<i>14h50-15h05</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Mieux analyser les ondes pour mieux communiquer : la radio intelligente</b> , C. Moy, J. Palicot
<i>14h05-15h20</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Antennes reconfigurables pour la radio cognitive et les systèmes MIMO</b> , B. Poussot, J.-M. Laheurte
<i>15h20-15h35</i>	- <b>Application du Retourement Temporel à la transmission par Courant Porteur en Ligne pour la réduction du rayonnement électromagnétique</b> , P. Pagani, A. Mescoco, M. Ney, A. Zeddani
15h35-16h05	<b>Pause-café</b>
16h05-17h45	<b>Session : « La propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux inhomogènes et les plasmas »</b> Président de séance : <b>R. Sabot</b>
<i>16h05-16h30</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Étude de la propagation des ondes dans différents types de plasma via différentes méthodes de simulation avec des illustrations accompagnées de probables futures applications</b> , S. Heurax, F. Da Silva, J. Jacquot, S. Hacquin, L. Colas, N. Teplova, K. Syseova.
<i>16h30-16h45</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Métamatériaux, une solution pour l'ingénierie d'indice complexe</b> , R. Abdeddaim, A. Ourir, J.-M. Geffrin, J. Derosny, G. Tayeb.
<i>16h45-17h</i> <i>Conf. invitée</i>	- <b>Potentialités des plasmas froids pour la reconfigurabilité de dispositifs micro-ondes</b> , J. Sokoloff, O. Pascal, T. Callegari, R. Pascaud, F. Pizzaro, L. Liard, J. Lo, A. Kallel.
<i>17h-17h15</i>	- <b>Development of a European 3D full-wave reflectometer simulation code</b> , S. Hacquin, E. Blanco, G. Conway, S. Heurax, C. Lechte, F. Da Silva, A. Sirinelli.

17h15-17h30	- <b>ARTEMIS-P : code de tracé de rayons en milieu anisotrope et applications en radio astronomie</b> , A.-L. Gautier, B. Cecconi, P. Zarka.
17h30-17h45	- <b>Un spectrographe pour la radioastronomie aux ondes courtes, au voisinage de la coupure ionosphérique</b> , A. Lecacheux, C. Dumez-Viou, K.-L. Klein
18h00-20h00	<b>Remise de la médaille du CNFRS à Jean-Pierre Béranger par Mathias Fink Cocktail</b>

## Mercredi 27 mars 2013

9h-10h30	<b>Session : « La télé-détection de la Terre et de l'univers en mode passif »</b> Présidents de séance : <b>A. Deschamps, M. Dechambre</b>
9h-9h15 <i>Conf. invitée</i> 9h15-9h30 <i>Conf. invitée</i> 9h30-9h45 9h45-10h  10h-10h15 10h15-10h30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Observations radio du Soleil à Nançay : résultats récents et développements</b>, K-L. Klein, A. Kerdraon, A. Lecacheux.</li> <li>- <b>RFI Mitigation in Radio Astronomy: an Overview</b>, R. Weber, G. Hellbourg, C. Dumez-Viou, A.-J. Boonstra, C. Capdessus, K. Abed-Meraim.</li> <li>- <b>Goniopolarimetry: Space-borne Radio Astronomy Imaging Capabilities</b>, B. Cecconi</li> <li>- <b>Modélisation de l'émissivité infrarouge thermique de mers polluées par des nappes d'hydrocarbures pour des vents modérés</b>, N. Pinel, C. Bourlier, I. Sergievskaya.</li> <li>- <b>Rayonnement infrarouge de la surface de mer</b>, H. Li, N. Pinel, C. Bourlier.</li> <li>- <b>Cartographie des Émissions Terrestres Observées par DEMETER depuis l'Ionosphère en EBF, TBF, et MF</b>, M. Parrot</li> </ul>
10h30-11h	<b>Pause-café</b>
10h30-12h	<b>Sessions posters</b> Président de séance : <b>T. Le Bertre</b>
	<p><b><u>Les matériaux périodiques et pseudopériodiques et leurs applications en micro-ondes et en optique</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Conception d'antennes par transformation d'espace</b>, P.-H. Tichit, S.N. Burokur, A. De Lustrac.</li> <li>- <b>Determination of constitutive parameters for chiral homogeneous metamaterials from transmission and reflection coefficients</b>, M. Smierzchalski, K. Mahdjoubi.</li> <li>- <b>Génération et observation de faisceaux plasmoniques non diffractants</b>, J. Lin, J. Dellinger, P. Genevet, B. Cluzel, F. De Fornel, F. Capasso.</li> <li>- <b>Métamatériaux bi-anisotropes sous incidence oblique : une nouvelle approche pour extraire leurs paramètres constitutifs</b>, M. Smierzchalski, K. Mahdjoubi.</li> <li>- <b>Multi-function and multi-polarization Metamaterial-based patch antennas</b>, M. Fanhong, H. Hafdallah-Ouslimani, Y. Duval, A. Priou</li> </ul> <p><b><u>L'impact de la propagation des ondes sur la ressource spectrale</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Analysis and design of miniaturized extremely wide band antenna using characteristic mode theory</b>, M.H. Rabah, D. Seetharamdoo, R. Addaci, M. Berbineau.</li> <li>- <b>ATCEM : ATELIER DE CEMIS Optimisation de l'emploi du spectre</b>, J.F. Legendre.</li> <li>- <b>Communication et Radio Localisation Simultanées en Bande Millimétrique</b>, A. Jafari, L. Petrillo, J. Sarrazin, D. Lautru, P. De Doncker, A. Benlarbi-Delai.</li> <li>- <b>De nouveaux critères d'optimisation</b>, P. Fuexer.</li> <li>- <b>Étude de la propagation des ondes électromagnétiques pour le déploiement des réseaux sans fil à bord d'un bateau</b>, H. Kdouh, G. Zaharia, C. Brousseau, H. Farhat, T. Tenoux, G. Grunfelder, G. El Zein.</li> <li>- <b>Modeling of Shadow Fading Correlation In Urban Environments Using The Uniform Theory of Diffraction</b>, X. Zeng, F. Mani, A. Sibille.</li> <li>- <b>PyLayers : Un outil open-source pour la simulation de la propagation indoor en mobilité de systèmes hétérogènes</b>, B. Uguen, A. Amiot, M. Laaraiedh.</li> <li>- <b>Solution ASF pour un simulateur matériel du canal de propagation MIMO hétérogène</b>, B. Habib, G. Zaharia, G. El Zein</li> </ul>

### La propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux inhomogènes et les plasmas

- **Créer de l'ordre dans un milieu aléatoire : le retournement temporel généralisé et ses applications potentielles**, A. Cozza, F. Monsef.
- **Dynamique de la turbulence dans le tokamak Tore Supra par réflectométrie ultra-rapide**, G. Hornung, F. Clairet, C. Bottereau, G. Falchetto.
- **Electromagnétisme dans les plasmas fortement stratifiés: mise en évidence d'un effet inattendu de l'écrantage de Debye**, V. Bommier.
- **Emission et propagation du rayonnement radio auroral kilométrique de Saturne**, L. Lamy

### La télédétection de la Terre et de l'univers en mode passif

- **Activité solaire, vent solaire et signatures géomagnétiques à Yaoundé (Cameroun) à partir du réseau des stations**, H. Messanga, C. Mbane Biouele.
- **Développement de mélangeur à bolomètre supraconducteur à électrons chauds pour la détection hétérodyne dans le domaine térahertz**, G. Gay, Y. Delorme, R. Lefevre, A. Feret, T. Vacelet, F. Dauplay, J.-M. Krieg, L. Pagani.
- **Etudes de l'Ionosphère équatoriale dans le cadre du réseau de recherche du GIRGEA (Groupe International de Recherche en Géophysique Europe Afrique)**, C. Amory-Mazaudier.
- **Goniopolarimetry with Coupled Electric and Magnetic Measurements**, B. Cecconi, A.-L. Gautier, J. Bergman, T. Chust, A. Marchaudon, C. Cavoit, O. Santolík.
- **Mesures de la permittivité relative complexe d'échantillons granulaires poreux, dans le cadre de la mission Rosetta**, Y. Brouet, A.-C. Levasseur-Regourd, P. Encrenaz, S. Gulkis, M. Gheudin, P. Landry.

### La modélisation électromagnétique de systèmes complexes

- **Analyse Physique des chambres réverbérantes à brassage de modes**, F. Monsef, A. Cozza.
- **Approche milieu effectif dans le domaine optique appliquée à une monocouche de métamatériau sur substrat diélectrique**, N. Dubrovina, S.N. Burokur, R. Ghasemi, A. Degiron, A. De Lustrac, A. Lupu.
- **Diffraction en zone d'ombre pour un problème scalaire : relations entre le principe de Babinet et l'Optique Physique**, G. Kubické, C. Bourlier, N. Pinel, P. Pouliguen.
- **Etude de sensibilité pour des paramètres d'antennes stochastiques**, S. Lalléchère, F. Paladian, P. Bonnet, L. Patier.
- **MKME : Simulation d'un système complexe, de la cavité à l'électronique**, M. Breant.
- **Modèle électromagnétique asymptotique par sommation de faisceaux gaussiens**, J.-M. Darras, T. George, P. Pouliguen.
- **On a preliminary analysis of the electromagnetic small-scale modeling of composite panels: periodic arrangement of circular cylindrical fibers in single slab**, C. Li, D. Lesselier.
- **Ondes nonlinéaires couplant plasmons et solitons : modèles vectoriels et designs réalistes**, W. Walasik, Y. Kartashov, G. Renversez.
- **Superstrat tout Diélectrique Pour le Contrôle de l'Ouverture Angulaire d'une Antenne à Double Polarisation**, M. Clemente, X. Begaud, A.-C. Lepage.

### Les rayonnements électromagnétiques et les interactions avec la matière

- **Capteur de rythme respiratoire par une technique de mesure RADAR CW: réalisation d'un démonstrateur**, R. Yahiaoui, J.-J. Mbra, M. Jouvét, J. Andrieu, M. Lalande, R. Chantalat.
- **Le Challenge de la Dosimétrie Stochastique pour répondre au défi de la Variabilité**, P. Kersaudy, M. Jala, E. Conil, N. Varsier, A. Hadjem, O. Picon, J. Wiart.
- **Nouvelle Antenne Cornet Compacte pour la bande de fréquence 80 GHz**, M. Gueye, Y. Letestu, H. Hafdallah-Ouslimani, A. Priou.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Solution quasi universelle au problème récurrent de la détermination des caractéristiques électromagnétiques de tous types de matériaux dans le domaine des hyperfréquences</b>, E. Georget, R. Abdeddaim, P. Sabouroux.</li> <li>- <b>Transfert de moment angulaire orbital d'une onde EM à un objet macroscopique dans la bande UHF</b>, R. Niemiec, C. Brousseau, O. Emile, K. Mahdjoubi.</li> </ul>
12h-13h30	<b>Déjeuner</b>
13h30-14h40	<b>Session : « L'enseignement de l'électromagnétisme »</b>
13h30-13h55 <i>Conf. invitée</i>  13h55-14h10 <i>Conf. invitée</i> 14h10-14h25 14h25-14h40	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>La recherche en didactique des sciences : Quelles propositions pour l'enseignement - apprentissage à l'université ? Des exemples en physique</b>, P. Briaud.</li> <li>- <b>La Radioastronomie pour tous</b>, P. Caïs, W. D'Anna, B. Quertier.</li> <li>- <b>EUHOUMW, la radioastronomie en classe</b>, A.-L. Melchior, P. Salomé, Y. Libert.</li> <li>- <b>Résonateurs et couplage de modes : un module de Master en interaction forte avec des problématiques de recherche actuelles en laboratoire</b>, Y. Boucher, P. Féron</li> </ul>
14h40-15h55	<b>Session : « La modélisation électromagnétique de systèmes complexes »</b> Présidents de séance : <b>F. Paladian, R. Casagrande</b>
14h40-14h55 14h55-15h10 15h10-15h25 15h25-15h40 15h40-15h55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Analyse des perturbations électromagnétiques induites par un système d'information</b>, C. Kasmi, M. Hélier, M. Darces, E. Prouff.</li> <li>- <b>Caractérisation d'antennes basée sur la méthode du développement en singularités (SEM)</b>, F. Sarrazin, A. Sharaiha, P. Pouliguen, P. Potier, J. Chauveau.</li> <li>- <b>Méthodes de modélisation de la propagation en tunnels courbes</b>, E. Masson, P. Combeau, Y. Cocheril, M. Berbineau, R. Vauzelle.</li> <li>- <b>Conditions de transmission quasi-locales pour des méthodes de décomposition de domaines appliquées à un problème de diffraction</b>, M. Lecouvez, B. Stupfel, P. Joly, F. Collino.</li> <li>- <b>Utilisation du Chaos Polynomial dans le cadre d'un problème d'Homogénéisation</b>, P. Kersaudy, S. Mostarshedi, O. Picon, J. Wiart, B. Sudret.</li> </ul>
15h55-16h15	<b>Pause-café</b>
16h15-17h30	<b>Session : « Les rayonnements électromagnétiques et les interactions avec la matière »</b> , Président de séance : <b>C. Zerrouki</b>
16h15-16h30 <i>Conf. invitée</i>  16h30-16h45  16h45-17h 17h-17h15 17h15-17h30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Mise en évidence expérimentale de la diffusion EM avant ou arrière d'une sphère diélectrique sub-longueur d'onde</b>, J.-M. Geffrin, B. Garcia-Camara, R. Abdeddaim, R. Gomez-Medina, P. Albella, L.S. Froufe-Pérez, C. Eyraud, A. Litman, R. Vaillon, F. Gonzalez, M. Nieto-Vesperinas, J.J. Saenz, F. Moreno.</li> <li>- <b>Conception et optimisation d'antennes large bande destinées au radar à pénétration de sol dans la bande fréquentielle [0.6GHz 3GHz]</b>, P. Aguilera, M. Ait Ou Kharraz, M. Serhir.</li> <li>- <b>Conception d'une antenne adaptée à un RADAR GPR pour une utilisation sur un tunnelier</b>, M. Sow, V. Bertrand, N. Feix, M. Lalande, E. Martinod.</li> <li>- <b>Quantification des performances d'une chambre réverbérante à brassage de modes par détection fréquentielle du régime « quasi-idéal »</b>, A. Adardour, G. Andrieu, A. Reineix.</li> <li>- <b>Méthodes de Caractérisation en Hautes Fréquences des Technologies de Circuits Intégrés en Silicium Dédiées aux Applications TéraHertz et Sub TéraHertz</b>, C. Raya, B. Ardouin</li> </ul>
17h30-18h	<b>Remise du Prix URSI</b>

## RESUMES DES COMMUNICATIONS

Les textes complets sont consultables en ligne sur le site d'URSI-France : <http://ursi-france.institut-telecom.fr>

---

**Mardi 26 mars 2013**

---

**9h30-10h**      **Session d'ouverture**

---

**Maxwell : une nouvelle vision du monde,**

D. Maystre

*Institut Fresnel, Faculté de St Jérôme, 13397 Marseille Cedex 20, France*

Maxwell figure, avec Newton et Einstein, parmi les scientifiques qui ont changé notre vision du monde. A la vision d'un univers formé de particules animées de mouvement a succédé un monde régi par de champs continus et non localisés agissant à distance.

