



## JOURNÉES SCIENTIFIQUES, WORKSHOP

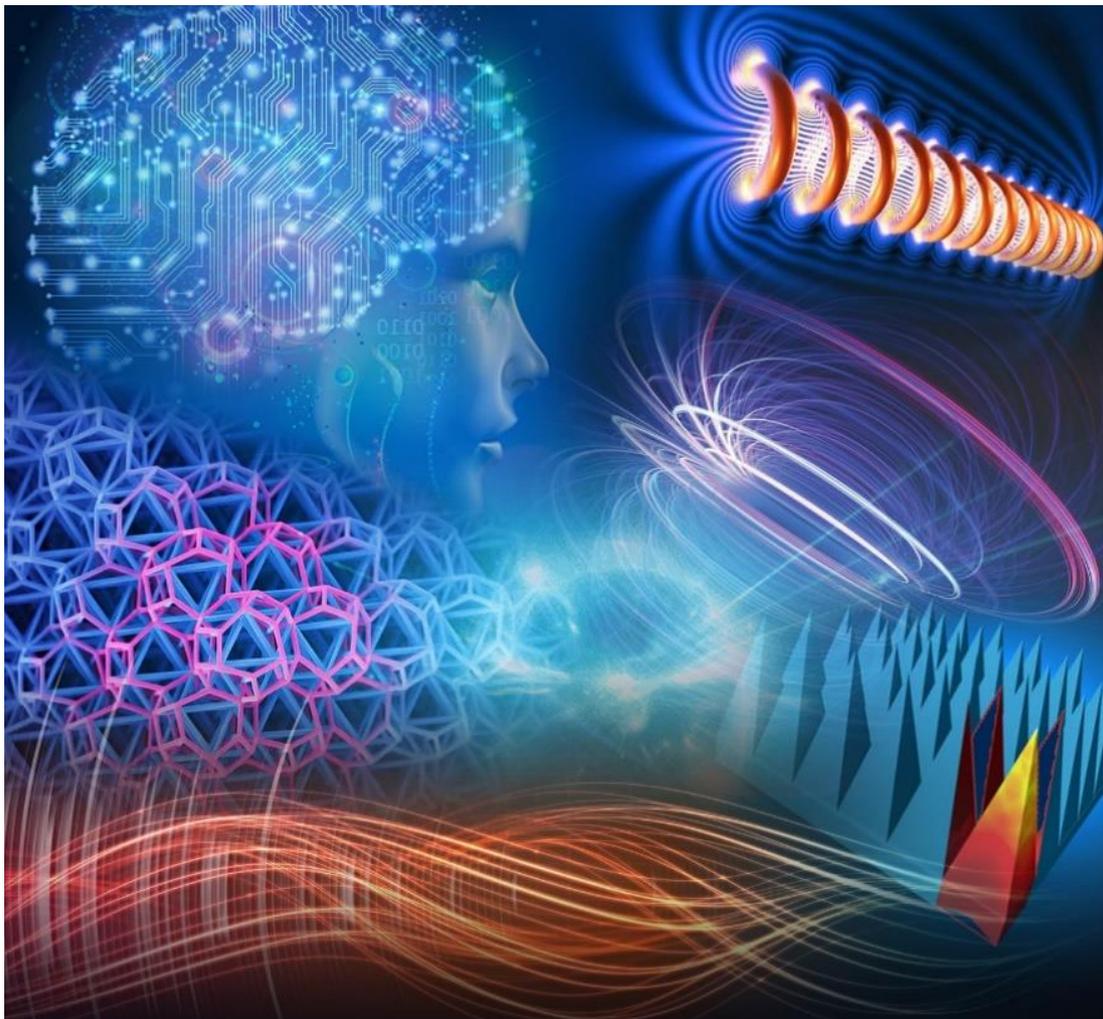
**L'ÉNERGIE AU CŒUR DES ONDES  
RESSOURCES ET ENVIRONNEMENT : "GESTION INTELLIGENTE"**

**ENERGY IN THE HEART OF THE WAVES  
RESSOURCES AND ENVIRONMENT: "SMART MANAGEMENT"**

**21-22 MARS 2023**

**CENTRALESUPÉLEC, PLATEAU DE SACLAY**

# PROGRAMME





## **SOMMAIRE, SUMMARY**

|   |           |
|---|-----------|
| - <b>ÉDITORIAL</b>                                    | <b>4</b>  |
| - <b>AGENDA</b>                                       | <b>6</b>  |
| - <b>RÉSUMÉS DES KEYNOTES</b>                         | <b>11</b> |
| - <b>RÉSUMÉS DES ARTICLES ET CONFÉRENCES INVITÉS</b>  | <b>12</b> |
| - <b>MÉDAILLE DU CNFRS À NICOLE CORNILLEAU-WEHLIN</b> | <b>24</b> |
| - <b>MÉDAILLE DU CNFRS À RENÉ DE SÈZE</b>             | <b>27</b> |
| - <b>PRIX DE THÈSE EN RADIOSCIENCES</b>               | <b>29</b> |
| - <b>SPONSORS DES JOURNÉES SCIENTIFIQUES</b>          | <b>30</b> |

## ÉDITORIAL

Les Journées scientifiques 2013 d'URSI-France, sous l'égide de l'Académie des sciences, ont pour thème : « L'énergie au cœur des ondes – Ressources et environnement : gestion intelligente ».

L'énergie est plus que jamais d'actualité : les modes de transmission, récupération, conversion, stockage ainsi que les matériaux et systèmes associés sont des enjeux interdisciplinaires dans de nombreux secteurs d'activités (mobilité, communication, santé, etc.).

Les ondes transportent par nature une densité d'énergie entre un émetteur et un récepteur. Elles jouent un rôle croissant dans la transmission, le contrôle et la gestion de l'énergie au sens large, à la fois par des aspects fondamentaux, des développements technologiques et des outils d'analyse. Aussi, toute source d'énergie, naturelle ou artificielle émet des ondes électromagnétiques qu'il est possible d'exploiter ou qu'il convient de maîtriser, selon les puissances en jeu.

C'est ainsi que sur un large spectre de fréquences, l'énergie se trouve au cœur des ondes et stimule un faisceau de recherches menées au sein d'une large communauté scientifique. Cette thématique générale sera déclinée pour ces Journées scientifiques au cours de 2 conférences plénières données par des acteurs industriels majeurs du domaine des transports, 8 conférences invitées, 16 communications orales et 8 posters.

Les sessions orales qui rythmeront ces Journées seront ouvertes par des conférencier(e)s invité(e)s qui présenteront l'état de la technique et des développements récents dans les divers domaines couverts par le programme. Les exposés et les débats qui les suivront seront au choix en Français ou en Anglais.

Enfin, comme chaque année, les Journées scientifiques seront ponctuées par la remise de la médaille du CNFRS/URSI-France, honorant une personnalité qui a contribué de façon remarquable aux progrès dans le domaine des radiosciences et à l'animation de la communauté scientifique. De même, le « Prix de thèse en radiosciences » sera attribué à un doctorant afin de récompenser et de faire connaître ses travaux à la communauté scientifique. Enfin, un prix du meilleur article « jeune scientifique » sera attribué par le comité scientifique à un doctorant ou post-doctorant, premier auteur de la communication.

**François Costa – Lionel Pichon**

*Co-présidents du comité scientifique des Journées Scientifiques 2023 d'URSI-France*

## EDITORIAL

*The URSI-France 2023 workshop, organized under the auspices of the French Academy of Sciences, will focus on « Energy in the heart of waves. Resources and environment: smart management »*

*Energy is more relevant than ever: modes of transmission, harvesting, conversion, storage as well as associated materials and systems are interdisciplinary issues in many sectors of activity (mobility, communication, health, etc.).*

*Waves carry by nature an energy density between a transmitter and a receiver. They are playing an increasing role in the transmission, control and management of energy in a broad sense, through fundamental aspects, technological developments and analysis tools. Also, any source of energy, either natural or artificial, radiates electromagnetic waves that can be used or managed, depending on the considered power.*

*Thus, over a wide frequency spectrum, energy is in the heart of the waves and stimulates a broad range of research works within a large scientific community. This general topic will be structured for this Workshop during 2 plenary conferences given by major industrial partners in the field of transportation, 8 invited conferences, 16 oral communications and 8 posters.*

*The oral sessions will be opened by invited speakers who will present the state of the art and recent developments in the various fields covered by the program. The presentations and the following discussions will take place in French or in English.*

*Finally, as every year, the Workshop will be accompanied by the awarding of the CNFRS/URSI-France medal, honouring a personality who has made a remarkable contribution to progress in the field of radio science and to the animation of the scientific community. In the same way, the "Radio science PhD award" will be awarded to a doctoral student in order to reward and publicize his work to the scientific community. Finally, a prize for the best "young scientist" paper will be awarded by the scientific committee to a doctoral or post-doctoral student, first author of the communication.*

**François Costa – Lionel Pichon**

*Scientific committee chairs of URSI-France 2023 Workshop*

## AGENDA

**Mardi 21 mars 2023**

***Tuesday March 21, 2023***

08:30 - 09:30 Accueil café, Enregistrement, *Welcome coffee, Registration* (Forum)

09:30 - 09:45 **Ouverture, Opening**

09:45 - 10:25 > Current and Future Challenges in Automotive EMC

**Keynote**

*Marco Kingler*

*Stellantis, 78943 Vélizy-Villacoublay – France*

10:25 - 10:50 **Pause-café, Coffee break**

10:50 - 12:00 **CEM, susceptibilité, vulnérabilité, interférences**

10:50 - 11:20 > Conception Amont en Compatibilité Electromagnétique de Systèmes Lanceurs

**Conf. Invit.**

*Olivier Maurice*

*ArianeGroupe, 78133 Les Mureaux Cedex, France*

11:20 - 11:40 > Dimensionnement d'un filtre hybride de mode commun

*Bacar Mohamed Nassurdine<sup>1,3,4</sup>, Pierre-Etienne. Lévy<sup>1</sup>, Denis Labrousse<sup>2</sup>, Jean-Luc Schanen<sup>3</sup>, Xavier Maynard<sup>4</sup>, Sébastien Carcouet<sup>5</sup>*

*1 Univ. Paris-Saclay, SATIE, F-91190 Gif-sur-Yvette, France*

*2 Le Cnam, SATIE, UMR 8029, F-75003 Paris, France, HUSSAM Université*

*3 Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, F-38000 Grenoble*

*4 Univ. Grenoble Alpes, CEA, Liten, F-38000 Grenoble, France*

*5 Univ. Grenoble Alpes, CEA, Leti, F-38000 Grenoble, France*

11:40 - 12:00 > Transport d'énergie électrique pour les systèmes de propulsion électrique et hybride dans le domaine aéronautique

*Charles Jullien, Anca Dieudonne, Jérôme Genoulaz*

*Safran Electrical & Power, EWISe DTI, 1 Rue Louis Blériot, 31702 BLAGNAC, France*

12:00 - 12:10 Présentation Rohde Schwarz

12:10 - 13:30 **Déjeuner, Lunch**

13:30 - 14:40 **Exposition des personnes et santé (1)**

13:30 - 14:00 > L'énergie au cœur des ondes et de la biologie

**Conf. Invit.**

*Lluís M. Mir*

*METSY (Metabolic aspects) UMR 9018 CNRS, Université Paris-Saclay, Institut Gustave Roussy, Villejuif, France – URSI France and ISC.*

14:00 - 14:20 > 24-Hour Temporal Variation of Indoor RF-EMF Downlink Exposure for Cellular Bands

*Biruk Ashenafi Mulugeta, Shanshan Wang, Wassim Ben Chikha, Jiang Liu, Christophe Roblin, Joe Wiart*

*Chaire C2M, LTCI, Telecom Paris, Institut Polytechnique de Paris*

14:20 - 14:40 > Analyse des données spatio-temporelles de l'exposition aux ondes électromagnétiques en environnement extérieur issues de sondes autonomes, mesures in situ et paramètres d'antennes

*Ourouk Jawad<sup>1</sup>, Emmanuelle Coni<sup>1</sup>, Jean-Benoît Agnani<sup>1</sup>, Shanshan Wang<sup>2</sup>, Joe Wiart<sup>2</sup>*

*1 ANFR, 78 avenue du général de Gaulle, 94700 Maisons-Alfort, France*

*2 Chaire C2M, LTCI, Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris, 91120 Palaiseau, France*

14:40 - 15:50 **Intelligence artificielle, optimisation des ressources, temps-fréquence**

14:40 - 15:10 > Allocation adaptative (intelligente) des ressources dans les systèmes de communication par lumière visible  
**Conf. Invit.**

*Valeria Loscri*

*Inria Lille-Nord Europe, Parc scientifique de la Haute Borne, 59650 Villeneuve d'Ascq - France*

15:10 - 15:30 > Multi-label classification with deep learning techniques applied to the Bscan image on radar GPR

*Soukayna El Karakhi Abouzouhour, Alain Reineix, and Christophe Guiffaut  
University of Limoges, XLIM Laboratory, Limoges, France*

15:30 - 15:50 > Metamodel multi-objective optimization of 3F3 Ferrites Core in a WPT system for automotive applications

*Paul Lagouanelle<sup>1,2</sup>, Charles Boulitrop<sup>1</sup>, Lionel Pichon<sup>1</sup>, Fabio Freschi<sup>2</sup> and Marc Lambert<sup>1</sup>*

*1 Group of electrical engineering - Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, 3 & 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette, France*