Après un bref survol de la vie de ce fils d'aristocrate écossais, la communication s'attachera d'abord à placer les travaux de Maxwell dans le cadre scientifique de l'époque : qu'a-t-il apporté aux travaux des précurseurs tels que Gauss, Ampère ou Faraday ? Nous noterons que la publication initiale de Maxwell contenait une vingtaine d'équations qu'il est difficile d'identifier aux quatre équations aux dérivées partielles que nous connaissons aujourd'hui. Celles-ci ont été énoncées ultérieurement par Heaviside.

Les équations de Maxwell ont ouvert la voie à une multitude de travaux scientifiques. Au-delà de domaines tels que la radioélectricité ou l'optique, elles ont préfiguré deux bouleversements de la Physique qui ont suivi : la relativité restreinte et la physique quantique.

---

**10h-12h**      Session : « **Les matériaux périodiques et pseudopériodiques et leurs applications en micro-ondes et en optique** »  
Présidents de séance : **A. Priou, X. Letarte**

---

**Métamatériaux à gradient d'indice pour les antennes-lentilles,**

A. Dhoubi<sup>a</sup>, S.N. Burokur<sup>b</sup>, A. De Lustrac<sup>b</sup> et A. Priou<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>LEME, Univ. Paris Ouest, EA 4416, 50, rue de Sèvres, 92410 Ville-d'Avray, France ; <sup>b</sup>IEF, Univ. Paris-Sud, UMR 8622, Centre Scientifique d'Orsay, 91405 Orsay, France*

Des lentilles à gradient d'indice sont proposées pour transformer une onde cylindrique en une onde plane. Ces lentilles sont conçues à partir de l'ingénierie de cellules à métamatériaux sur une large bande de fréquences. Une source adaptée en bande X est utilisée pour exciter les lentilles. Les systèmes antenne-lentille conçues en technologie circuit imprimé sont de faible encombrement et présentent une émission directive dans le plan H. Un très bon accord est observé entre les mesures faites sur les structures antennaires conçues et les simulations numériques.

### **Métamatériaux métallo-diélectriques pour l'optique intégrée,**

N. Dubrovina, X. Le Roux, A. De Lustrac et A. Lupu

*IEF, Univ. Paris-Sud, UMR 8622, Centre Scientifique d'Orsay, 91405 Orsay, France*

Le sujet de cette étude concerne l'exploration, à la fois sur le plan théorique et expérimental, de la possibilité d'utilisation des métamatériaux (MM) pour des applications d'optique intégrée aux longueurs d'onde télécoms ( $\lambda=1.5\mu\text{m}$ ). L'approche considérée consiste à utiliser une structure hybride composée d'une couche de MM à la surface d'un guide d'onde en Silicium. Il est notamment démontré la possibilité d'effectuer l'ingénierie de l'indice effectif et de contrôler le niveau des pertes d'un tel guide d'onde hybride en utilisant des MM métallo-diélectriques de type fils coupés. Les résultats des modélisations (confirmés par des mesures expérimentales) montrent une forte variation de l'indice effective du guide d'onde ( $D_{\text{neff}} \ll \pm 1.4$ ) au voisinage de la fréquence de résonance du MM.

### **Optique de transformation et Métamatériaux pour l'infrarouge**

R. Ghasemi, N. Dubrovina, P.-H. Tichit, A. Degiron, A. Lupu et A. De Lustrac

*IEF, Univ. Paris-Sud, UMR 8622, Centre Scientifique d'Orsay, 91405 Orsay, France*

L'optique de transformation est appliquée à la conception d'un adaptateur de mode entre deux guides dans le domaine des télécoms en proche infrarouge. Le contrôle du profil de mode dans l'adaptateur est réalisé en utilisant un guide d'onde comportant une fine couche de métamatériau insérée entre une couche de  $2\mu\text{m}$  de résine SU8 et un substrat de verre. Nous démontrons en simulation que cette fine couche de métamatériaux réalisée par transformation d'espace permet un contrôle précis de la propagation. Des simulations numériques et des réalisations expérimentales d'un métamatériau multicouche sont réalisées afin de valider la conception du circuit et sa faisabilité.

### **Conception et caractérisation d'antennes à métamatériaux sur textiles**

M. Mantash<sup>a</sup>, A.-C. Tarot<sup>b</sup>, S. Collardey<sup>b</sup> et K. Mahdjoubi<sup>c</sup>

*<sup>a</sup>IETR Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, Campus de Beaulieu - bat.11D, 35042 Rennes, France ; <sup>b</sup>IETR / Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, Campus de Beaulieu - bat.11D, 35042 Rennes, France ; <sup>c</sup>IETR Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, 35042 Rennes, France*

Ce travail décrit l'étude faite sur la conception et la caractérisation d'antennes à métamatériaux sur textiles afin de répondre au cahier des charges du projet ANR / VERSO METAVEST (METAmatériaux pour VESTements intelligents). Tout d'abord, nous avons étudié séparément une structure CMA (Conducteur Magnétique Artificielle) double bande (géométrie double hexagone) utilisée pour des applications Wifi et 4G/LTE. Ensuite, la structure Conducteur Magnétique Artificielle a été associée à une antenne double bande. Nous présentons également des résultats de mesures (coefficients de réflexion, gains et diagrammes de rayonnements).

### **Imagerie hyperspectrale de la propagation lumineuse dans un cristal photonique à gradient**

J. Dellinger<sup>a</sup>, K.-V. Do<sup>b</sup>, B. Cluzel<sup>a</sup>, E. Cassan<sup>b</sup> et F. De Fornel<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>ICB UMR 6303, 9, av. A. Savary, 21078 Dijon, France ; <sup>b</sup>IEF, Université Paris-Sud, 91405 Orsay, France*

Les matériaux artificiels réalisés pour les longueurs d'ondes optiques arrivent à un degré de maturité certain aussi bien dans leurs champs d'études que dans leurs applications. A partir de cristaux photoniques à gradients il est ainsi possible de réaliser différentes fonctions optiques (séparateurs de polarisation, démultiplexeurs...). Nous présenterons donc l'étude théorique de telles structures, leur réalisation ainsi que leur caractérisation. La caractérisation se fera à l'aide d'un microscope en champ proche optique hyperspectrale. L'usage de ce microscope particulier permet des études spectrales fines de composants fortement sensibles à la longueur d'onde. Nous montrerons l'accord entre simulations et mesures en champ proche, démontrant les propriétés particulières de ces structures à cristaux photoniques à gradient.

### **Antenne « Sabre » à base de métamatériaux**

H. Hafdallah-Ouslimani<sup>a</sup>, T. Yuan<sup>a</sup> et A. Priou<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Université Paris Ouest Nanterre, 50 rue de SEVRES, 92410 Ville-d'Avray, France ; <sup>b</sup>LEME, Univ. Paris Ouest, EA 4416, 50, rue de Sèvres, 92410 Ville-d'Avray, France

L'antenne « sabre » est une antenne réseau formée de deux monopôles à polarisation verticale et rayonnement omnidirectionnel, placées de part et d'autre d'un matériau composite sur la dérive d'un avion. L'antenne monopôle compacte ( $H = \lambda/36$ ) utilise une structure métamatériaux comme plan réflecteur. Sur une large bande de fréquence  $> 24\%$  autour de 1,4 GHz, le métamatériau, formé d'une double-couche de surface haute impédance, réfléchit en phase les ondes électromagnétiques (EM) incidentes et forme un conducteur magnétique parfait (CMP). La cellule élémentaire métallique est un patch carré reliée en son centre au plan de masse par un via. Un très bon accord est observé entre les mesures faites sur la structure antennaire conçue et les simulations numériques.

---

**14h–15h35**      Session : « **L'impact de la propagation des ondes sur la ressource Spectrale** »  
Président de séance : **G. El Zein**

---

### **Sur la propagation des ondes électromagnétiques et son exploitation par des systèmes de communication sans fil**

G. El Zein

*IETR INSA Rennes, 20 av des buttes de Coesmes, 35708 Rennes, France*

Les nouveaux systèmes radio mobiles permettent d'intégrer de multiples services tels que le multimédia et l'accès radio large bande. Ces nouveaux systèmes doivent répondre à des exigences fortes en termes de débit, de performances et de coût, dans un contexte général où la ressource spectrale est de plus en plus rare. Le but de cette conférence est de mettre en évidence les principales caractéristiques du canal de propagation dans le cadre imposé par ces nouvelles problématiques, pour ensuite chercher à en tirer parti notamment par des techniques de diversité. Dans un premier temps, un bref aperçu des technologies de communication sans fil sera dressé et quelques nouvelles approches seront présentées, telles que les systèmes multi-antennes (MIMO), l'ultra large bande (UWB), le retournement temporel, les systèmes en bande millimétrique, la localisation des terminaux, ou la réduction des interférences. Ensuite, les différentes méthodes utilisées pour caractériser et modéliser le canal de propagation des ondes radioélectriques seront abordées. Des résultats de mesures et de simulations seront présentés pour différents types d'environnement de propagation (urbain, à l'intérieur des bâtiments,...). Enfin, l'analyse de ces résultats permet

de discuter des possibilités d'intégration de ces nouvelles techniques de transmission sans fil dans les futurs systèmes de communication.

### **Performance of Polarized Sensing in Real-World Cognitive Radio Scenarios**

A. Panahandeh<sup>a</sup>, C. Oestges<sup>b</sup>, J.-M. Dricot<sup>c</sup>, F. Horlin<sup>c</sup> et P. De Doncker<sup>c</sup>,

<sup>a</sup>OPERA ULB/ICTEAM UCL, Av. F. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgique ; <sup>b</sup>ICTEAM UCL, Place du levant 3, 1348 Louvain La Neuve, Belgique ; <sup>c</sup>OPERA ULB, Av. F. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgique

A cognitive radio system relying on multi-polarized sensing is investigated in real-world scenarios. Using a state-of-the-art broadband channel sounder, the cognitive radio channel is measured in an outdoor-to-indoor setup at 3.5 GHz. In the considered scenario, an indoor secondary user equipped with a multi-polarized array senses the signals received from an outdoor primary base station. A channel model is then derived from experimental observations. Finally, the performance of multi-polarized sensing is then compared to classical uni-polarized sensing, based on an analysis of the detection probability behavior as a function of range and propagation characteristics.

### **Mieux analyser les ondes pour mieux communiquer : la radio intelligente**

C. Moy et J. Palicot

*SUPELEC/IETR, Avenue de la Boulaie, CS 47601, 35576 Cesson Sévigné, France*

Le spectre fréquentiel arrive à saturation. La solution consiste depuis 100 ans à déplacer des applications pour faire la place aux nouvelles. La radio intelligente propose aujourd'hui de nouvelles opportunités spectrales que l'on peut atteindre grâce aux progrès technologiques de ces vingt dernières années. Si toutes les bandes de fréquences sont bien allouées, le spectre n'est pas saturé à chaque instant et à chaque endroit. Il y a par conséquent un nouveau moyen pour disposer d'ondes, moyennant une exploitation locale d'opportunités sur une faible échelle de temps. Cela est possible grâce aux nouvelles propriétés d'adaptation que les équipements radio intelligents peuvent avoir, combinées à des capacités de mesures de leur environnement et de moyens de décision. En exploitant les données reçues par l'antenne, la radio intelligente dérive de nouveaux capteurs, issus de calculs du domaine du traitement du signal. Doté de ces moyens d'analyse, une radio intelligente pourra apprendre à connaître son environnement, notamment au niveau électromagnétique, et ainsi anticiper certains choix, comme par exemple celui de la bande à utiliser dans un contexte d'accès opportuniste au spectre. La radio intelligente est ainsi une solution prometteuse pour mieux utiliser les ondes.

### **Antennes reconfigurables pour la radio cognitive et les systèmes MIMO**

B. Poussot et J.-M. Laheurte

*Université Paris-Est, ESYCOM, 5 boulevard Descartes, Champs-sur-Marne, 77454 Marne-La-Vallée Cedex 2, France*

L'apparition de nouvelles applications sans fil entraîne la multiplication des standards de communication. Les ressources fréquentielles disponibles étant limitées et les puissances d'émission étant réglementées pour des questions de sécurité vis-à-vis des personnes, des solutions innovantes doivent être mises en place pour augmenter les performances des transmissions en termes de débit et d'efficacité. L'utilisation d'antennes reconfigurables peut en partie répondre à ces besoins. Une antenne reconfigurable se définit comme un dispositif capable de modifier ses paramètres de fonctionnement (fréquence, bande passante, polarisation, diagramme de rayonnement) de manière dynamique. La reconfigurabilité est

assurée par l'ajout au cœur de l'antenne de dispositifs actifs (RF-MEMS, Diodes, FETs...) ou en réalisant l'antenne directement sur des matériaux électriquement commandables ou « intelligents ». Dans cette étude nous dresserons un état de l'art des développements récents d'antennes reconfigurables. Nous aborderons ensuite les différentes applications de ces dispositifs avec notamment les aspects portant sur la radio cognitive et les systèmes MIMO.

### **Application du Retournement Temporel à la transmission par Courant Porteur en Ligne pour la réduction du rayonnement électromagnétique**

P. Pagani<sup>a</sup>, A. Mescoco<sup>b</sup>, M. Ney<sup>a</sup> et A. Zeddami<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Telecom Bretagne, Technopôle Brest Iroise, CS 83818, 29238 Brest Cedex 3, France ;*

<sup>b</sup>*Orange Labs Networks, 2 avenue Pierre Marzin, 22300 Lannion, France*

Les communications par Courant Porteur en Ligne (CPL) permettent de transmettre des données à haut débit sur le réseau électrique résidentiel. En raison du rayonnement électromagnétique parasite que cette technologie génère, une stricte réglementation s'applique sur les niveaux d'émission autorisés. Cet article propose d'utiliser la technique radio du Retournement Temporel (RT) pour réduire le niveau d'interférence des systèmes CPL. Les mérites de l'application de cette technique du domaine du sans-fil aux systèmes filaires sont d'abord détaillés d'un point de vue théorique, puis cette méthode est étudiée sur la base de mesures expérimentales réalisées dans des habitations en France et en Allemagne. Les résultats montrent que dans 60% des cas, les interférences électromagnétiques peuvent être diminuées de plus de 5 dB.