*2 Dipartimento Energia, Politecnico di Torino, 10129 Torino, Italy*

15:50 - 16:50 **Pause et session poster** (détails page 19), **Break and poster session** (details on page 19)

16:50 - 18:00 **Multiplicité et variabilité des sources, milieux et environnements complexes, niveaux d'énergie, fréquences**

16:50 - 17:20 > Risques des travailleurs exposés à des champs électromagnétiques : Prévention et recherche  
**Conf. Invit.**

*Gérard Fleury*

*Laboratoire d'Electromagnétisme, Vibrations et Optique, Institut national de recherche et de sécurité (INRS) Vandoeuvre-lès-Nancy, France*

17:20 - 17:40 > Considérations sur la conception d'un redresseur destiné à la récupération d'énergie RF dans la bande ISM à 868 MHz

*Jesus Argote-Aguilar<sup>1,2</sup>, Florin-Doru Hutu<sup>2</sup>, Guillaume Villemaud<sup>2</sup>, Matthieu Gautier<sup>1</sup>, Olivier Berder<sup>1</sup>*

*1 Univ Rennes, CNRS, IRISA*

*2 Univ Lyon, INSA Lyon, Inria, CITI, EA3720, 69621 Villeurbanne, France,*

17:40 - 18:00 > Étude de la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux implantables actifs aux champs magnétiques industriels basses fréquences  
*Lucien Hammen<sup>1,2</sup>, Lionel Pichon<sup>2</sup>, Yann Le Bihan<sup>2</sup>, Mohamed Bensettit<sup>2</sup>, Gérard Fleury<sup>1</sup>*

*1 Laboratoire d'Electromagnétisme, Vibrations et Optique, Institut national de recherche et de sécurité (INRS) Vandoeuvre-lès-Nancy, France*

*2 Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Sorbonne Université Gif-sur-Yvette, France*

---

18:15 - 18:40 **Prix de thèse en radiosciences, Radiosciences PhD Award**

---

18:40 - 19:30 **Médailles CNFRS/URSI-France, URSI-France Medals**

---

19:30 - 21:00 **Cocktail dînatoire**

---

---

**Mercredi 22 mars 2023**

***Wednesday March 22, 2023***

---

09:00 - 09:40 > Méthodologies d'analyse de la CEM en aéronautique : illustration sur les interfaces de calculateurs et sur les nouveaux réseaux électriques de puissance  
**Keynote**

*François De Daran & Bertrand Revol*

*Safran Tech, 78772 Magny-les-Hameaux*

---

09:40 - 10:50 **Modèles multi-échelles / multi-niveaux**

09:40 - 10:10 > Matching of an Observed Event and Its Virtual Model in Relation to Smart  
**Conf. Invit.** Theories, Coupled Models and Supervision of Complex Procedures

*Adel Razek*

*Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris (GeePs), Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Sorbonne Université Gif-sur-Yvette, France*

---

10:10 - 10:30 > Design and optimization of inductive power transfer systems by metamodeling techniques

*Yao Pei, Lionel Pichon, Mohamed Bensetti, Yann Le Bihan*

*Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette, France  
Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, 75252, Paris, France*

---

10:30 - 10:50 > Lightning propagation in a 3D cloud

*Philippe Dessante*

*GeePs | Group of electrical engineering-Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Universités, 3 & 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette CEDEX, France*

---

10:50 - 11:20 **Pause-café, Coffee break**

---

11:20 - 12:30 **Protocoles de mesure**

---

11:20 - 11:50 > La chambre réverbérante électromagnétique : un outil aux multiples **Conf. Invit.** facettes et applications

*Philippe Besnier*

*Univ Rennes, INSA Rennes, CNRS, IETR - UMR 6164 F-35000 Rennes*

---

11:50 - 12:10 > Measurement of the Radiation Pattern of a Horn Antenna in a Vibrating Intrinsic Reverberation Chamber

*Youssef Ramma<sup>1</sup>, Guillaume Andrieu<sup>1</sup>, Nicolas Ticaud<sup>2</sup>, Nicolas Roger<sup>3</sup>, Alexandre Laisné<sup>4</sup>, and Philippe Pouliquen<sup>5</sup>*

*1 Xlim laboratory, University of Limoges*

*2 Cisteme, Limoges*

*3 Jacques Dubois, Barentin*

*4 DGA Techniques Aéronautiques, Toulouse*

*5 DGA / AID, Paris*

---

12:10 - 12:30 > Méthode de caractérisation expérimentale de l'état de santé d'un composant constituant un module de puissance

*Anusha Gopishetti<sup>1</sup>, Stéphane. Baffreau<sup>2</sup>, Paul Etienne Vidal<sup>1,3</sup>*

*1 Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), Pau, France,*

*2 IUT-Tarbes GEII, Tarbes, France*

*3 Université de Toulouse, INP-ENIT, Tarbes, France*

---

12:30 - 14:00 **Déjeuner, Lunch**

---

14:00 - 15:10 **Sobriété, flexibilité, efficacité, acceptabilité, résilience, gestion du risque**

---

14:00 - 14:30 > Communications ultra-basse énergie par rétrodiffusion de champ ambiant **Conf. Invit.**

*Julien De Rosny*

*Institut Langevin – ESPCI, 75238 Paris, France*

---

14:30 - 14:50 > Densité optimale des stations de base du point de vue de l'efficacité énergétique pour les futurs réseaux 5G et 6G

*Mohamad Younes<sup>1</sup>, Yves Louët<sup>2</sup>*

*1 Académie Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, Centre de Recherche de Coëtquidan, 56380, Guer, France*

*2 CentraleSupélec, Campus de Rennes, IETR UMR CNRS 6164, 35576, Cesson-Sévigné, France*

---

14:50 - 15:10 > Antenne à onde de fuite multifaisceau pour l'estimation d'angle d'arrivée aux fréquences millimétriques

*Julien Sarrazin, Guido Valerio*

*Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, 75252, Paris, France Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette*

---

15:10 - 15:40 **Pause-café, Coffee break**

---

15:40 - 16:50 **Exposition des personnes et santé (2)**

---

15:40 - 16:10 > New 6g challenges: the time for electromagnetic field awareness has come  
**Conf. Invit.**

*Dinh-Thuy Phan-Huy*

*Orange Innovation/Networks, 92326 Chatillon*

---

16:10 - 16:30 > National measurement campaign to study the 5G contribution to public exposure to electromagnetic waves

*Lydia Sefsouf, Emmanuelle Conil, Jean-Benoît Agnani*

*Agence Nationale des fréquences (ANFR), Maisons-Alfort, France*

---

16:30 - 16:50 > Une méthode de simulation adaptée pour la modélisation France entière de l'exposition aux ondes radioélectriques

*N. Noé<sup>1</sup>, J.B. Dufour<sup>2</sup>, L. Sefsouf<sup>3</sup>, N. Bounoua<sup>2</sup>, E. Conil<sup>3</sup>, J.B. Agnani<sup>3</sup>, and S. Carré<sup>1</sup>*

*1 Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Nantes*

*2 Geomod, Saint-Didier-au-Mont-d'Or*

*3 Agence nationale des fréquences, Maisons-Alfort*

---

16:50 - 17:00 **Clôture, Closing**

---

## RÉSUMÉ DES KEYNOTES

**Marco Klingler (Stellantis)**

### **Current and Future Challenges in Automotive EMC**

This presentation will focus on the numerous technical challenges awaiting the automotive industry in the near future. In this context, the speaker will describe the most important topics which raise serious and sometimes new EMC issues: battery electric vehicles (EVs) and full-hybrid electric vehicles (HEVs), mild-hybrid vehicles including a 48V power network, EVs and HEVs in the situation of charging mode, the special case of wireless inductive charging of EVs and HEVs, new materials and especially composite materials, new Digital Audio Broadcasting (DAB) reception, invehicle high data rate wire transmission links, wireless communication systems, invehicle wireless charging of mobile objects, and finally Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) which are elementary bricks of future autonomous cars.

**François De Daran, Bertrand Revol (Safran Tech)**

### **Méthodologies d'analyse de la CEM en aéronautique : illustration sur les interfaces de calculateurs et sur les nouveaux réseaux électriques de puissance**

La CEM couvre un vaste domaine de phénomènes, quasiment du continu à une trentaine de Gigahertz avec des phénomènes physiques diverses, conduit ou rayonnés. Classiquement les spécifications qui correspondent aux risques liés à ces phénomènes sont rédigées au début du cycle en V et validées en fin de design par des simulations numériques et des essais de certification.

Le processus de développement est long et s'appuie fortement sur l'expérience des concepteurs. Les validations du système étant réalisées très tard dans le projet cette méthode se prête bien à des améliorations itératives.

Cependant les contraintes impératives liées à la décarbonation amènent l'aéronautique à chercher des innovations de rupture. A titre d'exemple nous pouvons citer le moteur RISE qui est un moteur OPEN ROTOR qui intègre un système hybride mécanique/électrique. C'est par ce type de solution que Safran atteindra un objectif de -30% de consommation à l'horizon des années 2030.

Pour répondre à ces enjeux Safran propose un cycle en V modifié par l'utilisation de plans d'expériences numérique. Ce travail de modélisation sera illustré sur les nouveaux réseaux électriques de puissance et par la prise en compte de la foudre.

## RÉSUMÉ DES ARTICLES ET CONFÉRENCES INVITÉS

**Les textes complets sont consultables en ligne sur**

**<https://ursifr-2023.sciencesconf.org/program> et sur le site d'URSI-France : <https://www.ursi-france.org/evenements/journees-scientifiques/2023>**

***The full texts are available online on***

***<https://ursifr-2023.sciencesconf.org/program> and on URSI-France site: <https://www.ursi-france.org/evenements/journees-scientifiques/2023/2023-en>***

---

## **Session 1 : CEM, susceptibilité, vulnérabilité, interférences**

---

### **Conception Amont en Compatibilité Electromagnétique de Systèmes Lanceurs**

Olivier Maurice

*ArianeGroup, 78133 Les Mureaux Cedex, France*

Nous présentons une démarche pour la conception en CEM de lanceurs dans un contexte agile. Il faut disposer d'une capacité d'analyse amont et d'une capacité de simulation en phase de confirmation des choix. Après un rappel des fondements de l'analyse tensorielle des réseaux pour la CEM, nous positionnons son rôle dans la méthodologie suivie puis nous montrons sur un exemple illustratif incluant une électronique de puissance, le mécanisme d'usage de cette approche. En conclusion, nous étendons l'analyse à une application électrothermique et abordons les critères de décisions pour les architectures.

### **Dimensionnement d'un filtre hybride de mode commun**

B. Mohamed Nassurdine<sup>1,3,4</sup>, PE. Lévy<sup>1</sup>, D. Labrousse<sup>2</sup>, JL. Schanen<sup>3</sup>, X. Maynard<sup>4</sup>, S. Carcouet<sup>5</sup>

*1 Univ. Paris-Saclay, SATIE, F-91190 Gif-sur-Yvette, France*

*2 Le Cnam, SATIE, UMR 8029, F-75003 Paris, France, HUSSAM Université*

*3 Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, F-38000 Grenoble*

*4 Univ. Grenoble Alpes, CEA, Liten, F-38000 Grenoble, France*

*5 Univ. Grenoble Alpes, CEA, Leti, F-38000 Grenoble, France*

Ce papier propose l'étude et le dimensionnement d'un filtre CEM hybride (HEF) de mode commun (CM) capable d'atténuer les perturbations électromagnétiques dans une plage de fréquence donnée. L'étude et l'analyse de l'AEF sont basées sur le modèle CM d'un convertisseur de puissance élévateur Boost. Dans un filtrage CEM hybride, les perturbations basses fréquences sont filtrées par un filtre CEM actif (AEF) et les plus hautes fréquences par un filtre CEM passif (PEF). Par conséquent, la première partie de ces travaux est consacrée à l'étude et au dimensionnement de l'AEF. Dans cette partie les règles de conception sont présentées en détail. Un prototype fonctionnel respectant la norme aéronautique (DO160) jusqu'à 1MHz est réalisé. La dernière partie est dédiée au choix et à l'étude du PEF pour les plus hautes fréquences permettant de satisfaire la norme jusqu'à 30MHz. Cette étape permettra d'étudier la stabilité du HEF et la prise en compte de la partie active dans le dimensionnement du filtre passif. Des résultats expérimentaux et simulés valident la méthodologie proposée.

### **Transport d'énergie électrique pour les systèmes de propulsion électrique et hybride dans le domaine aéronautique**

Charles Jullien, Anca Dieudonne, Jérôme Genoulaz

*Safran Electrical & Power, EWISe DTI, 1 Rue Louis Blériot, 31702 BLAGNAC, France*

Cet article présente la vision aéronautique du transport d'énergie électrique avec une vision à court terme. Une analyse globale de l'énergie électrique à bord sera faite lors de la discussion sur les problématiques introduites par la propulsion électrique et hybride dans le domaine aéronautique. Un focus dédié sur les problèmes CEM sera présenté. Cela mettra en évidence l'importance et la prise en compte de la CEM au niveau des harnais dans le système électrique global pour assurer la réalisation d'avions hybrides, voire tout électriques.