---

**16h05–17h45** Session : « « **La propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux inhomogènes et les plasmas** »

Président de séance : **R. Sabot**

---

### **Étude de la propagation des ondes dans différents types de plasma via différentes méthodes de simulation avec des illustrations accompagnées de probables futures applications**

S. Heuraux<sup>a</sup>, F. Da Silva<sup>b</sup>, J. Jacquot<sup>c</sup>, S. Hacquin<sup>d</sup>, L. Colas<sup>c</sup>, N. Teplova<sup>e</sup> et K. Syseova<sup>e</sup>,

<sup>a</sup>*Université de Lorraine, IJL, UM, BP 70239, 54506 Vandœuvre, France ;* <sup>b</sup>*Associação EURATOM / IST, IPFN, Av Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal ;* <sup>c</sup>*CEA\_IRFM, Cadarache, IRFM Bat 513, 13108 St Paul Les Durance, France ;* <sup>d</sup>*CEA / DSM / IRFM, Centre de Cadarache, 13108 Saint-Paul-Lez-Durance, France ;* <sup>e</sup>*Ioffé Institute, Ioffé Institute, 194021 St Petersburg, Fédération de Russie*

Comprendre les mécanismes régissant la propagation des ondes dans les plasmas peut s'avérer complexe en particulier s'ils sont magnétisés et turbulents. La prise en compte de différents effets s'effectue, lors des simulations dans différents types de plasma, par un choix adapté d'équations accompagné de conditions aux limites spécifiques. Nous discuterons de ces choix et de l'impact de l'ordre du schéma numérique et du nombre de points par longueur d'onde sur la qualité des évaluations numériques. Une brève revue des sujets d'intérêt actuels portant sur la propagation en plasmas turbulents, incluant en outre les développements de diagnostics, conclut cette présentation.

## **Métamatériaux, une solution pour l'ingénierie d'indice complexe**

R. Abdeddaim<sup>a</sup>, A. Ourir<sup>b</sup>, J.-M. Geffrin<sup>a</sup>, J. Derosny<sup>b</sup> et G. Tayeb<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>Institut Fresnel, Campus de St Jérôme, 13013 Marseille, France ; <sup>b</sup>Institut Langevin, 1, rue Jussieu, 75238 Paris, France ;

L'apparition des métamatériaux au début des années 2000 a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine des interactions onde électromagnétique-matière. Elles ont permis, en prenant comme base de départ des structures simples, de réaliser des fonctions électromagnétiques complexes dans le domaine des micro-ondes et puis plus récemment dans le domaine optique. Ces fonctions sont réalisées grâce à un contrôle fin de l'indice complexe. Effectivement ces structures présentent sous certaines conditions un éventail de possibilités remarquable en termes d'indice de réfraction. L'ingénierie de cet indice peut être réalisée à partir de différentes méthodes de structuration et de construction de ces structures. La diversité des structures à base de métamatériaux offre un large choix de méthodes d'ingénierie d'indice. Cette ingénierie, est réalisée en utilisant les concepts d'homogénéisation, de modèles de Drude, de résonance de Mie, de modes piégés, de modes hybridés, ainsi que de la théorie du couplage. Dans cette étude, nous poserons les bases théoriques de différentes façons de réaliser des métamatériaux et nous mettrons en exergue les notions théoriques qui permettent de manipuler les indices de réfraction. Pour cela nous nous baserons sur les études numériques et expérimentales que nous avons menées dans ce domaine.

## **Potentialités des plasmas froids pour la reconfigurabilité de dispositifs micro-ondes**

J. Sokoloff<sup>a</sup>, O. Pascal<sup>a</sup>, T. Callegari<sup>b</sup>, R. Pascaud<sup>c</sup>, F. Pizzaro<sup>c</sup>, L. Liard<sup>b</sup>, J. Lo<sup>a</sup> et A. Kallel<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, LAPLACE/GRE, Bât. 3R2, 31062 Toulouse Cedex 9, France ; <sup>b</sup>Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, LAPLACE/GREPHE, Bât. 3R2, 31062 Toulouse Cedex 9, France ; <sup>c</sup>ISAE, 10 avenue E. Belin, 31055 Toulouse Cedex 4, France

Nous présentons dans ce papier les travaux menés à Toulouse par des équipes issues des communautés micro-onde et plasma. L'objectif est d'utiliser un ou plusieurs plasmas froids pour rendre un dispositif micro-onde reconfigurable. En effet, la permittivité relative du plasma peut être contrôlée et varier de l'unité jusqu'à des valeurs négatives. L'exploitation de cette propriété s'avère potentiellement très intéressante. En revanche, aux fréquences micro-ondes les pertes électromagnétiques sont importantes. D'autre part, le contrôle de la pression et l'intégration des électrodes au sein d'un dispositif micro-onde requièrent des configurations spécifiques. Dans ce papier nous présentons quelques exemples de résultats obtenus liés à l'intégration de plasmas dans des métamatériaux ou dans des structures planaires ou encore à l'exploitation d'une onde de fuite dans une couche plasma pour effectuer une antenne à balayage.

## **Development of a European 3D full-wave reflectometer simulation code**

S. Hacquin<sup>a</sup>, E. Blanco<sup>b</sup>, G. Conway<sup>c</sup>, S. Heurax<sup>d</sup>, C. Lechte<sup>e</sup>, F. Da Silva<sup>f</sup> et A. Sirinelli<sup>g</sup>

<sup>a</sup>CEA/DSM/IRFM, Centre de Cadarache, 13108 Saint-Paul-Lez-Durance, France ;

<sup>b</sup>Laboratorio Nacional de Fusion, Asociacion EURATOM-CIEMAT, 28040 Madrid, Espagne ; <sup>c</sup>Max-Planck-Institut für Plasmap, EURATOM-Assoziation, D-85748 Garching, Allemagne ;

<sup>d</sup>Université de Lorraine, IJL, UM, BP 70239, 54506 Vandœuvre, France ; <sup>e</sup>Institute for Plasma Research, University of Stuttgart, 70569 Stuttgart, Allemagne ; <sup>f</sup>Associação EURATOM/IST, IPFN, Av Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal ; <sup>g</sup>Euratom/CCFE Fusion Association, Culham Science Centre, OX14 3DB Abingdon, UK

Synthetic diagnostics play a major role in many fields of plasma physics and fusion science. They help in understanding the diagnostic response and in the interpretation of experimental results. Based on the radar principle reflectometry is a versatile diagnostic technique which is widely used in fusion experiments, mainly for the measurement of density profile and density fluctuations. Together with a variety of processes affecting the wave propagation (dispersion, diffraction, scattering, etc.) the main difficulty in the data interpretation comes from multidimensional effects which result from both plasma fluctuations in the transverse directions and divergence in the probing beam. This has motivated, in the last two decades, the development of a large number of "full-wave" reflectometry codes, which rely on numerically solving Maxwell's curl equations in the presence of plasma permittivity tensor. The continuing progress in processor speed has recently opened the way to the development of 3D full-wave reflectometry codes, as for example the one currently being developed by a European consortium of researchers in the frame of the ITM (Integrated Tokamak Modeling) activities of the EFDA (European Fusion Development Agreement) programme. The most recent developments, issues and results achieved with this code will be presented and discussed.

### **ARTEMIS-P : code de tracé de rayons en milieu anisotrope et applications en radio astronomie**

A.-L. Gautier, B. Cecconi et P. Zarka

*LESIA, Observatoire de Paris, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France*

Les techniques de tracé de rayons sont des outils importants dans l'étude de la propagation des ondes radio. Basées sur le calcul de la trajectoire de l'énergie électromagnétique à travers un milieu donné (ionosphère, vent solaire, tokamak, ...), ces techniques permettent de déterminer des solutions approchées des équations de Maxwell. La méthode d'Haselgrove est sûrement la technique la plus utilisée pour les études de propagation des ondes radio dans l'ionosphère terrestre. La forme générale des équations d'Haselgrove permettent d'étendre leur domaine d'application à l'étude de la propagation des ondes radio dans n'importe quel plasma froid magnétisé, milieu répandu à travers tout le système solaire, du vent solaire aux magnétosphères planétaires. Afin de déterminer la trajectoire des ondes radio planétaires à travers cette diversité de milieux, nous avons développé ARTEMIS-P (Anisotropic Ray Tracer for Electromagnetics in Magnetosphere, Ionosphere and Solar wind including Polarization), un code généraliste de tracé de rayons en 3D, basé sur les équations d'Haselgrove, permettant également le calcul de l'état de polarisation le long des rayons. Ce code a déjà permis l'étude de la propagation "au-delà de l'horizon" de la signature radio des éclairs d'orage de Saturne.

### **Un spectrographe pour la radioastronomie aux ondes courtes, au voisinage de la coupure ionosphérique**

A. Lecacheux<sup>a</sup>, C. Dumez-Viou<sup>b</sup> et K.-L. Klein<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>*LESIA, Observatoire de Paris, Observatoire de Meudon, Bat. 14, 5 Place Jules Janssen, 92190 Meudon, France ;* <sup>b</sup>*Station de radioastronomie, Nançay, 18330 Nançay, France*

Le défi majeur que rencontre aujourd'hui la radioastronomie pour sonder l'Univers consiste à devoir s'adapter à l'accroissement de l'utilisation active du spectre électromagnétique par la technologie humaine. Mais cette même technologie procure aussi des ressources pour relever ce défi. Nous présentons ici les premiers résultats obtenus à Nançay avec le Réseau Décamétrique et un spectromètre de type nouveau, robuste aux émetteurs "ondes courtes", et développé dans le but de permettre l'étude de la Couronne Solaire aux fréquences radio les plus basses observables du sol. L'observation radio astronomique dans la gamme des longueurs d'ondes (5-30 MHz, dites "ondes courtes"), est bien sûr limitée vers le bas par la fréquence de coupure ionosphérique, variable entre 5 et 20 MHz à Nançay en fonction de l'activité solaire et de l'heure dans la journée. Mais les observations effectives s'arrêtent généralement à une fréquence minimale plus élevée ( $\sim 30$  MHz), à cause du brouillage par les nombreux émetteurs en propagation directe ou réfléchi. Grâce à l'utilisation de techniques de traitement du signal numérique embarqué et d'algorithmes de filtrage adaptés, le spectromètre délivre en temps réel des spectres très sensiblement améliorés, permettant l'exploration de cette gamme de fréquences, longtemps crue réservée à l'observation radioastronomique depuis l'espace, en satellite ou depuis une base lunaire.

---

**Mercredi 27 mars 2013**

---

**9h-10h30**

Session : « **La télédétection de la Terre et de l'univers en mode passif** »

Président de séance : **A. Deschamps, M. Dechambre**

---

**Observations radio du Soleil à Nançay : résultats récents et développements**

K.-L. Klein, A. Kerdraon et A. Lecacheux

*LESIA, Observatoire de Paris, Observatoire de Meudon, Bat. 14, 5 Place Jules Janssen, 92190 Meudon, France*

La recherche sur la physique de la couronne solaire et ses relations avec l'Héliosphère revêt un intérêt croissant aussi bien pour des questions d'astrophysique que pour la compréhension des interactions entre perturbations solaires et l'environnement spatial de la Terre. La station de radioastronomie de Nançay dispose d'une gamme complète sans pareil d'instruments dans les ondes décimétriques et métriques, émises par la couronne solaire dans une région charnière avec le milieu interplanétaire : le radiohéliographe (NRH), le réseau décamétrique (NDA) et le spectrographe ORFEES. Le NDA va être équipé d'un récepteur capable d'observer dans la gamme 5-30 MHz malgré la présence de nombreux émetteurs ondes courtes.

Dans cette contribution nous nous proposons de décrire comment ces instruments contribuent à la recherche et à la météorologie de l'espace. Cette recherche requiert l'observation des signaux radioélectriques dans une grande gamme de fréquences, et est confrontée à la présence des émetteurs terrestres et spatiaux. Nous illustrerons une approche d'élimination de signaux parasites dans la gamme 5-30 MHz. Mais le nombre croissant d'émetteurs au-dessous de 1 GHz devient très préoccupant et risque de nous rendre aveugles aux émissions produites dans une partie étendue de l'atmosphère solaire.

**RFI Mitigation in Radio Astronomy: an Overview**

R. Weber<sup>a</sup>, G. Hellbourg<sup>b</sup>, C. Dumez-Viou<sup>b</sup>, A.-J. Boonstra<sup>c</sup>, C. Capdessus<sup>a</sup> et K. Abed-Meraim<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>Laboratoire PRISME, université d'Orléans, site Galilée, 12 rue de Blois, 45067 Orléans Cedex, France ; <sup>b</sup>Station de radioastronomie, Nançay, 18330 Nançay, France ; <sup>c</sup>ASTRON, P.O. Box 2, 7990 AA Dwingeloo, Pays-Bas*

Radio astronomy is a passive service and is equipped to observe extremely weak signals from outer space. The sensitivity of current state-of-the-art telescopes is over ten orders of magnitude higher than in most communications systems. Although the radio telescopes are supposed to be located in relatively clean areas, astronomical observations may be still hampered by man-made radio frequency interference (RFI). In this paper we will consider different interference mitigation options. After an overview of techniques already implemented in current radio telescope, we will focus on the innovative possibilities induced by the new generation of radio telescopes. In particular, phased array architecture can lead to interesting spatial filtering approaches. Examples on real data from LOFAR and from Nançay radio telescope will be shown.

## **Goniopolarimetry: Space-borne Radio Astronomy Imaging Capabilities**

B. Cecconi

*LESIA, Observatoire de Paris, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France*

The principles of space-based low frequency radio astronomy (below 50 MHz) are briefly introduced. As the wavelength range considered does not allow the use of focusing systems, goniopolarimetric (or direction-finding) techniques have been developed. These inversion techniques provide the direction of the wave vector, the polarization state and the flux of the observed electromagnetic wave. In case of spatially extended sources, we can also infer the order of magnitude of the apparent source size. These techniques are presented, and their limitations are discussed. An example from a recent study illustrate the techniques and capabilities.

## **Modélisation de l'émissivité infrarouge thermique de mers polluées par des nappes d'hydrocarbures pour des vents modérés**

N. Pinel<sup>a</sup>, C. Bourlier<sup>a</sup> et I. Sergievskaya<sup>b</sup>

*<sup>a</sup>Université de Nantes - IETR, Polytech Nantes, La Chantrerie, Rue Christian Pauc, BP 50609, 44306 Nantes, France ; <sup>b</sup>Institut de Physique Appliquée, Ulyanova st. 46, 603600 Nizhny Novgorod, Fédération de Russie*

La détection, l'identification et la quantification de nappes d'hydrocarbures à la surface de la mer sont essentiels dans la lutte contre les pollutions maritimes, afin d'enrayer de telles pollutions. En infrarouge, comme la longueur d'onde électromagnétique est de l'ordre de grandeur de l'épaisseur  $H$  des nappes d'hydrocarbures, la réponse électromagnétique est potentiellement sensible à l'épaisseur  $H$  de la nappe. Ceci permet d'envisager, contrairement aux longueurs d'ondes centimétriques, la quantification de la pollution. Ainsi, cette étude s'intéresse à l'émissivité infrarouge (IR) thermique de mers propre et polluée, en considérant l'approximation de l'optique géométrique (OG). Le phénomène de multiples réflexions par la même interface est négligé, ce qui limite l'application du modèle à des vents modérés. En revanche, le phénomène de multiples réflexions entre les 2 interfaces de la nappe d'hydrocarbure est pris en compte.