---

## **Session 2 : Exposition des personnes et santé (1)**

---

### **L'énergie au cœur des ondes et de la biologie**

Lluís M. Mir

*METSY (Metabolic aspects) UMR 9018 CNRS, Université Paris-Saclay, Institut Gustave Roussy, Villejuif, France – URSI France and ISC.*

Cet exposé, qui servira d'introduction à la séance « Exposition des personnes et santé », rapportera mes réflexions (les réflexions d'un biologiste) sur le thème des Journées Scientifiques d'URSI-France 2023. Avant d'être « biologique », le vivant est physico-chimique, et la vie s'est donc construite à partir de l'énergie contenue dans les ondes. La vie exploite les ondes pour de nombreuses fonctions (la vue, l'ouïe, le sens « électromagnétique » de certains animaux, ...). Mais la vie exploite aussi l'énergie solaire et surtout elle sait la transformer et la stocker (avec une gestion particulièrement intelligente). Pour comprendre les effets sanitaires des ondes électromagnétiques d'origine anthropogénique, il est important de comprendre les effets biologiques de ces ondes. Et pour cela, il n'est pas inintéressant d'essayer d'analyser les relations entre ondes et objets biologiques. Deux difficultés néanmoins : d'une part, l'énorme étendue du spectre des fréquences des ondes électromagnétiques qui font que ces interactions peuvent être très variées, et d'autre part la grande variabilité des solutions développées par les êtres vivants pour détecter et interpréter les ondes électromagnétiques, quelle que soit l'intensité (donc, pour certaines interactions, le niveau d'énergie) de ces ondes. Sans pouvoir être exhaustif, cet exposé essaiera d'apporter certains éclairages sur les relations entre énergie, ondes et objets biologiques.

### **24-Hour Temporal Variation of Indoor RF-EMF Downlink Exposure for Cellular Bands**

Biruk Ashenafi Mulugeta, Shanshan Wang, Wassim Ben Chikha, Jiang Liu, Christophe Roblin, Joe Wiart  
*Chaire C2M, LTCI, Telecom Paris, Institut Polytechnique de Paris*

Wireless communication has been a part of human life and it is continuously evolving. With the usage of wireless communication devices, the assessment of human exposure to radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) has now become very important due to public risk perception. The human exposure to RF-EMF at a given location exhibits variation in the time domain due to the dynamic nature of radio channels and traffic. With much spectrum having been re-farmed to new generation of technologies, it is necessary to investigate the time variability of each cellular band. This paper investigates the average 24-hour time variability of each cellular band by collecting one-week of measurement data using frequency selective measurement system at a stationary position in an indoor environment. We analyzed the trend in the average 24-hour time variation of RF-EMF downlink (DL) exposure averaged per minute and per hour for each cellular band where the variation pattern depends on the cellular technologies being utilized. As a conclusion, the RF-EMF downlink (DL) exposure is higher during daytime than at night due to the increased cellular usage. Moreover, the 700 MHz, 2600 MHz and 1800 MHz bands dominate the variation pattern of the total RF-EMF DL exposure as they have higher contribution to the total RF-EMF DL exposure.

### **Space-time data analysis of exposure to electromagnetic fields in outdoor environment from autonomous probes, in situ measurements and antennas parameters**

Ourouk Jawad<sup>1</sup>, Emmanuelle Conil<sup>1</sup>, Jean-Benoît Agnani<sup>1</sup>, Shanshan Wang<sup>2</sup>, Joe Wiart<sup>2</sup>

*1 ANFR, 78 avenue du général de Gaulle, 94700 Maisons-Alfort, France*

*2 Chaire C2M, LTCI, Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris, 91120 Palaiseau, France*

The study rests on a new space-time analysis of the exposure based on the deployment of E field monitoring autonomous wideband probes in many French cities. Mixing probe's data with frequency selective in situ measurements carried out by ANFR and the knowledge of the nearby antennas, enable to conclude statistically on the exposure of the people. Indeed, the data gathered by probes reveals that different periodicity exist (seasonality, day/night, week days/weekend). The data gathered by in situ measurements carried out by ANFR crossed with closest antennas surrounding measurement position reveals that the correlation exists between the antennas knowledge and measurement results.

---

## **Session 3 : Intelligence artificielle, optimisation des ressources, temps-fréquence**

---

### **Allocation adaptative (intelligente) des ressources dans les systèmes de communication par lumière visible**

Valeria Loscri

*Inria Lille-Nord Europe, Parc scientifique de la Haute Borne, 59650 Villeneuve d'Ascq – France*

L'intérêt de la technologie VLC repose sur la possibilité d'exploiter l'infrastructure d'éclairage pour éclairer et réaliser l'envoi de données en même temps. En ce sens, VLC peut être considéré comme une technologie de communication "green" et il y a plusieurs initiatives pour l'inclure dans les futurs réseaux 6G. L'un des principaux problèmes des systèmes VLC est l'interférence et le bruit générés par l'éclairage externe, à la fois naturel (soleil) et artificiel. Afin de concevoir un mécanisme capable de s'adapter aux variations de l'environnement, des mécanismes adaptatifs basés sur des méthodes d'apprentissage, peuvent se révéler très efficace, pour gérer l'allocation des ressources d'une manière optimale. Dans ce contexte, nous avons implémenté une approche basée sur le Multi-Arm Bandit (MAB) avec un algorithme Thompson Sampling, que nous avons intégré dans un prototype VLC. En plus, nous avons récemment mis en place un système VLC bidirectionnel, avec un algorithme de synchronisation intégré, pour obtenir un système adaptatif complet capable de sélectionner le schéma de modulation le plus approprié sur la base d'une table de correspondance au niveau du récepteur. Le système a été testé dans des scénarios intérieurs réels avec différentes conditions de luminosité, et intensité de luminosité évoluant dans le temps afin de tester l'efficacité de la synchronisation.

### **Multi-label classification with deep learning techniques applied to the Bscan image on radar GPR**

Soukayna El Karakhi Abouzouhour, Alain Reineix, and Christophe Guiffaut

*University of Limoges, XLIM Laboratory, Limoges, France*

The ground penetrating radars (GPR) are now widely used for the detection of buried objects in areas such as: geology, archaeology and civil engineering. It has the advantage of allowing detection by a non-destructive technique. The principle for time domain GPR consists in emitting electromagnetic pulses in the ground, these one are then reflected by the targets to be detected. A single GPR signal trace captured at a position of the radar is a 1D signal called Ascans. A set of Ascans radar waveforms captured at a certain number of different consecutive positions along a particular direction will form a 2D signal called B-scan in the case of a rectilinear displacement. They show response shapes of hyperbolic type and its analysis gives many characteristics. For example, in the case of buried pipes, a specific processing allows to find the diameter of these pipes, their nature as well as the characteristics of the ground. However, these approaches often require complex post-processing of the Bscan, which can be time-consuming and therefore makes it difficult to perform real-time characterisation at the expense of such methods. With the emergence of deep neural networks and with a learning phase on a large number of Bscan, it becomes possible to extract almost instantaneously the characteristics of GPR radar data. In this study, a multi-label classification (MLC) model based on transfer learning and data augmentation was developed to generate multiple information elements on the same image and to realize classification. Three deep learning models: VGG-16, ResNet-50 and adapted CNN were used as pre-trained model.

## **Metamodel multi-objective optimization of 3F3 Ferrites Core in a WPT system for automotive applications**

Paul Lagouanelle<sup>1,2</sup>, Charles Boulitrop<sup>1</sup>, Lionel Pichon<sup>1</sup>, Fabio Freschi<sup>2</sup> and Marc Lambert<sup>1</sup>  
*1 Group of electrical engineering - Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, 3 & 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette, France*  
*2 Dipartimento Energia, Politecnico di Torino, 10129 Torino, Italy*

This paper shows the useful combination of a gradient-based particle swarm optimization (GPSO) method with a metamodeling process in order to save computation time for the design of a Wireless Power Transfer (WPT) system for automotive applications. The goal of this analysis has been to investigate new configurations for 3F3 ferrite cores in an existing WPT system regarding both the coupling factor and the ferrite volumes. An innovative gradient-based multi-objective optimization method has been coupled to an adaptive sampling algorithm for Polynomial-Chaos Kriging (PCK) metamodeling.

---

## **Session 4 : Multiplicité et variabilité des sources, milieux et environnements complexes, niveaux d'énergie, fréquences**

---

### **Risques des travailleurs exposés à des champs électromagnétiques : Prévention et recherche**

Gérard Fleury  
*Institut National de Recherche et de Sécurité, Rue du Morvan, 54501 Vandœuvre-Lès-Nancy*

L'INRS est l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. En introduction, la présentation rappellera les statuts, les missions mais également les moyens d'action de l'INRS. La prévention des risques professionnels liés à des expositions aux champs électromagnétiques repose en partie sur la réglementation. La seconde partie de l'exposé rappellera les principaux effets des champs électromagnétiques sur l'Homme, en particulier les effets sensoriels et ceux d'ordre sanitaire, pour lesquels le respect de valeurs seuils définies réglementairement garantit leurs absences. En troisième partie, l'exposé fera sur le point sur la démarche d'évaluation du risque actuellement mise en œuvre pour les opérateurs de soudage par point. Il explicitera certaines limites inhérentes à cette approche, dont l'identification a servi à la construction d'une nouvelle recherche actuellement en cours à l'INRS. Finalement, cette présentation conclura en présentant les points de cette thématique sur lesquels une veille technique, juridique et médicale est actuellement en cours à l'INRS ainsi que des éléments de perspectives susceptibles d'orienter nos axes de recherche à l'avenir.

### **Considérations sur la conception d'un redresseur destiné à la récupération d'énergie RF dans la bande ISM à 868 MHz**

Jesus Argote-Aguilar<sup>1,2</sup>, Florin-Doru Hutu<sup>2</sup>, Guillaume Villemaud<sup>2</sup>, Matthieu Gautier<sup>1</sup>, Olivier Berder<sup>1</sup>  
*1 Univ Rennes, CNRS, IRISA*  
*2 Univ Lyon, INSA Lyon, Inria, CITI, EA3720, 69621 Villeurbanne, France*

L'étude théorique des redresseurs RF à travers la simulation avec des composants idéaux est une première approche pour comprendre les atouts et les inconvénients d'un tel circuit destiné à la récupération d'énergie RF. Cependant, les composants électroniques réels ont des pertes et des effets parasites qui peuvent changer drastiquement le comportement de ces redresseurs, notamment leur rendement de conversion. Le travail présenté ici met en évidence l'importance de prendre en compte la technologie de fabrication. Les considérations de conception pour le redresseur proposé ici tiennent compte du contexte applicatif qui est l'alimentation avec une tension continue régulée d'une interface de type « wake-up radio » à travers un circuit de gestion d'énergie (PMIC - Power Management Integrated Circuit).

## **Étude de la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux implantables actifs aux champs magnétiques industriels basses fréquences**

Lucien Hammen<sup>1,2</sup>, Lionel Pichon<sup>2</sup>, Yann Le Bihan<sup>2</sup>, Mohamed Bensetti<sup>2</sup>, Gérard Fleury<sup>1</sup>

*1 Laboratoire d'Électromagnétisme, Vibrations et Optique, Institut national de recherche et de sécurité (INRS) Vandœuvre-lès-Nancy, France*

*2 Laboratoire de Génie Électrique et Electronique de Paris, Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Sorbonne Université Gif-sur-Yvette, France*

De plus en plus de travailleurs sont équipés de Dispositifs Médicaux Implantables Actifs (DMIA) pouvant interférer avec les sources industrielles de champs électromagnétiques. Une nouvelle méthode d'essai pour évaluer la compatibilité électromagnétique (CEM) des DMIA aux champs magnétiques industriels a été développée. Elle est basée sur une approche expérimentale mettant en œuvre un banc d'essai spécifique. Le champ magnétique généré par celui-ci peut atteindre, entre 50 Hz et 50 kHz, les limites d'exposition hautes pour les travailleurs pour chaque direction de l'espace. La solution technique adoptée est l'utilisation de 3 bobines de Helmholtz imbriquées selon 3 directions de l'espace orthogonales. Une bonne adéquation entre les simulations numériques et les mesures expérimentales a été observée. Pour illustrer la mise en œuvre de cette nouvelle méthode d'essai, une étude de l'impact de l'orientation du champ magnétique sur le fonctionnement d'un pacemaker (PM) est présentée. Il apparaît que l'orientation du champ est un paramètre déterminant pour la CEM des PM. L'étude de l'impact d'autres paramètres tels que la fréquence ou la conductivité de la solution saline est en cours. Une comparaison entre différents modèles sera également menée. Cette méthode pourra être appliquée à d'autres DMIA tels que des défibrillateurs implantables.

---

## **Session 5 : Modèles multi-échelles / multi-niveaux**

---

### **Matching of an Observed Event and Its Virtual Model in Relation to Smart Theories, Coupled Models and Supervision of Complex Procedures – A Review**

Adel Razek

*Group of Electrical Engineering – Paris (GeePs), CNRS, University of Paris-Saclay and Sorbonne University, F91190 Gif sur Yvette, France*

This contribution aims to illustrate the nature of the observation - modeling (or real - virtual) link, the importance of the exact model (or coupled model) in the matching involved in this link and the use of this link in the supervision of complex procedures. This involves offline and realtime matching practices. The offline case is mainly about the management and ruling of elegant theories and computational tools mimicking physical paradigms. Real-time pairing notably concerns natural phenomena, autonomous automated systems and complex procedures. The paper assess, analyze and discuss the different elements mentioned. This is aided by a literature review.

### **Design and optimization of inductive power transfer systems by metamodelling techniques**

Yao Pei, Lionel Pichon, Mohamed Bensetti, Yann Le Bihan

*Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette, France Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Electronique de Paris, 75252, Paris, France*

Ce papier présente une méthode de métamodélisation afin d'optimiser un système de transfert de puissance inductif résonant et de gérer les contraintes de compatibilité électromagnétique (CEM) dans les véhicules électriques. La méthode inclut simultanément différents aspects du problème électromagnétique : la forme des bobines, les caractéristiques géométriques du système (ferrites, châssis du véhicule, plaques de blindage), le désalignement entre l'émetteur et le récepteur. Cette méthodologie repose sur la combinaison de la méthode des éléments finis (MEF) avec des techniques de métamodélisation et des algorithmes d'optimisation.