## **Rayonnement infrarouge de la surface de mer**

H. Li, N. Pinel et C. Bourlier

*Université de Nantes - IETR, Polytech Nantes, La Chantrerie, Rue Christian Pauc, BP 50609, 44306 Nantes, France*

L'émissivité et la réflectivité d'une surface de mer sont des paramètres importants dans le domaine océanique. Pour des angles d'observation rasants (proche de l'horizon), ces quantités dépendent fortement de la rugosité de la surface de la mer qui induit les phénomènes d'ombrage et de réflexions multiples. Cependant, les réflexions multiples sont souvent négligées, ce qui conduit à une perte d'énergie lorsqu'on étudie le critère de conservation de l'énergie. Cet article a pour but de modéliser analytiquement l'émissivité et la réflectivité d'une surface de mer sous l'approximation de l'optique géométrique en prenant en compte l'effet de l'ombrage et des réflexions multiples. Le modèle est validé par une méthode de tracé de rayons de Monte-Carlo. De bons accords sont observés. Le critère de conservation de l'énergie est donc examiné. Il est satisfait pour des angles d'observation faibles à modérés lorsque seules l'émissivité directe et la réflectivité avec une réflexion sont considérées. Nous avons montré qu'après la prise en compte de l'émissivité avec une réflexion et de la réflectivité avec deux réflexions, le critère de conservation de l'énergie est mieux satisfait.

## **Cartographie des Émissions Terrestres Observées par DEMETER depuis l'Ionosphère en EBF, TBF, et MF**

M. Parrot

*LPC2E/CNRS, 3A Avenue de la Recherche, 45071 Orléans, France*

Ce papier présentera les cartes des ondes électromagnétiques provenant de la Terre qui ont été observées pendant la mission de jour, de nuit, et pendant les différentes saisons par le microsatellite DEMETER. Le satellite était placé sur une orbite polaire, héliosynchrone, et circulaire d'altitude 710 km. Les ondes observées sont principalement dues à l'activité orageuse et à l'activité humaine. Elles se propagent par rebond dans le guide Terre-ionosphère. Mais l'ionosphère n'est pas régulière et ces ondes peuvent aussi traverser l'ionosphère et être observées par un satellite.

---

**10h30–12h**

**Session posters**

Présidents de séance : **T. Le Bertre**

---

## **Les matériaux périodiques et pseudopériodiques et leurs applications en micro-ondes et en optique**

### **Conception d'antennes par transformation d'espace**

P.-H. Tichit, S.N. Burokur et A. De Lustrac

*IEF, Univ. Paris-Sud, UMR 8622, Centre Scientifique d'Orsay, 91405 Orsay, France*

La transformation de coordonnées spatiales est une méthode mathématique qui permet de concevoir de nouveaux types de systèmes électromagnétiques. Dans cet article nous exposons les résultats de ce concept au travers de plusieurs types d'antennes conçues : une antenne ultra-directive, une antenne azimutale, une antenne isotrope et une antenne miniature. Toutes les formulations théoriques sont validées par des simulations numériques. Des modèles d'implémentations de ces dispositifs via l'utilisation de métamatériaux sont aussi proposés. Des mesures effectuées sur les prototypes réalisés montrent l'intérêt de cette méthode pour la conception d'antennes nouvelle génération.

### **Determination of constitutive parameters for chiral homogeneous metamaterials from transmission and reflection coefficients**

M. Smierzchalski<sup>a</sup> et K. Mahdjoubi<sup>b</sup>

*<sup>a</sup>IETR, Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, Campus Beaulieu - bât. 11D, 35042 Rennes, France ; <sup>b</sup>IETR Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, 35042 Rennes, France*

In the proposed paper is shown a novel approach of determination of constitutive parameters for bi-isotropic chiral metamaterials. The equivalent model of medium is described with permittivity, permeability and chirality which are needed to be retrieved from the transmission and reflection coefficients of the chiral slab. The electromagnetic coupling in bi-isotropic media leads to handedness and two left and right handed propagation constants. As well this property leads to cross term of transmission coefficient and allows to retrieve constitutive parameters.

## **Génération et observation de faisceaux plasmoniques non diffractants**

J. Lin<sup>a</sup>, J. Dellinger<sup>b</sup>, P. Genevet<sup>a</sup>, B. Cluzel<sup>b</sup>, F. De Fornel<sup>b</sup> et F. Capasso<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>Harvard University, School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, MA 02138, USA ; <sup>b</sup>ICB UMR 6303, 9, av. A. Savary, 21078 Dijon, France

The expansion of the transverse dimension of a propagating wave, a phenomenon originating from diffraction, is ubiquitous for all kinds of waves including sound, electromagnetic, and even matter waves. In optics, several techniques have been proposed to counterbalance this effect, for example, by considering the family of so-called diffraction-free beams which have a transverse intensity distribution independent of the propagation distance. Because of their wave nature, surface plasmon polaritons (SPPs) also undergo diffraction in the plane of the interface, which is an additional source of coupling loss between onchip components. To address this issue, plasmonic Airy beams (PABs) have recently been introduced. In this work, we introduce a new surface wave, the Cosine-Gauss beam, which does not diffract while it propagates in a straight line and tightly bound to the metallic surface for distances up to 80  $\mu\text{m}$ . The generation of this highly localized wave is shown to be straightforward and highly controllable, with varying degrees of transverse confinement and directionality, by fabricating a plasmon launcher consisting of intersecting metallic gratings. Cosine-Gauss beams have potential for applications in plasmonics, notably for efficient coupling to nanophotonic devices, opening up new design possibilities for next-generation optical interconnects.

## **Métamatériaux bi-anisotropes sous incidence oblique : une nouvelle approche pour extraire leurs paramètres constitutifs**

M. Smierzchalski et K. Mahdjoubi

IETR, Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, Campus Beaulieu - bât. 11D, 35042 Rennes, France

A systematic approach is presented for the extraction of constitutive parameters from the transmission and the reflection coefficients. The relation is obtained by defining propagation constant and wave admittances in terms of constitutive parameters of the bi-anisotropic medium (lattice of split ring resonators). In the method, the oblique incidence excitation is employed as a mean to retrieve all the constitutive parameters of the medium. For oblique propagation purpose a new coordinate system (kDB coordinates) is specified to avoid the problem of difference between the Poynting vector and propagation constant vector.

## **Multi-function and multi-polarization Metamaterial-based patch antennas**

M. Fanhong<sup>a</sup>, H. Hafdallah-Ouslimani<sup>a</sup>, Y. Duval<sup>b</sup> et A. Priou<sup>c</sup>,

<sup>a</sup>Université Paris Ouest Nanterre, 50 rue de SEVRES, 92410 Ville-d'Avray, France ;

<sup>b</sup>EADS/IW- European Aeronaut, 12 rue Pasteur, BP 76, 92152 Suresnes, France ;

<sup>c</sup>LEME, Univ. Paris Ouest, EA 4416, 50, rue de Sèvres, 92410 Ville-d'Avray, France

Multi-function and multi-polarization antennas are today widely studied to satisfy demands for polarization diversity and dual-band operation [1-2]. To obtain these characteristics, patch antennas appear to be very attractive since they have interesting features such as low profile, light weight, and easy manufacturing. For aeronautical purposes, we study here a patch antenna allowing to group, on a single substrate, two very different functions. The first function is the GPS one, operating at a frequency of 1.57 GHz and radiating with an omnidirectional pattern and circular polarization. The second function is the DME (Distance

Measuring Equipment) one, operating around 1.1 GHz and radiating with a monopolar-equivalent pattern and vertical polarization. Based on numerical simulations, we propose a design of a patch antenna with three input ports, first one located at the center of the patch allowing to have a monopolar vertically-polarized radiation pattern, and the two others located in the middle of two adjacent edges and fed in phase quadrature giving a quasi-omnidirectional circularly-polarized radiation pattern. A metamaterial High Impedance Surface (HIS), optimized so that it can operate at the two frequencies, is then added above the patch in order to enhance the gain and the adaptation of the multi-function antenna.

## **L'impact de la propagation des ondes sur la ressource spectrale**

### **Analysis and design of miniaturized extremely wide band antenna using characteristic mode theory**

M.H. Rabah, D. Seetharamdoo, R. Addaci et M. Berbineau

*IFSTTAR, LEOST, 20, Rue Elisée Reclus, 59650 Villeneuve D'Ascq, France*

A planar extremely wide band antenna is designed and simulated. The proposed antenna is a printed elliptical slotted monopole antenna with a triangular ground plane, fed by semi-ring triple feed followed by a tapered CPW line. The frequencies covered for a VSWR  $\leq 2$  extends from 0.65 GHz to 12 GHz with stable radiation patterns to guaranteeing minimal pulse distortion. This configuration has been achieved by analyzing the currents on the antenna by means the characteristic mode theory. Both numerical and experimental results are presented. This miniaturized antenna (largest dimensions of the order of  $0.14 \lambda$ ) is a good candidate for wide band spectrum sensing in the context of cognitive radio applications.

### **ATCEM : ATELIER DE CEMIS Optimisation de l'emploi du spectre**

J.-F. Legendre

*DGA Maitrise de l'information, la roche marguerite, 35700 Bruz, France*

Le développement des technologies ainsi que l'accroissement des besoins en systèmes ou fonctions radioélectriques nécessitent de plus en plus de ressources spectrales, et entraînent des problèmes de compatibilité électromagnétique inter-système. Faute de traitement ces problèmes peuvent se traduire par la dégradation des performances des systèmes. Il est donc nécessaire d'optimiser l'emploi des bandes de fréquences militaires et de déterminer au plus tôt les solutions aux problèmes de partage de bandes de fréquences entre systèmes. Il faut identifier et traiter les risques de perturbations radioélectriques entre systèmes militaires et entre systèmes civils et militaires, lors des déploiements opérationnels

ATCEM est un outil d'expertise permettant de réaliser des études afin :

- d'évaluer/coordonner des nouveaux équipements dans des environnements radioélectriques réalistes,
- d'aider à identifier des solutions de partage,
- d'évaluer les contraintes (fréquences, distance, temps) de cohabitation entre systèmes pour limiter les conséquences des interférences (pertes de performances...),
- d'évaluer des quantités de spectre nécessaire au fonctionnement d'un équipement.

## **Communication et Radio Localisation Simultanées en Bande Millimétrique,**

A. Jafari<sup>a</sup>, L. Petrillo<sup>b</sup>, J. Sarrazin<sup>a</sup>, D. Lautru<sup>a</sup>, P. De Doncker<sup>c</sup> et A. Benlarbi-Delai<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>UPMC Univ Paris 06, UR2, L2E, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France ; <sup>b</sup>OPERA Dpt-Wireless communication, Bruxelles, 1050 Belgique, 1050 Bruxelles, Belgique ; <sup>c</sup>OPERA ULB, Av. F. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgique

Parmi les solutions envisager pour contribuer à améliorer l'efficacité spectrale, l'exploitation de la ressource spatiale est insuffisamment prouvée. Nous proposons ici, Une nouvelle méthode de localisation en milieu indoor pour communications à 60 GHz basée sur l'extraction de la TDOA. La nouveauté de l'approche proposée réside dans sa capacité à extraire la TDOA tout en assurant simultanément une communication très haut débit utilisant des signaux UWB OFDM. L'amélioration de la précision de localisation est également étudiée via une approche multi-bandes profitant ainsi de l'ensemble du spectre alloué aux communications 60 GHz. L'ensemble de cette étude se fait dans le cadre des spécifications de l'alliance WiGig.

## **De nouveaux critères d'optimisation,**

P. Fuerxer

*Retraité de l'armement, 13 rue de la Croix Boisée, 77760 Nanteau Sur Essonne, France*

La gestion du spectre a été faite par l'application de règles juridiques strictes qui ont permis le respect des matériels en services. Les systèmes nouveaux doivent être compatibles avec le scénario de déploiement souhaité. Il importe de savoir faire le meilleur choix entre les techniques sur la base d'une meilleure connaissance des limites physiques : la propagation et la compatibilité électromagnétique intra et inter systèmes. Le recours à de grandes simulations ne peut conduire à une optimisation crédible. Il nous faut donc rechercher des lois macroscopiques permettant de lier les performances globales des systèmes à un ensemble de paramètres statistiques. Ceci passe par l'abandon des concepts anciens et le choix de nouveaux critères, fondés sur des estimations statistiques spatio-temporelles de la propagation et de l'occupation spectrale, permettant une prévision de la qualité de service du système final, dans son environnement réel et d'évaluer la compatibilité inter-systèmes. Le présent exposé se propose de montrer comment aborder la recherche des lois statistiques capable de décrire l'environnement de plus en plus instationnaire des systèmes en raison de la fluctuation du trafic, de la mobilité des terminaux et des algorithmes d'adaptativité mis en œuvre.

## **Étude de la propagation des ondes électromagnétiques pour le déploiement des réseaux sans fil à bord d'un bateau**

H. Kdouh<sup>a</sup>, G. Zaharia<sup>a</sup>, C. Brousseau<sup>b</sup>, H. Farhat<sup>a</sup>, T. Tenoux<sup>c</sup>, G. Grunfelder<sup>a</sup> et G. El Zein<sup>a</sup>

<sup>a</sup>IETR INSA Rennes, 20 av des buttes de Coesmes, 35708 Rennes, France ; <sup>b</sup>IETR Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, 35042 Rennes, France ; <sup>c</sup>Siradel, 3 Allée Adolphe Bobierre, 35000 Rennes, France

Afin de déployer des réseaux de communications sans fil (WLAN, WSN, téléphone sans fil) à bord des navires, une étude de la propagation des ondes électromagnétiques (EM) est nécessaire dans cet environnement particulier. En effet, les communications sans fil à l'intérieur d'un bateau peuvent être sévèrement limitées par la structure métallique des ponts, des cloisons et des portes étanches. Cet article présente une étude expérimentale de

la propagation des ondes EM à bord des navires. Des mesures en porteuse pure, visant à déterminer la couverture radioélectrique pour des environnements typiques, ont été réalisées à bord d'un ferry. Ensuite, d'autres mesures, consistant en une caractérisation doublement directionnelle du canal de propagation en utilisant un sondeur MIMO (Multiple Input Multiple Output), ont été réalisées. Les mesures MIMO visent à déterminer les principales directions de propagation des ondes EM dans des scénarios typiques, tels que la communication entre des pièces adjacentes (à travers des portes étanches métalliques), les ponts adjacents, ou entre les cabines des passagers et les couloirs.

### **Modeling of Shadow Fading Correlation In Urban Environments Using The Uniform Theory of Diffraction,**

X. Zeng<sup>a</sup>, F. Mani<sup>a</sup> et A. Sibille<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Telecom ParisTech, 46 Rue Barrault, F402, Dept. COMELEC, 75013 Paris, France ;

<sup>b</sup>Telecom ParisTech, 46 Rue Barrault, 75013 Paris, France

Shadow fading is a well known problem in wireless sensor networks (WSN) and ad hoc networks since the communicating devices often are at street-level where the surrounding buildings often obstruct incoming radio waves. Therefore, accurately modeling shadow fading is an important requirement for the optimal design of such networks. Because the height of building is the most important parameter to calculate diffraction loss, the correlation of building heights on two close paths may influence the correlation of shadow-fading. In this paper, we first assume that the building heights follow an exponentially correlated Gaussian distribution, and then investigate shadow fading correlation through the uniform theory of diffraction (UTD). The result shows that the correlation of shadow fading stems from multiple exponential decay functions. Considering that the buildings near RX and TX are dominant contributors to shadow fading, a multiple (double in particular) exponential decay function is expected to better model the correlation than a single exponential.

### **PyLayers : Un outil open source pour la simulation de la propagation en mobilité à l'intérieur de bâtiments orienté localisation**

B. Uguen, A. Amiot et M. Laaraiedh

*IETR, Campus de Beaulieu Bat 11D, 35043 Rennes, France*

In this paper is introduced PyLayers, a new open source radio simulator built to tackle indoor localization problem. It has been designed to simulate complete dynamic scenarios including the realistic movement of persons inside a building, the transmission channel estimation for multiple radio access technologies and the position estimation relying on location-dependent parameters originated from the simulated OSI physical layer. The channel is estimated by using either a fast graph-based ray tracing method or an enhanced COST 231 Multi-wall model. From these simulated data, location dependent parameters, such as received power or time of arrival, can be deduced. The realistic movement of persons into the building layout is modelled with a virtual forces approach. The simulated data can be directly used with one of the built-in localization algorithms or be exported to various standards extensions including Matlab. For further information please visit our website <http://www.pylayers.org>

## **Solution ASF pour un simulateur matériel du canal de propagation MIMO hétérogène**

B. Habib, G. Zaharia et G. El Zein

*IETR INSA Rennes, 20 av des buttes de Coesmes, 35708 Rennes, France*

Un simulateur matériel permet de reproduire un canal radio souhaité et de tester au laboratoire divers systèmes de radiocommunications. Le changement des environnements est nécessaire pour simuler le canal de propagation hétérogène d'une manière continue. Cet article présente un simulateur matériel pour un scénario qui consiste à suivre une personne qui utilise le WLAN 802.11ac et se déplace d'abord d'un environnement bureautique vers un environnement indoor moyen, puis indoor large. Les réponses impulsionnelles du canal peuvent être obtenues à l'aide d'un sondeur de canal MIMO. Cependant, dans cet article, nous utilisons les modèles de canal TGn standardisés. L'architecture proposée est mise en œuvre sur un FPGA Virtex-IV. La précision, le taux d'occupation sur le FPGA et la latence de cette architecture sont analysées. Une solution d'amélioration de la précision basée sur un facteur d'échelle automatique (Auto-Scale Factor : ASF) est également présentée.

## **La propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux inhomogènes et les plasmas**

### **Créer de l'ordre dans un milieu aléatoire : le retournement temporel généralisé et ses applications potentielles**

A. Cozza<sup>a</sup> et F. Monsef<sup>b</sup>

*<sup>a</sup>SUPELEC, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif sur Yvette, France ; <sup>b</sup>L2S, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif sur Yvette, France*

La contraposition actuelle entre moyens d'essai de type anéchoïque et réverbérant est remise en question par l'introduction récente d'une technique de retournement temporel généralisée, permettant la virtualisation de sources arbitraires. Il a été ainsi possible d'émuler une propagation simple dans un environnement complexe. Nous avons donc pu profiter des avantages respectifs des chambres anéchoïques et réverbérants ; bien plus important, cette nouvelle technique permet d'envisager des nouvelles applications de test non réalisable aujourd'hui, basées sur la génération temps-réel de fronts d'onde arbitraire avec un nombre très limité de sources, idéalement une seule. Nous rappellerons le parcours qui nous a conduit à ce développement, et les applications que nous comptons développer prochainement.

### **Dynamique de la turbulence dans le tokamak Tore Supra par réflectométrie ultra-rapide**

G. Hornung, F. Clairet, C. Bottereau et G. Falchetto

*CEA, IRFM, F-13108 Saint-Paul-Lez-Durance, France*

La réflectométrie est une technique radar qui consiste à sonder le plasma à l'aide d'ondes électromagnétiques. L'onde se propage dans le plasma jusqu'à atteindre une couche dite de coupure où elle est réfléchi. Dans cette couche, la fréquence de l'onde est égale à la fréquence de coupure, qui dépend de la densité du plasma. Un balayage continu en fréquence permet de sonder le plasma du bord du tokamak jusqu'au centre et aussi de mesurer à partir du déphasage les temps de propagation comme pour un radar FM-CW. Les réflectomètres du tokamak Tore Supra sont construits à partir de sources solides (VCO) et de multiplicateurs de fréquence. Les récents développements, réalisés sur les réflectomètres

bande V (50-75 GHz) et W (75-110 GHz) permettent désormais des balayages très rapides (2 $\mu$ s) avec des temps morts entre balayages de 1 $\mu$ s. Ainsi, en réalisant des balayages successifs, il est possible d'accéder avec une très bonne résolution spatiale (millimétrique) à la dynamique temporelle de la densité du plasma et de la turbulence. Les fluctuations de densité au voisinage de la couche de coupure engendrent en effet des fluctuations de phases et d'amplitudes mesurables à partir du signal de l'onde réfléchie.

### **Électromagnétisme dans les plasmas fortement stratifiés : mise en évidence d'un effet inattendu de l'écrantage de Debye**

V. Bommier

*LESIA, Observatoire de Paris, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France*

Le milieu fortement stratifié étudié ici est la photosphère solaire, couche superficielle d'environ 300 km d'épaisseur d'où est émis le rayonnement reçu sur terre. Ce milieu est un plasma d'hydrogène de température élevée (5000 K) mais faiblement ionisé. Le champ magnétique joue un rôle important sur le mouvement des particules chargées, et on le mesure par interprétation de l'effet Zeeman visible en spectropolarimétrie du rayonnement. Toutes les mesures, de différentes raies spectrales, instruments, méthodes d'inversion, concluent à un gradient vertical dBz/dz de l'ordre de 3 G/km, tandis que le gradient horizontal dBx/dx+dBy/dy est trouvé de l'ordre de 0.3 G/km (taches solaires). Il s'ensuit une difficulté pour assurer la nullité de divB par combinaison de ces deux nombres. Le problème résiste à l'analyse fine des observations : éventualité de structures non résolues, effet de l'intégration sur la ligne de visée. Il sera montré que l'écrantage de Debye dans un plasma fortement stratifié peut être une explication. La stratification forte rend les vitesses du fluide anisotropes ce qui aplatit la sphère de Debye. Cet écrantage réalise alors une disparition anisotrope du champ créé par les courants, qui est une alternative à l'existence de monopoles magnétiques pour expliquer la non-nullité de divB, c'est-à-dire la non-conservation du flux.

### **Émission et propagation du rayonnement radio auroral kilométrique de Saturne**

L. Lamy

*LESIA, Observatoire de Paris, 5, Place Jules Janssen, 92190 Meudon, France*

La mission Cassini a traversé pour la première fois la région source du rayonnement radio auroral kilométrique de Saturne le 17 Octobre 2008. A cette occasion, l'instrument ondes a pu observer des sources radio à la fois localement et à distance (déterminant leur flux, direction d'arrivée, polarisation), tandis que les paramètres du plasma étaient mesurés par les instruments champ et particules de la sonde. Cette étude s'intéresse aux propriétés des ondes radio aurorales à leur lieu d'émission (modes, diagramme de rayonnement, polarisation), et à leur évolution au cours de leur propagation dans le plasma magnétosphérique ambiant.

### **La télédétection de la Terre et de l'univers en mode passif**

#### **Activité solaire, vent solaire et signatures géomagnétiques à Yaoundé (Cameroun) à partir du réseau des stations <<amber magnetometer>>**

H. Messanga et C. Mbane Biouele

*Université de Yaoundé I, BP 812, BP 812 Yaoundé I, Cameroun*

L'étude et la prévision des effets de l'activité solaire sur la Terre et ses impacts sur les activités humaines sont en plein essor en Occident depuis les années 1957 et

progressivement en Afrique depuis la dernière décennie. Le continent Africain demeure à l'écart de cette révolution à cause du manque d'instruments de mesures appropriés. C'est ce qui justifie l'organisation des campagnes de mesures géospatiales sur le court et long terme par la communauté scientifique internationale et l'implantation des sites de plus en plus nombreux en Afrique. Dans le but d'acquérir une compréhension globale et complète des processus qui régissent l'électrodynamique de l'ionosphère équatoriale, l'installation des magnétomètres en Afrique est essentielle. Les stations d'acquisition de données géomagnétiques automatiques dénommées " AMBER " se déploient progressivement en Afrique, dans le but de combler le vide qui existait jusqu'alors. L'une de ces stations est abritée par le Département de Physique de l'Université de Yaoundé I (Cameroun). Dans ce travail, nous exploitons les données mesurées par cette station, afin d'acquérir une connaissance de la météorologie magnétique du site de mesure (ville de Yaoundé et ses environs) et de déceler la saison des orages durant la période comprise entre le 1er Janvier et le 31 Décembre 2011.

### **Développement de mélangeur à bolomètre supraconducteur à électrons chauds pour la détection hétérodyne dans le domaine térahertz**

G. Gay, Y. Delorme, R. Lefevre, A. Feret, T. Vacelet, F. Dauplay, J.-M. Krieg et L. Pagani  
*Observatoire de Paris - LERMA, 61 Avenue de l'Observatoire, 75014 Paris, France*

Les futures applications de détection dans le domaine térahertz nécessitent de développer de nouveaux récepteurs submillimétriques à supraconducteur, permettant de combiner une très haute résolution spectrale avec des températures de bruits de récepteur approchant la limite de bruit quantique. Il s'agit d'un bolomètre à électrons chauds (HEB). Le matériau supraconducteur est un film extrêmement fin (3-5 nm d'épaisseur) de nitrure de niobium (NbN). Un des intérêts majeurs des HEB est qu'ils ne sont pas limités en fréquences, contrairement à d'autres technologies (SIS par exemple). C'est également le composant le plus sensible pour des fréquences au-delà de 1 THz. L'acheminement du signal jusqu'au composant se fait soit par un guide d'onde ou, dans un système quasi-optique, par une lentille. Le problème avec les guides d'ondes c'est que plus la fréquence sera élevée plus le guide devra être petit et donc difficile à fabriquer. En ce qui concerne les systèmes quasi-optiques classiques, les lentilles engendrent des pertes du signal. Pour contourner ces difficultés, le LERMA développe une nouvelle technique. Le mélangeur HEB et son antenne sont fabriqués sur une membrane diélectrique de 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur. Un réflecteur focalisant placé derrière la membrane permet de coupler le rayonnement à l'antenne.

### **Études de l'ionosphère équatoriale dans le cadre du réseau de recherche du GIRGEA (Groupe International de Recherche en Géophysique Europe Afrique)**

C. Amory-Mazaudier

*LPP/CNRS, 4 Avenue de Neptune, 94107 Saint-Maur-Des-Fossés, France*

Durant les deux dernières décennies, les études de l'ionosphère équatoriale se sont développées dans le cadre de projets internationaux tels que AHI (Année Héliophysique Internationale) et ISWI (International Space Weather Initiative) en relation avec la physique du soleil. Cette présentation synthétise les principaux résultats obtenus par le réseau GIRGEA. Ces résultats concernent entre autres : - la découverte des variations long terme de l'ionosphère au Vietnam - la signature sur le contenu total en électron des éjections de masse coronale ou des vents solaires rapides associés à des trous coronaires etc. Dans le cadre de ces projets de nombreux instruments ont été déployés en Afrique permettant ainsi l'étude de régions jusqu'alors non observées.

## **Goniopolarimetry with Coupled Electric and Magnetic Measurements**

B. Cecconi<sup>a</sup>, A.-L. Gautier<sup>a</sup>, J. Bergman<sup>b</sup>, T. Chust<sup>c</sup>, A. Marchaudon<sup>d</sup>, C. Cavoit<sup>e</sup> et O. Santolik<sup>f</sup>

<sup>a</sup>LESIA, Observatoire de Paris, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France ; <sup>b</sup>IRF-Uppsala, Lägerhyddsv. 1, Box 537, SE-75121 Uppsala, Suède ; <sup>c</sup>LPP, École Polytechnique-CNRS, Route de Saclay, 91128 Palaiseau, France ; <sup>d</sup>IRAP, Univ. Paul Sabatier-CNRS, 9 av. Colonel Roche, BP 44346, 31028 Toulouse, France ; <sup>e</sup>LPC2E, Univ. Orléans-CNRS, 3A, Av. de la Recherche Scientif, 45071 Orléans, France ; <sup>f</sup>Institute of Atmospheric Physics, Bocni II/1401, 14131 Praha 4, 14131 Prague, République tchèque

Goniopolarimetric techniques (also known as "Direction-Finding") are making use of either electric or magnetic component measurements to deduce the observed electromagnetic wave parameters: its flux density, polarization state and direction of k-vector. Radio receivers such as Cassini/RPWS/HFR or STEREO/Waves provide goniopolarimetric measurements and thus allow the scientists to obtain rich data products that lead to high level science results. However, in some cases, these measurements cannot resolve specific ambiguities: (a) when close to the source it is not possible to derive the sense of propagation; (b) when close to the wave mode cutoff, the transverse propagation assumption (necessary with electric measurements) is not valid any more. Future radio receivers will include simultaneous electric and magnetic component measurements. We explore here how this instrumental setup provides enough additional information to get correct and accurate results in the two problematic situations presented above.

## **Mesures de la permittivité relative complexe d'échantillons granulaires poreux, dans le cadre de la mission Rosetta**

Y. Brouet<sup>a</sup>, A.-C. Levasseur-Regourd<sup>b</sup>, P. Encrenaz<sup>a</sup>, S. Gulkis<sup>c</sup>, M. Gheudin<sup>a</sup> et P. Landry<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Observatoire de Paris / LERMA, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris, France ; <sup>b</sup>LATMOS / UPMC, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France ; <sup>c</sup>Jet Propulsion Laboratory, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, CA 91109, USA

Un programme de mesure de la permittivité relative complexe concernant des échantillons granulaires poreux a été mené sur une large gamme de fréquence entre 50 MHz et 190 GHz (instrumentations : cellule coaxiale, cavités résonantes et banc quasi-optique). Ces mesures ont été effectuées dans le but de préparer les futures observations de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko par la sonde Rosetta en 2014, ainsi que l'analyse des données recueillies, spécifiquement pour les expériences radiométriques MIRO et CONSERT. En considérant les propriétés supposées des noyaux cométaires, ces mesures ont été réalisées sur trois échantillons granulaires poreux d'origine volcanique, riches en silicates, dont la taille varie entre quelques et plusieurs centaines de micromètres : des dépôts pyroclastiques de l'Etna, un simulant du sol martien (JSC-Mars1) et un simulant du sol lunaire (JSC-1AF). La partie réelle de la permittivité relative complexe varie entre 2.3 et 3.9. La partie imaginaire varie entre 0.04 et 0.30. En prenant en compte les propriétés in-situ attendues en température, densité, porosité et composition pour la surface, la sous-surface et la structure interne du noyau cométaire, ces mesures constituent une limite supérieure pour l'interprétation des données de CONSERT et MIRO, respectivement à 90 MHz et 190 GHz.

## **La modélisation électromagnétique de systèmes complexes**

### **Analyse Physique des chambres réverbérantes à brassage de modes**

F. Monsef<sup>a</sup> et A. Cozza<sup>b</sup>

<sup>a</sup>L2S, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif sur Yvette, France ; <sup>b</sup>SUPELEC, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif sur Yvette, France

Les chambres réverbérantes à brassage de modes (CRBM) sont des dispositifs entrant dans la catégorie des milieux complexes. L'exploitation des résonances et des réverbérations ont en fait un moyen d'essai pour les tests d'immunité aux ondes en compatibilité électromagnétique. De par sa constitution, ce moyen d'essai est économiquement avantageux. Toutefois la nature complexe de ce milieu amène à une approche statistique qui est aujourd'hui maîtrisée que lorsque la CRBM est utilisée à haute fréquence. Le but de cette communication est de présenter un état de l'art sur les modèles physiques et/ou statistiques de ce moyen d'essai et de montrer dans quelle mesure ces modèles peuvent être améliorés et élargis à des configurations où la chambre est notamment utilisée à plus basse fréquence.