## Lightning propagation in a 3D cloud

Philippe Dessante

*GeePs | Group of electrical engineering-Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Universités, 3 & 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette CEDEX, France*

This paper deals with leader propagation in a typical cloud structure. From a cloud photography, an elevation of the base layer of the cloud is determined by a picture analysis. A cloud structure is then formed with its typical 3 layers: positive bottom and upper layer, and a negative layer in the middle. This space charge repartition is used to calculate an electrical potential distribution above the ground. A leader propagation modelling is then proposed: the leader propagates in the direction of the maximum difference in term of electrical potential. Different inception altitudes for the leader inception are tested. The simulations tend to validate the hypothesis that positive cloud to ground lightnings come from the base layer. This positive base layer form also a shield for the negative lightning which tends to be intracloud. Negative lightning must benefit from weakness or holes in the positive base layer to propagates toward the ground.

---

## Session 6 : Protocoles de mesure

---

### La chambre réverbérante électromagnétique : un outil aux multiples facettes et applications

Philippe Besnier

*Univ Rennes, INSA Rennes, CNRS, IETR - UMR 6164 F-35000 Rennes*

Les chambres réverbérantes électromagnétiques se sont imposées progressivement comme moyen d'essai dans le domaine de l'évaluation de la compatibilité électromagnétique d'équipements électroniques embarqués. La production d'un champ diffus associée à la génération d'un champ d'intensité moyenne élevée a notamment ouvert leur exploitation dans le domaine de l'immunité électromagnétique. C'est également un excellent vecteur pour l'estimation de la puissance totale rayonnée autre grandeur d'intérêt pour la compatibilité électromagnétique (évaluation de l'émissivité rayonnée) et l'évaluation des performances radiofréquence d'un émetteur intentionnel RF. Au-delà de ces aspects, les chambres réverbérantes s'ouvrent également à bien d'autres applications, à différents stades de maturité. La mesure d'efficacité d'antenne ou de gain de diversité dans un canal à forte densité de trajets multiples constituent des exemples d'application. Les chambres réverbérantes sont désormais au cœur des tests « over the air » (OTA) pour les stations de base 5G. Les propriétés des chambres réverbérantes peuvent également être mises à profit pour explorer bien d'autres voies, incluant l'exposition des ondes sur le vivant, la mesure de diagramme de rayonnement, les mesures en rétrodiffusion. C'est précisément ce que nous illustrerons lors de cette communication en nous appuyant sur quelques exemples de protocoles de mesure issus de la littérature.

### Measurement of the Radiation Pattern of a Horn Antenna in a Vibrating Intrinsic Reverberation Chamber

Youssef Rammal<sup>1</sup>, Guillaume Andrieu<sup>1</sup>, Nicolas Ticaud<sup>2</sup>, NicolasRoger<sup>3</sup>, Alexandre Laisné<sup>4</sup>, and Philippe Pouliguen<sup>5</sup>

*1 Xlim laboratory, University of Limoges*

*2 Cisteme, Limoges*

*3 Jacques Dubois, Barentin*

*4 DGA Techniques Aéronautiques, Toulouse*

*5 DGA / AID, Paris*

In this paper, we present promising results when determining the radiation pattern of an antenna within a fully stirred vibrating intrinsic reverberation chamber (VIRC). The aim is to separate the direct line-of-sight (LOS) path between the antenna under test and the measuring antenna from all other indirect

paths within the VIRC. The proposed method uses a simple averaging technique based on multiple S21 measurements collected between two antennas for a given angle. The method is successfully tested on a broadband horn antenna at 11 GHz, using a recently installed VIRC at Cisteme.

### **Méthode de caractérisation expérimentale de l'état de santé d'un composant constituant un module de puissance**

Anusha Gopishetti<sup>1</sup>, Stéphane Baffreau<sup>2</sup>, Paul-Etienne Vidal<sup>1,3</sup>

*1 Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), Pau, France*

*2 IUT-Tarbes GEII, Tarbes, France*

*3 Université de Toulouse, INP-ENIT, Tarbes, France*

L'article présente une méthode non destructive de caractérisation de l'état de santé d'un des composant d'un module de puissance. Cette méthode repose sur l'analyse des interactions électromagnétiques sur une large bande de fréquences. Elle est appliquée avant et après chaque cycle de vieillissement d'un composant sous test. Une première détection de défaillance et son analyse sont détaillées afin d'identifier précisément les origines de cette défaillance. Cette identification de défaillance est validée au moyen de simulations électriques. Une amélioration du processus de mesure est décrite. Les résultats des nouvelles expérimentations menées incluant l'évolution du processus sont présentés afin de valider les améliorations attendues.

---

## **Session 7 : Sobriété, flexibilité, efficacité, acceptabilité, résilience, gestion du risque**

---

### **Communications ultra-basse énergie par rétrodiffusion de champ ambiant**

Julien De Rosny

*Institut Langevin – ESPCI, 75238 Paris Cedex 05, France*

Depuis quelques années le nombre d'objets connectés (IoT) croît de manière importante. Afin de limiter au maximum la consommation énergétique de ces IoT ainsi que l'encombrement spectral, des solutions passives fondées sur la modulation d'un champ ambiant par un rétrodiffuseur variable (AmB) sont étudiés. Durant cet exposé, une synthèse des résultats obtenus ces dernières années en étroite collaboration entre l'institut Langevin et Orange Innovation sur différents aspects des AmB pour évaluer et accroître leurs performances sera effectuée. Des aspects fondamentaux sur la modélisation du comportement des AmB jusqu'à des essais in situ ont été abordés lors de ces travaux. L'exposé se terminera par la présentation de résultats récents obtenus avec une surface reconfigurable ainsi qu'un prototype qui présente trois modes de fonctionnement : AmB, RIS et réseau d'antennes.

### **Densité optimale des stations de base du point de vue de l'efficacité énergétique pour les futurs réseaux 5G et 6G**

Mohamad Younes<sup>1</sup>, Yves Louët<sup>2</sup>

*1 Académie Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, Centre de Recherche de Coëtquidan, 56380, Guer, France*

*2 CentraleSupélec, Campus de Rennes, IETR UMR CNRS 6164, 35576, Cesson-Sévigné, France,*

Pour faire face à l'explosion du trafic et à la demande de nouveaux services, la transmission de nouveaux services, la transmission broadcast apparaît comme une approche prometteuse pour les réseaux de cinquième et sixième génération (5G, 6G). Une telle approche, appelée réseau à fréquence unique de multicast broadcast (MBSFN), consiste en une transmission synchronisée entre plusieurs stations de base (BS), ce qui limite les interférences, améliore la fiabilité et la couverture de la zone de service, et constitue une solution énergétique prometteuse pour les futurs réseaux 5G et 6G. Dans cet article, nous nous concentrons sur l'évaluation de la capacité de la transmission en mode broadcast via le MBSFN pour améliorer l'efficacité énergétique par rapport au mode unicast conventionnel, même lorsque ce dernier est réalisé avec la technologie de formation de faisceaux (beamforming). Nous cherchons

également à déterminer la densité optimale de BS définie par la valeur seuil à partir de laquelle le mode broadcast devient plus efficace que le mode unicast (avec ou sans beamforming) en termes d'efficacité énergétique.