### **Approche milieu effectif dans le domaine optique appliquée à une monocouche de métamatériau sur substrat diélectrique,**

N. Dubrovina, S.N. Burokur, R. Ghasemi, A. Degiron, A. De Lustrac et A. Lupu  
IEF, Univ. Paris-Sud, UMR 8622, Centre Scientifique d'Orsay, 91405 Orsay, France

Le sujet de cette étude concerne le comportement d'une mono-couche de métamatériau (MM) en tant que milieu effectif. Les résultats des modélisations montrent que les propriétés optiques d'une mono-couche de MM peuvent être décrites par celle d'une couche homogène avec un certain indice effectif. L'épaisseur de cette couche est égale à celle des motifs métalliques, à condition qu'elle soit inférieure à quelques dizaines de nm. Pour des faibles facteurs de remplissage en surface, l'indice de réfraction d'une telle couche suit l'approximation de Maxwell-Garnett. Cet indice ne varie pas avec l'angle d'incidence pour une polarisation S de la lumière perpendiculaire au plan d'incidence.

### **Diffraction en zone d'ombre pour un problème scalaire : relations entre le principe de Babinet et l'Optique Physique,**

G. Kubické<sup>a</sup>, C. Bourlier<sup>b</sup>, N. Pinel<sup>b</sup> et P. Pouliguen<sup>c</sup>

<sup>a</sup>DGA, BP7, 35998 Rennes Cedex 9, France ; <sup>b</sup>Université de Nantes - IETR, Polytech Nantes, La Chantrerie, Rue Christian Pauc, BP 50609, 44306 Nantes, France ; <sup>c</sup>DGA, 7 rue des Mathurins, 92221 Bagneux, France

Dans ce papier, il est démontré mathématiquement et par simulation que le principe de Babinet peut être vu comme une approximation de l'Optique Physique en zone d'ombre pour un problème bidimensionnel. Il est alors démontré que la composante d'ombrage incluse dans l'Optique Physique est directement reliée au champ diffracté obtenu à partir du principe de Babinet. De plus, il est démontré mathématiquement que l'intégrale impliquée ne dépend pas de la forme de l'objet ce qui revient alors à montrer l'équivalence entre l'Optique Physique et le principe de Babinet sous certaines conditions. Des résultats de simulations illustrent enfin le lien entre le principe de Babinet et l'Optique Physique.

## **Étude de sensibilité pour des paramètres d'antennes stochastiques**

S. Lalléchère<sup>a</sup>, F. Paladian<sup>a</sup>, P. Bonnet<sup>a</sup> et L. Patier<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Clermont Université, 24 avenue des Landais, 63171 Aubière, France ; <sup>b</sup>CNES, 18 avenue Edouard Belin, 31000 Toulouse, France

A l'heure actuelle, un grand nombre d'outils déterministes ont été développés pour simuler des configurations électromagnétiques variées avec un très haut niveau de précision. Ces outils, utilisés aussi bien dans les domaines temporels que fréquentiels, sont dits déterministes dans la mesure où un ensemble donné de paramètres d'entrée conduit à un unique résultat. Ceci peut se révéler relativement pratique si toutes les données d'entrée sont connues et contrôlées avec précision. Malheureusement, les incertitudes sont intrinsèques aux problèmes électromagnétiques, spécialement dans le domaine des antennes. En effet, la complexité de ces études provient de la difficulté à anticiper l'effet de ces aléas uniquement à partir d'une unique simulation déterministe (pour lequel tous les paramètres environnementaux peuvent être contrôlés). Un point crucial repose alors sur notre capacité à estimer l'impact de différentes Variables Aléatoires (VA) sur des observables physiques donnés. Naturellement, la méthode de Monte Carlo (MC) constitue une approche robuste et fiable pour établir les moments statistiques de différents observables aléatoires. Cette contribution vise à illustrer l'intérêt d'une méthode alternative, pourtant proche de la philosophie MC, à savoir la technique de Collocation Stochastique (CS). On démontrera l'efficacité de cette dernière sur un cas d'antenne (réflecteur coin) incluant différentes VA et configurations.

## **MKME : Simulation d'un système complexe, de la cavité à l'électronique**

M. Breant

GERAC électromagnétisme, 3 avenue Jean d'Alembert, ZAC de Pissaloup, 78190 Trappes, France

Cet article présente les conclusions d'une série d'expérience et de simulation dans le cadre d'une recherche de prédiction du comportement d'un équipement vis à vis d'une agression électromagnétique suite à une modification hardware de ce dernier. Toutes les simulations sont réalisées en utilisant la MKME (Méthode de Kron Modifiée pour l'Électromagnétisme) [1], le but étant de réduire les temps de calcul tout en conservant une bonne qualité de prédiction. Plusieurs étapes ont été nécessaires avant d'appliquer la méthode de calcul au système complexe. Une première série de mesures nous permet de conclure sur l'efficacité du modèle choisit pour simuler un système comprenant une cavité intégrant un câblage. Une seconde série de mesures permet de conclure sur le maintien des performances du système avant et suite à la modification.

## **Modèle électromagnétique asymptotique 3D par sommation de faisceaux gaussiens**

J.-M. Darras<sup>a</sup>, T. George<sup>a</sup> et P. Pouliguen<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Celum, 6 rue des États Généraux, 78000 Versailles, France ; <sup>b</sup>DGA, 7 rue des Mathurins, 92221 Bagneux, France

Nous présentons une méthode asymptotique de calcul de la propagation électromagnétique en interactions multiples avec des objets maillés reposant sur une sommation de faisceaux gaussiens (SFG). Les faisceaux sont normalisés "au récepteur" par identification de l'intégrale SFG au champ de l'optique géométrique. La solution de normalisation fournit un champ régulier sur les caustiques. La diffraction d'arête est prise en compte si on l'inclut dans le

champ de normalisation. Pour cela, on utilise la théorie uniforme de la diffraction (UTD) avec les précautions nécessaires. En particulier, la SFG contient déjà une part de diffraction dont il faut tenir compte. Nous montrerons quelques exemples d'application.

### **On a preliminary analysis of the electromagnetic small-scale modeling of composite panels: periodic arrangement of circular cylindrical fibers in single slab**

C. Li et D. Lesselier

*L2S UMR8506, 3, rue Joliot-Curie, 91192 Gif-Sur-Yvette, France*

The contribution is about the electromagnetic modeling of disorganized periodic structures, aiming at Non-destructive Testing (NdT) of synthetic panels made of fiber composite. Two hypotheses can be made at modeling stage. At large scale, the assumption is of locally averaged tensor parameters inserted into Maxwell's PDE of concern. At small scale, it is that each slab in the panel is periodic, a pattern within an elementary cell repeating within the other cells into a direction parallel with the planar interfaces. The analysis, on the small-scale case only, borrows from recent contributions in poro-acoustics and elasticity (infinite extent array of cylinders in any slab) and in photonics (finite set of cylinders in any slab). It is tailored to the peculiar electromagnetic configuration of interest, notably when highly-conductive (but not field-impenetrable) carbon fibers are immersed within a dielectric polymer and probed at MHz frequency, the preliminary case of TE- and TM-polarized planar incident fields impinging upon one single slab being focused onto, the calculation of the Green functions, and as a consequence, of the response of the slab to an ideal wire, being first extension of the work.

### **Ondes non linéaires couplant plasmons et solitons : modèles vectoriels et designs réalistes**

W. Walasik<sup>a</sup>, Y. Kartashov<sup>b</sup> et G. Renversez<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>Institut Fresnel, Campus Univ. de Saint Jérôme, Av. Escadrille Normandie-Niemen, 13397 Marseille, France ; <sup>b</sup>ICFO Univ. Politèc. de Catalunya, Mediterranean Technology Park, Av. Carl Friedrich Gauss, 3, 08860 Castelldefels (barcelona), Espagne*

Pour rendre enfin possible l'observation expérimentale d'ondes non linéaires, couplant plasmon et soliton optique, prévues théoriquement depuis 1985 au moins (Ariyasu et. al), nous avons étudié la propagation d'ondes non linéaires unidimensionnelles dans des structures planaires multicouches métal-diélectriques dont une couche diélectrique exhibe un effet Kerr optique.

Nous avons généralisé deux modèles vectoriels basés sur les équations de Maxwell pour calculer, dans les structures étudiées, la relation de dispersion non linéaire d'ondes de type TM et les profils des champs. Le premier modèle nous permet d'obtenir des expressions analytiques pour les profils des champs mais requiert une approximation dans le traitement de la non linéarité. Le deuxième modèle, extension des travaux de Yin et al. de 2009, ne nécessite pas cette approximation mais les profils doivent alors être calculés numériquement. Nous utilisons aussi une méthode des éléments finis adaptée pour traiter la non linéarité de type Kerr pour vérifier nos résultats semi-analytiques.

Ainsi, nous avons pu étudier de manière systématique les solutions au sein de plusieurs configurations et proposer une structure supportant des plasmons-solitons de basse puissance. Cette structure est compatible avec la technologie de fabrication actuelle des guides d'ondes à base de verre de chalcogénure.

## **Superstrat tout Diélectrique Pour le Contrôle de l'Ouverture Angulaire d'une Antenne à Double Polarisation**

M. Clemente, X. Begaud et A.-C. Lepage

*Institut Mines Télécom, 46 rue Barrault, 75634 Paris, France*

Dans cette publication, nous proposons la conception d'un superstrat diélectrique pour augmenter l'angle d'ouverture à -3 dB. Ce superstrat, inspiré du travail de Tang [1], est placé au-dessus d'une antenne patch qui couvre la bande GPS [1,164-1,239 GHz]. Ce superstrat initialement conçu pour améliorer la directivité d'un élément rayonnant est basé sur les Transformations d'Espace (TE). Dans cette étude, la configuration a été modifiée afin d'élargir l'ouverture angulaire à -3dB. Enfin ce superstrat qui à l'origine était composé de métamatériaux dans [1], a été adapté pour n'utiliser que des diélectriques standards tout en conservant ces performances et caractéristiques

## **Les rayonnements électromagnétiques et les interactions avec la matière**

### **Capteur de rythme respiratoire par une technique de mesure RADAR CW : réalisation d'un démonstrateur**

R. Yahiaoui<sup>a</sup>, J.-J. Mbra<sup>a</sup>, M. Jouvét<sup>a</sup>, J. Andrieu<sup>a</sup>, M. Lalande<sup>b</sup> et R. Chantalat<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*XLIM-OSA, 2 rue Jules Vallès, 19100 Brive La Gaillarde, France ;* <sup>b</sup>*XLIM, IUT GEII, 7 rue Jules Valles, 19100 Brive La Gaillarde, France ;* <sup>c</sup>*CISTEME, Parc Ester, 12 rue Gémini, 87038 Limoges Cedex, France*

Un dispositif expérimental de mesure à distance de rythme respiratoire est présenté. Il est basé sur le principe du Radar ; le signal émis en direction de la personne sous test est réfléchi avec un léger changement de fréquence dû à l'effet Doppler. Le traitement électronique de cette réponse permet d'isoler le signal basse fréquence portant l'information sur ses mouvements ; une acquisition numérique de ce signal est alors réalisée. La fenêtre d'acquisition doit inclure plusieurs cycles respiratoires. Le traitement numérique du signal, programmé sous le logiciel Matlab, permet de repérer la fréquence des mouvements respiratoires, même si la personne a d'autres mouvements.

### **Le Challenge de la Dosimétrie Stochastique pour répondre au défi de la Variabilité**

P. Kersaudy<sup>a</sup>, M. Jala<sup>a</sup>, E. Conil<sup>a</sup>, N. Varsier<sup>a</sup>, A. Hadjem<sup>a</sup>, O. Picon<sup>b</sup> et J. Wiart<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Orange Labs, Whist Lab, 38-40 rue du General Leclerc, 92794 Issy Les Moulineaux, France ;* <sup>b</sup>*Université Paris-Est, ESYCOM, 5 Bd Descartes, 77454 Marne-La Vallée, France*

Si les progrès en termes de ressources informatiques ont permis de réduire fortement les temps de calcul dans le cadre de la dosimétrie numérique, le calcul du Débit d'Absorption Spécifique (DAS) reste toujours coûteux et rend l'analyse de la variabilité des variables d'entrées sur le DAS irréalisable via les méthodes usuelles telle que Monte Carlo. Une alternative réside alors dans les méthodes statistiques de construction de modèle "réduit". Dans cette communication, on présente le cadre théorique d'une méthode appelée Chaos Polynomial permettant de modéliser la réponse d'une variable de sortie (DAS) en fonction de paramètres d'entrée aléatoires. Cette méthode est ensuite appliquée à des données issues du projet ANR : FETUS et la convergence de la réponse modélisée vers la solution exacte est mise en valeur.

## **Nouvelle Antenne Cornet Compacte pour la bande de fréquence 80 GHz**

M. Gueye<sup>a</sup>, Y. Letestu<sup>b</sup>, H. Hafdallah-Ouslimani<sup>a</sup> et A. Priou<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Université Paris Ouest Nanterre, 50 rue de SEVRES, 92410 Ville-d'Avray, France ; <sup>b</sup>Radio Frequency Systems France, Rue Baptiste Marcet, 44570 Trignac, France ; <sup>c</sup>LEME, Univ. Paris Ouest, EA 4416, 50, rue de Sèvres, 92410 Ville-d'Avray, France

Nous présentons dans ce papier une antenne compacte à large bande (20%) pour les applications futures de télécommunication à très haut débit dans la bande millimétrique nouvellement allouée 71-86 GHz. La nouvelle antenne est constituée de guides rectangulaires avec des transformations d'impédance permettant d'obtenir une adaptation meilleures que -20 dB sur toute la bande de fréquence avec une bonne directivité. Un prototype d'antenne a été fabriqué et caractérisé. Les résultats de mesures montrent une parfaite concordance avec les résultats obtenus par les simulations numériques.

## **Solution quasi universelle au problème récurrent de la détermination des caractéristiques électromagnétiques de tous types de matériaux dans le domaine des hyperfréquences**

E. Georget, R. Abdeddaim et P. Sabouroux

Institut Fresnel, Campus Scientifique de St Jérôme, Av. Escadrille Normandie Niémen, 13013 Marseille, France

Depuis l'avènement de l'électromagnétisme dans les années 40, avec les détections en tous genres et toutes les télécommunications sans fil, connaître avec la plus grande précision les caractéristiques électromagnétiques des matériaux mis en œuvre est devenu et reste une préoccupation principale. Actuellement un appareil de type Epsilon mètre n'est toujours pas disponible pour le grand public. Une quantité impressionnante de références littéraires dans le domaine existe ; quelques solutions techniques sont éventuellement disponibles avec cependant des limitations substantielles. Cependant ces solutions ne sont pas toujours simples à utiliser pour la permittivité et/ou la perméabilité complexe. En outre, suivant le type de matériau étudié, qu'il soit solide, en poudre ou bien encore liquide, la solution technique diffère... Pour tenter de résoudre quasiment toutes les limitations, une solution basée sur une configuration en propagation guidée et utilisant un Porte Échantillon Universel a été développée. Actuellement, le système est validé dans le cadre de matériaux solides, liquides, granulaires ou pulvérulents. Nous testons aujourd'hui le système dans le cas de matériaux fins et souples pour des caractérisations de substrats souples utilisés de plus en plus notamment en RFID. Nous présenterons alors des résultats expérimentaux obtenus à partir de matériaux de type textiles

## **Transfert de moment angulaire orbital d'une onde EM à un objet macroscopique dans la bande UHF**

R. Niemiec<sup>a</sup>, C. Brousseau<sup>a</sup>, O. Emile<sup>b</sup> et K. Mahdjoubi<sup>a</sup>

<sup>a</sup>IETR Université de Rennes 1, 263 avenue Général Leclerc, 35042 Rennes, France ; <sup>b</sup>LPL Université de Rennes 1, Bâtiment 7 - Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France

Une étude quantitative de l'échange de moment angulaire orbital (OAM) entre une onde électromagnétique et un objet macroscopique, dans la bande UHF, est présentée. A l'aide d'une antenne dite " tourniquet " générant une onde portant de l'OAM, un anneau de cuivre suspendu est mis en mouvement. Le couple induit étant proportionnel à la longueur d'onde, la mesure a été effectuée à une fréquence  $f = 870 \text{ MHz}$ . Une rotation de l'ordre de quelques degrés ainsi qu'une dépendance linéaire de l'accélération à la puissance émise sont observées, en corrélation avec la valeur du couple induit.

### **La recherche en didactique des sciences : Quelles propositions pour l'enseignement - apprentissage à l'université ? Des exemples en physique**

P. Briaud

*IUFM des Pays de la Loire, 4 chemin de Launay Violette, 44000 Nantes, France*

Dans cette communication nous présentons les démarches scientifiques et des modèles pédagogiques proposés en philosophie des sciences et en sciences de l'éducation. A partir de ces modèles nous donnons les cadres épistémologiques de l'enseignement-apprentissage en sciences auxquels se réfère actuellement la didactique des sciences pour proposer des situations didactiques à l'école primaire, dans l'enseignement secondaire et parfois dans l'enseignement supérieur. Une présentation de travaux de recherche en didactique de la physique en mécanique, en électrocinétique et en électromagnétisme nous permettra d'introduire les concepts d'obstacle à l'apprentissage, de situation-problème, de démarche d'investigation ainsi que le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation développé au CREN. Enfin nous discuterons des scénarios didactiques possibles pour l'apprentissage scientifique à l'université.

### **La Radioastronomie Pour Tous,**

P. Caïs, W. D'Anna et B. Quertier

*CNRS, LAB, UMR 5804, 2 rue de l'Observatoire, 33270 Floirac, France*

Nous avons débuté à l'automne 2007 sur le site du LAB/OASU à Floirac, près de Bordeaux, la rénovation d'un radiotélescope Würzburg afin de le transformer en un outil pédagogique et de vulgarisation performant. Depuis mai 2011, l'étude du HI galactique et de l'émission OH est possible. L'instrument est mis à disposition à la fois des enseignants (tous niveaux d'enseignement, mais principalement lycée), des étudiants et des amateurs via une interface web ou en local. Nous proposons d'utiliser ce radiotélescope via internet, et/ou via des mini-stages sur site encadrés par le personnel de recherche. A terme, nous souhaitons inclure cet outil au projet " Hands-On Universe ". L'électronique de l'instrument et son utilisation à partir de l'interface web seront décrites.

### **EUHOUmw, la radioastronomie en classe**

A.-L. Melchior<sup>a</sup>, P. Salomé<sup>a</sup> et Y. Libert<sup>b</sup>,

*<sup>a</sup>LERMA, UMR8112, UPMC, 77, avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, France ; <sup>b</sup>LERMA, UMR8112, UPMC, Observatoire, 77, avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, France*

Le projet EUHOUmw a pour ambition de proposer des outils multimédia aux classes du secondaire pour l'observation en direct de l'émission radio de la Voie Lactée. Basé sur un partenariat de 11 pays européens et coordonné par l'Université Pierre et Marie Curie, il a bénéficié d'un financement Comenius du programme de Formation Tout au Long de la Vie de la Commission Européenne. 6 instruments de 3m de diamètre sont installés dans 5 pays européens différents. Une interface Web, développée par le groupe du LERMA à Paris, permet d'observer en direct le gaz hydrogène HI de la Voie Lactée. Les outils développés ont été conçus pour pouvoir être utilisés dans le secondaire. Des ressources pédagogiques adaptées ont été développées pour permettre aux enseignants de s'approprier ces outils et la modélisation utilisée. Ce projet s'inscrit dans une logique de diffusion des connaissances scientifiques, visant à rendre plus accessibles les concepts de la radioastronomie afin que les

jeunes (et leurs familles) comprennent les enjeux de la nouvelle génération d'instruments développés en radioastronomie : ALMA en cours de déploiement et commençant à être exploité, ainsi que SKA dont les précurseurs sont développés en vue d'un déploiement à l'horizon 2020.

### **Résonateurs et couplage de modes : un module de Master en interaction forte avec des problématiques de recherche actuelles en laboratoire,**

Y. Boucher et P. Féron

*FOTON CNRS, UMR 6082, ENSSAT, CS 80518, 22305 Lannion Cedex, France*

Le master Photonique est une formation orientée recherche dispensée simultanément, à l'échelle de la Région Bretagne, par quatre écoles d'ingénieurs (ENIB et Télécom Bretagne à Brest, ENSSAT à Lannion, INSA de Rennes) et deux universités (Université de Bretagne Occidentale et Université de Rennes 1), tous établissements co-habilités. Cette formation multisite (Brest, Lannion, Rennes) propose, après un premier trimestre en tronc commun, trois parcours thématiques fortement mutualisés : (A) Télécommunications optiques, (B) Nano-photonique, (C) Photonique pour le vivant et l'environnement. Porté conjointement par l'ENIB et par l'ENSSAT, notre module "Résonateurs et couplage de modes" s'inscrit dans le parcours B.

En nous appuyant sur une expérience de plusieurs années, nous nous proposons d'illustrer la manière dont nous visons un bon équilibre entre formation académique, outils génériques de modélisation et illustration par des recherches applicatives, en lien étroit avec des problématiques auxquelles nous sommes quotidiennement confrontés dans le cadre du laboratoire. C'est ainsi que le contenu du module évolue continûment au rythme des avancées de nos recherches conjointes, qu'il s'agisse de la caractérisation et de la modélisation spectrales et temporelles de micro-résonateurs à modes de galerie (actifs ou passifs), ou encore de réseaux de guides périodiques couplés.

---

**14h45–16h10**

Session : **La modélisation électromagnétique de systèmes complexes »**

Président de séance : **F. Paladian, R. Casagrande**

---

### **Analyse des perturbations électromagnétiques induites par un système d'information,**

C. Kasmi<sup>a</sup>, M. Hélier<sup>b</sup>, M. Darces<sup>b</sup> et E. Prouff<sup>a</sup>,

*<sup>a</sup>ANSSI, 51 boulevard de la Tour Maubourg, 75700 Paris, France ; <sup>b</sup>UPMC Univ. Paris 6, UR2, L2E, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France*

Au sein d'infrastructures critiques, l'immunité et l'émissivité des équipements électroniques, au sens de la Compatibilité Électromagnétique (CEM), sont deux enjeux majeurs de sécurité et de sûreté de fonctionnement. L'étude de systèmes électriques et/ou électroniques complexes requiert une connaissance précise de leurs paramètres caractéristiques afin de pouvoir les décrire par un modèle aussi réaliste que possible. Même si ces variables peuvent être considérées comme déterministes, la complexité des phénomènes mis en jeu est telle qu'elles présenteront toujours un caractère aléatoire. L'incertitude sur leur valeur est, alors, introduite à l'aide d'une loi de probabilité gaussienne. Pourtant, il est bien connu que cette loi sous-estime fortement les queues de distribution épaisses. L'utilisation d'une loi gaussienne implique de façon implicite que le phénomène modélisé résulte de contributions moyennes, dont les variations extrêmes sont si rares qu'elles sont négligées. Par conséquent, il est essentiel de disposer d'outils permettant de prendre en compte le comportement des

valeurs extrêmes afin d'améliorer les techniques de gestion de risques. L'objet de cette communication est de démontrer l'intérêt de la théorie des valeurs extrêmes dans le domaine de la CEM.

### **Caractérisation d'antennes basée sur la méthode du développement en singularités (SEM)**

F. Sarrazin<sup>a</sup>, A. Sharaiha<sup>a</sup>, P. Pouliguen<sup>b</sup>, P. Potier<sup>c</sup> et J. Chauveau<sup>c</sup>

<sup>a</sup>IETR - Université de Rennes 1, 263, av. du Général Leclerc, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France ; <sup>b</sup>DGA, 7 rue des Mathurins, 92221 Bagneux, France ; <sup>c</sup>DGA MI, Route de Laillé, 35170 Bruz, France

Ce travail est consacré à la caractérisation d'antenne à l'aide de la méthode du développement en singularités ou Singularity Expansion Method (SEM). Afin de définir la solution la plus appropriée à l'extraction des pôles de résonance d'une antenne, plusieurs algorithmes d'extraction sont comparés dans les domaines temporel et fréquentiel. La SEM étant très sensible au bruit, une étude de robustesse de ces méthodes a été réalisée. Dans un deuxième temps, la caractérisation d'antennes à partir de pôles de résonance est étudiée. Ceux-ci permettent de fournir des indications sur la forme générale de l'antenne, son impédance ainsi que son rayonnement.

### **Méthodes de modélisation de la propagation en tunnels courbes**

E. Masson<sup>a</sup>, P. Combeau<sup>b</sup>, Y. Cocheril<sup>a</sup>, M. Berbineau<sup>a</sup> et R. Vauzelle<sup>b</sup>

<sup>a</sup>IFSTTAR, LEOST, 20 rue Elisée Reclus, 59650 Villeneuve D'Ascq, France ; <sup>b</sup>XLIM-SIC, Université de Poitiers, Bvd P. et M. Curie, 86962 Futuroscope-Chasseneuil, France

Le papier traite de la modélisation de la propagation en tunnels de section transversale non rectangulaire et/ou de section longitudinale non rectiligne. Les différentes méthodes de modélisation de la propagation en tunnels sont présentées et leurs avantages et inconvénients sont mis en avant. Une nouvelle méthode est alors présentée. Elle s'appuie sur une technique de lancer de rayons modifiée, une correction de la trajectoire des rayons et une prise en compte de la courbure des surfaces dans le calcul du champ électromagnétique. Les résultats sont confrontés à de la mesure en tunnels.

### **Conditions de transmission quasi-locales pour des méthodes de décomposition de domaines appliquées à un problème de diffraction**

M. Lecouvez<sup>a</sup>, B. Stupfel<sup>a</sup>, P. Joly<sup>b</sup> et F. Collino<sup>b</sup>, <sup>a</sup>CEA-Cesta, 15 Avenue des Sablières, 33114 Le Barp, France ; <sup>b</sup>INRIA-Poems, 828, Boulevard des Maréchaux, 91762 Palaiseau, France

Dans cet article, nous présentons des nouvelles conditions de transmission pour une méthode de décomposition de domaines appliquées à un problème de diffraction. Contrairement aux conditions utilisées dans la littérature, les conditions développées ici sont non locales. Écrites sous la forme d'un opérateur intégral (de type potentiel de Riesz) sur l'interface entre deux domaines, elles permettent d'obtenir une convergence exponentielle de l'algorithme de décomposition de domaines. La convergence exponentielle vient de l'ordre 1/2 de l'opérateur, qui permet de rentrer dans le cadre de la théorie dans [F. Collino et al, Comp. Methods Appl. Mech. Engrg., 148, 195-207, 1997].

### **Utilisation du Chaos Polynomial dans le cadre d'un problème d'Homogénéisation**

P. Kersaudy<sup>a</sup>, S. Mostarshedi<sup>b</sup>, O. Picon<sup>b</sup>, J. Wiart<sup>a</sup> et B. Sudret<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Orange Labs, Whist Lab, 38-40 rue du General Leclerc, 92794 Issy Les Moulineaux, France ;

<sup>b</sup>Université Paris-Est, ESYCOM, 5 Bd Descartes, 77454 Marne-La Vallée, France ;

<sup>c</sup>ETH Zürich, 101 Rämistrasse, 8006 Zürich, Suisse

La prédiction des niveaux de champs électromagnétiques dans un environnement urbain complexe nécessite la prise en compte de la variabilité des paramètres architecturaux. L'utilisation d'un outil de prévision du champ au voisinage d'un bâtiment prenant en compte ces variabilités permet de simuler différentes configurations. L'influence de la variabilité des paramètres architecturaux sur le champ réfléchi a été étudiée par des méthodes de Monte Carlo. L'application de cette méthode nécessitant un temps de calcul non négligeable pour obtenir la distribution du champ réfléchi, une méthode de modélisation statistique appelée Chaos Polynomial a été utilisée pour modéliser la réponse du champ réfléchi en fonction des paramètres d'entrée. Cette méthode a été appliquée sur des données simulées à une distance de 100 mètres du bâtiment. Le Chaos Polynomial se montre efficace à modéliser la distribution du champ réfléchi et une forte dépendance linéaire aux paramètres a été remarquée.

---

**16h30–17h45**

Session : « **Les rayonnements électromagnétiques et les interactions avec la matière** »,

Président de séance : **C. Zerrouki**

---

### **Mise en évidence expérimentale de la diffusion EM avant ou arrière d'une sphère diélectrique sub-longueur d'onde**

J.-M. Geffrin<sup>a</sup>, B. Garcia-Camara<sup>b</sup>, R. Abdeddaim<sup>a</sup>, R. Gomez-Medina<sup>c</sup>, P. Albella<sup>d</sup>, L.S. Froufe-Pérez<sup>e</sup>, C. Eyraud<sup>a</sup>, A. Litman<sup>a</sup>, R. Vaillon<sup>f</sup>, F. Gonzalez<sup>g</sup>, M. Nieto-Vesperinas<sup>h</sup>, J.J. Saenz<sup>c</sup> et F. Moreno<sup>g</sup>

<sup>a</sup>Institut Fresnel, Campus de St Jérôme, 13013 Marseille, France ; <sup>b</sup>CIN2(CSIC) and CIBER-BBN, Campus UAB, Bellaterra, 08193 Barcelona, Espagne ; <sup>c</sup>Dep. de Fisica de la Materi, Universidad Auto'noma de Madrid, Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid, Espagne ; <sup>d</sup>CSIC-UPV/EHU, Paseo Manuel de Lardizabal 5, 20018 Donostia-San Sebastian, Espagne ; <sup>e</sup>Inst. de Estructura de la Materi, Serrano 121, 28006 Madrid, Espagne ; <sup>f</sup>CETHIL, Insa de Lyon, 69621 Lyon, France ; <sup>g</sup>Grupo de Optica, Universidad de Cantabria, Avda. de Los Castros s/n, 39005 Santander, Espagne ; <sup>h</sup>Inst. Ciencia de Material Madrid, Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid, Espagne

Il y a quelques décennies, il a été prévu que des petites sphères magnéto-diélectriques présentent des caractéristiques inhabituelles de diffusion. Toutefois, mesurer ce comportement est demeuré insaisissable, en raison du caractère non magnétique des matériaux optiques naturels ou de la difficulté d'obtenir des matériaux fortement magnétiques à faibles pertes (GHz). Ici on montre expérimentalement et de manière non-ambigüe qu'une seule sphère sub-longueur d'onde, diélectrique et à faibles pertes, d'indice de réfraction modéré ( $n = 4$  comme pour certains semi-conducteurs en proche IR) rayonne des champs identiques à des dipôles électriques et magnétiques d'égale amplitude. Ces champs sont similaires à ceux de sphères magnéto-diélectriques idéales. Les diagrammes de rayonnement de diffusion mesurés et le degré de polarisation linéaire (9-3 GHz/33-100 mm) montrent que, en réglant correctement taille/longueur d'onde, la puissance rayonnée

apparente peut être dirigée vers l'avant ou principalement vers l'arrière (source ou réflecteur de Huygens). Ces conditions de diffusion -dites de Kerker- dépendent uniquement du ratio taille/longueur d'onde. Ces travaux ouvrent la voie à de nouveaux défis technologiques en nano et micro-photonique, pour la conception d'antennes, de métamatériaux et dispositifs électromagnétiques innovants.

"Magnetic and electric coherence in forward- and back-scattered electromagnetic waves by a single dielectric subwavelength sphere", J.M. Geffrin et al., Nat. Com. (2012)

### **Conception et optimisation d'antennes large bande destinées au radar à pénétration de sol dans la bande fréquentielle [0.6GHz 3GHz]**

P. Aguilera, M. Ait Ou Kharraz et M. Serhir

*Supelec, 3 rue Joliot Curie, 91192 Gif-sur-Yvette, France*

La rencontre d'une onde électromagnétique avec un objet ayant des dimensions caractéristiques de l'ordre de la longueur d'onde, conduit à la création d'une distribution de courant électrique et magnétique sur ce dernier. Cette distribution est tributaire des propriétés géométriques, diélectriques et magnétiques de l'objet. Le rayonnement de ces courants ainsi créés est responsable de l'apparition d'un champ dit édiffracté par l'objet. L'utilisation du champ diffracté pour détecter localiser et/ou caractériser un objet de manière aveugle s'est donc développée et nous nous intéressons dans cet article plus particulièrement au radar à pénétration de sol. Nous proposons dans cet article deux prototypes d'antennes large-bande que nous avons optimisé pour la réalisation d'un radar à pénétration de sol fonctionnant dans la bande [0.6GHz-3GHz]. Le choix de cette plage fréquentielle découle de notre objectif qui est d'assurer une profondeur de pénétration de l'ordre du mètre et atteindre une résolution centimétrique. Le premier prototype est une antenne spirale imprimée sur un substrat (FR4,  $\epsilon_r=4.2$ ). Le deuxième prototype que nous avons considéré est une antenne Vivaldi qui est caractérisée par une transition progressive de son ouverture assurant une bonne adaptation ( $S_{11}<-10\text{dB}$ ) sur une large bande fréquentielle.

### **Conception d'une antenne adaptée à un RADAR GPR pour une utilisation sur un tunnelier**

M. Sow<sup>a</sup>, V. Bertrand<sup>b</sup>, N. Feix<sup>a</sup>, M. Lalande<sup>a</sup> et E. Martinod<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>XLIM, IUT GEII, 7 rue Jules Valles, 19100 Brive La Gaillarde, France ; <sup>b</sup>CISTEME, IUT GEII, 7, rue Jules Valles, 19100 Brive La Gaillarde, France*

L'industrie des tunneliers exprime le besoin de développer de nouvelles technologies pour faciliter la détermination de la nature du terrain auquel une machine doit être confrontée. Lorsque la tête de coupe creuse un matériau plutôt meuble et qu'elle rencontre une roche dure, elle peut subir des dégâts suffisamment importants pour la rendre inutilisable. Il peut aussi y avoir des cavités à proximité provoquant des affaissements à la fois dommageables pour l'environnement et dangereux pour le personnel présent. Xlim, intervenant dans le cadre du projet européen NETTUN, présente les premiers travaux sur le choix des antennes devant être intégrées à système RADAR GPR Ultra Large Bande. Les problématiques de l'encombrement et de l'environnement spécifique dans lequel le système devra fonctionner sont abordés et une discussion sur le choix de la gamme fréquentielle de travail est amorcée.

### **Quantification des performances d'une chambre réverbérante à brassage de modes par détection fréquentielle du régime "quasi-idéal"**

A. Adardour, G. Andrieu et A. Reineix

*Laboratoire XLIM, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges, France*

Notre communication orale présente une méthode permettant de déterminer une fréquence particulière où une chambre réverbérante à brassage de modes peut être considérée comme fonctionnant en régime "quasi-idéal". Cette méthode est basée sur : Ì l'évaluation des lois de distribution du champ EM obtenues dans le volume utile en comparaison des lois de distribution prévues par le modèle idéal ; Ì l'évaluation du nombre d'échantillons indépendants obtenus sur un tour de brasseur. Il sera montré que la fréquence de régime quasi-idéal d'une CRBM peut être réduite significativement grâce à l'insertion d'une "quantité d'absorbants optimale" relativement faible placée à distance du volume utile.

### **Méthodes de Caractérisation en Hautes Fréquences des Technologies de Circuits Intégrés en Silicium Dédiées aux Applications TéraHertz et Sub TéraHertz**

C. Raya et B. Ardouin

*XMOD Technologies, 74 rue Georges Bonnac, Tour 1, 33000 Bordeaux, France*

Les technologies TBH SiGe (avec des fréquences maximales d'oscillation de 0.5 THz) autorisent aujourd'hui la conception de sources et de récepteurs térahertz selon le principe des circuits radiofréquences classiques. La réduction d'encombrement, de coût et la production en série ouvrent des perspectives nouvelles. La conception de tels systèmes aux limites des fréquences maximales des transistors, dépend essentiellement de l'infrastructure de CAO et par conséquent de la capacité à caractériser avec précision les composants élémentaires que sont transistors et passifs sur les tranches de silicium. La mesure de l'impact des accès extrinsèques pour les retrancher de la mesure globale ("de-embedding") requière des procédures complexes et l'utilisation de nombreuses structures de test. Toutefois il est très difficile de valider ces méthodes expérimentalement. Cet article présente une étude qualitative des méthodes de "de-embedding" basée sur des simulations électromagnétiques. L'ensemble des structures utilisées pour le "de-embedding" a été simulé. Il est démontré que les approches basées sur les éléments discrets (e.g, OPEN-SHORT) sont inefficaces au-delà de 60GHz. L'utilisation d'éléments distribués est indispensable pour caractériser correctement les composants électroniques intégrés jusqu'à 110 GHz, 220 GHz et au-delà. Un exemple de méthodologie est ensuite proposé, décrit puis évalué dans le cas concret de composants passifs.

## REMISE DE LA MEDAILLE DU CNFRS A JEAN-PIERRE BERENGER PAR MATHIAS FINK

Titulaire de la Maîtrise de physique de l'Université de Grenoble (1973) et Ingénieur de l'École supérieure d'optique (1975), Jean-Pierre Bérenger a rejoint le département Études théoriques d'Arcueil de la Délégation générale de l'armement (DGA) en 1975 pour se consacrer à de la recherche appliquée sur la propagation dans les milieux perturbés par les rayonnements nucléaires et les effets de l'impulsion électromagnétique. Il s'est particulièrement attaché à la résolution numérique des équations de Maxwell et aux problèmes ouverts nécessitant l'utilisation d'une condition aux limites absorbante. Il a ainsi introduit en 1979 une condition originale, la couche adaptée, et est l'auteur du premier logiciel aux différences finies (FDTD) développé en France.

Au Centre d'analyse de défense, à partir de 1984, et en parallèle avec d'autres activités dans la simulation informatique de défense, Jean-Pierre Bérenger a effectué des travaux de recherche sur les conditions absorbantes et les structures subcellulaires dans la méthode FDTD. Il formalise en 1990 la couche parfaitement adaptée (PML). Publiée en 1994 et rapidement adoptée par la communauté de l'électromagnétisme, cette condition a suscité de nombreux travaux et a été transposée à toutes les équations aux dérivées partielles de la physique. Ses travaux sur ce thème se sont poursuivis pendant une dizaine d'années pour optimiser la condition PML dans l'espace discrétisé des techniques numériques. Au cours des années 90, il a aussi développé l'application de la méthode FDTD à la propagation VLF-LF dans le guide d'onde Terre-Ionosphère, travaux ayant abouti à un logiciel fournissant le bilan de liaison VLF-LF dans des conditions très générales.

Depuis 2003, à côté d'un rôle d'expert DGA sur les effets électromagnétiques des rayonnements nucléaires et de responsable d'études prospectives, Jean-Pierre Bérenger a poursuivi ses recherches sur :

- les problèmes de sous-maillage dans les techniques numériques avec l'introduction d'une méthode originale (*Huygens subgridding*) qui élimine la plupart des inconvénients des méthodes antérieures ;
- la propagation VLF-LF avec le développement d'un nouveau schéma plus performant ;
- et, depuis peu, l'introduction d'un nouveau concept de conditions aux limites absorbantes (*Huygens absorbing boundary condition*) moins général que la condition PML mais aussi efficace et plus simple à utiliser.

*Fellow IEEE*, Jean-Pierre Bérenger a été *Associate Editor* du journal *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* de 2006 à 2010. Dans les années 90, il a collaboré sur divers sujets avec l'équipe électromagnétisme de l'Université de Limoges, et depuis 2005 avec l'Université de Manchester (UMIST) sur le développement de la méthode FDTD pour le bioélectromagnétisme.

***La médaille du CNFRS est décernée, sous l'égide de l'Académie des sciences, à une personnalité scientifique qui a contribué à des avancées remarquables en radioélectricité et qui a participé à l'animation scientifique de la communauté française et internationale.***

## **PRIX URSI**

Un prix URSI de 500 euros sera attribué, mercredi 27 mars à 17h30, par le comité scientifique, à la meilleure communication présentée par un jeune doctorant.

## " DEVENIR MEMBRE CORRESPONDANT "

URSI-France est composé de dix commissions :

**A : METROLOGIE ELECTROMAGNETIQUE** : MESURES ET ETALONS ELECTROMAGNETIQUES

**B : ONDES ET CHAMPS**

**C : SYSTEMES DE RADIOCOMMUNICATION ET TRAITEMENT DES SIGNAUX**

**D : ÉLECTRONIQUE ET PHOTONIQUE**

**E : ENVIRONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE ET INTERFERENCES**

**F : PROPAGATION DES ONDES ET TELEDETECTION**

**G : RADIOELECTRICITE IONOSPHERIQUE ET PROPAGATION**

**H : ONDES DANS LES PLASMAS**

**J : RADIOASTRONOMIE**

**K : ÉLECTROMAGNETISME EN BIOLOGIE ET EN MEDECINE**

Chaque commission est constituée d'un réseau de correspondants, représentatif de la communauté française du domaine, composé de scientifiques, français ou travaillant en France depuis plus d'un an, ayant une activité de recherche ou d'enseignement dans la discipline.

L'agrément de nouveaux correspondants est proposé par le Président de la commission concernée, sans contrainte de nombre maximal, au bureau d'URSI-France.

Les membres correspondants élisent un Président et deux Vice-présidents, responsables et animateurs de leur commission. Leur mandat est de trois ans et il peut être renouvelé au plus deux fois.

**SI VOUS SOUHAITEZ DEVENIR MEMBRE CORRESPONDANT ALLER SUR LE SITE  
[HTTP://URSI-FRANCE.INSTITUT-TELECOM.FR](http://URSI-FRANCE.INSTITUT-TELECOM.FR) A « URSI-FRANCE » PUIS  
« DEVENIR MEMBRE » ET REMPLISSEZ LA FICHE**



## MODALITES PRATIQUES

### PUBLICATIONS – ÉDITIONS

Les textes des communications seront consultables en ligne sur le site d'URSI-France :  
<http://ursi-france.institut-telecom.fr>

Après avis du Comité scientifique, certains auteurs seront invités à publier un article, soit dans un numéro thématique des Comptes rendus Physique de l'Académie des sciences, soit dans la Revue de l'électricité et de l'électronique (REE).

Responsable des publications : **Frédérique de Fornel**

### ORGANISATION

COMITE SCIENTIFIQUE	COMITE D'ORGANISATION
<p><b>Présidente : Frédérique de Fornel</b>, Univ. de Bourgogne <b>André Deschamps</b>, Observatoire de Paris <b>Thibaut Le Bertre</b>, Observatoire de Paris <b>Daniel Maystre</b>, Institut Fresnel <b>Jacques Palicot</b>, Supélec <b>Françoise Paladian</b>, Univ. de Clermont-Ferrand <b>Alain Priou</b>, Univ. Paris Ouest, Ville-d'Avray <b>Roland Sabot</b>, CEA <b>Smail Tedjini</b>, LCIS <b>Chouki Zerrouki</b>, LC3B/Cnam</p>	<p><b>Présidente : Frédérique de Fornel</b>, Univ. de Bourgogne <b>Gérard Beaudin</b>, Observatoire de Paris <b>Joël Hamelin</b>, URSI-France <b>Thibaut Le Bertre</b>, Observatoire de Paris <b>Alain Sibille</b>, Secrétaire général d'URSI-France <b>Hervé Sizun</b>, Trésorier d'URSI-France <b>Smail Tedjini</b>, URSI <b>Michel Terré</b>, Cnam</p>

### PARTICIPATION

Une participation aux frais de 185 € est demandée à tous les participants. Elle comprend, entre autres, les collations et pauses café. Un tarif réduit de 80 € est accordé aux étudiants et seniors.

Pour 47 € supplémentaires le numéro thématique des Comptes rendus Physique de l'Académie des sciences, reprenant les principales contributions de ces journées, vous sera adressé dès sa parution début 2014.

### INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Vous pourrez trouver toutes informations utiles relatives aux Journées scientifiques 2013 sur le site d'URSI-France : <http://ursi-france.institut-telecom.fr>





AVEC LE SOUTIEN DE :



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

le cnam



COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS DE RADIOÉLECTRICITÉ SCIENTIFIQUE  
UNION RADIO SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

**Siège social** : Académie des Sciences, 23 quai de Conti, Paris 6<sup>ème</sup>

**Site Internet** : <http://ursi-france.institut-telecom.fr>

**Adresse postale** : Alain Sibille, Secrétaire général d'URSI-France,  
Télécom ParisTech, 46 rue Barrault, 75634 Paris Cedex 13  
Téléphone : 01 45 81 70 60  
Courriel : [ursi-france@mines-telecom.fr](mailto:ursi-france@mines-telecom.fr)