### **Antenne à onde de fuite multifaisceau pour l'estimation d'angle d'arrivée aux fréquences millimétriques**

Julien Sarrazin, Guido Valerio

*Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, 75252, Paris, France Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS, Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, 91192, Gif-sur-Yvette*

Cet article introduit une antenne à onde de fuite entièrement métallique opérant autour de 27 GHz. Son originalité réside dans sa capacité à former de multiples faisceaux pour une même fréquence. Grâce à cela et à une dispersion accrue via des corrugations dans un guide d'onde rectangulaire, l'antenne est capable de scanner dans son plan H sur une plage angulaire de 180° avec une bande de fréquence de seulement 3.7%. Des simulations montrent ainsi qu'avec un algorithme de type MUSIC dans le domaine fréquentiel, il est possible d'estimer l'angle d'arrivée de plusieurs sources sans ambiguïté.

---

## **Session 8 : Exposition des personnes et santé (2)**

---

### **New 6g challenges: the time for electromagnetic field awareness has come**

Dinh-Thuy Phan Huy

*Orange*

To support the continuous growth of the Internet traffic, each new generation of mobile network (3G, 4G, 5G) is improved with respect to the previous generation, in terms of spectral efficiency, capacity, and energy efficiency. However, each new generation also adds its own cost in terms of spectrum and energy consumption to the costs of all previous already deployed ones. Moreover, it adds its own contribution to the overall Electro-Magnetic Field (EMF) exposure. In most countries, national regulators define the EMF limits based on the guidelines published by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). However, some countries or cities have adopted more stringent limits; sometimes ten times lower than the ICNIRP guidelines. More generally, ensuring arbitrarily low EMF exposure may potentially be requested in some areas, by customers, in the future. 6G, currently still at the Research stage, has the opportunity to be the first generation to take into account arbitrarily low EMF exposure in its design. We believe it is now the right time to explore disruptive approaches for transmitting more, with a better EMF exposure awareness.

### **National measurement campaign to study the 5G contribution to public exposure to electromagnetic waves**

Lydia Sefsouf, Emmanuelle Conil, Jean-Benoît Agnani

*Agence Nationale des fréquences (ANFR), Maisons-Alfort, France*

As part of its missions to monitor public exposure to electromagnetic waves, the French national frequency agency (ANFR) has launched an extensive measurement program at nearly 2 000 sites to assess exposure following the deployment of the new 5G mobile technology starting in late 2020. For each site identified in the program, an initial measurement is performed before the addition of 5G on these sites, a second and third measurement are performed at about 4 months and 8 months of operation in order to monitor the evolution of exposure according to the operational deployment and traffic growth. The measurements are carried out according to the ANFR protocol referenced in the French official journal, which is the reference text for accredited laboratories that carry out field measurements (E in situ). In addition to the global and detailed frequency exposure measurements, specific measurements were performed by downloading a 1 GB file on the 3 500 MHz band. This

procedure allows to artificially generate additional traffic corresponding to the exposure indicator proposed by ANFR for steerable beam antennas and allows to estimate the local exposure level that would be statistically reached in the long term in 5G.

### **Une méthode de simulation adaptée pour la modélisation France entière de l'exposition aux ondes radioélectriques**

Nicolas Noé<sup>1</sup>, Jean Benoît. Dufour<sup>2</sup>, Lydia Sefsouf<sup>3</sup>, Nabila Bounoua<sup>2</sup>, Emmanuelle. Conil<sup>3</sup>, Jean-Benoît Agnani<sup>3</sup>, and Samuel Carré<sup>1</sup>

*1 Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Nantes*

*2 Geomod, Saint-Didier-au-Mont-d'Or*

*3 Agence nationale des fréquences, Maisons-Alfort*

Dans le cadre de son plan de surveillance de l'exposition du public aux ondes, l'Agence nationale des fréquences réalise, en collaboration avec le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et Geomod, une modélisation numérique des niveaux d'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile à l'échelle du territoire national. Cette modélisation nécessite la mise en œuvre d'une méthode de calcul spécifique. La méthode présentée ici permet de restituer un niveau d'exposition en tout lieu (à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments) tout en conservant des temps de calcul compatibles avec les contraintes opérationnelles. La méthode est basée sur une approche à rayons combinée 2,5D et 3D et sur la prise en compte de zones de calcul dépendant des caractéristiques d'émission des antennes. La méthode est aujourd'hui mise en œuvre sur des zones d'expérimentation avant son déploiement complet.

**Assessment of Broadband Shielding Effectiveness of Composite Panels for Protective Enclosures**

Paul Clérico<sup>1</sup>, Lionel Pichon<sup>1</sup>, Xavier Mininger<sup>1</sup>, Olivier Dubrunfaut<sup>1</sup>, Florian Monsef<sup>1</sup>, Chadi Gannouni<sup>1</sup>, Delong He<sup>2</sup>, Jinbo Bai<sup>2</sup>, et Laurent Prévond<sup>3</sup>

*1 Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris, CentraleSupélec, CNRS, Université Paris-Saclay, 91192 Gif-sur-Yvette, Sorbonne Université, 75252 Paris, France,*

*2 Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay, CentraleSupélec, ENS Paris-Saclay, CNRS, Université Paris-Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette, France*

*3 SATIE-CNAM, ENS Paris-Saclay, CNRS, Université Paris-Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette, France*

The paper investigates the shielding effectiveness (SE) of a metallic enclosure with a multilayer composite cover over a wide frequency range, from near-field magnetic shielding (1 Hz – 1 MHz) to far-field electromagnetic shielding (4 GHz – 14 GHz). Two enclosures are considered: a conductive enclosure made of aluminum (Al) and a magnetic enclosure made of steel. The multilayer composite is a trilayer combining a thin conductive layer of graphene and a thin magnetic layer of a Fe-Ni alloy on either side of a fiberglass plate. To determine the SE of these enclosures in both low-frequency and high-frequency approaches, two experimental setups and two numerical models are developed. The use of the composite cover, instead of the metallic one, gives a similar level of SE in the far-field and a higher specific SE (i.e. SE divided by the material density) in the near-field from 1 Hz to 2 kHz. Such quantitative analysis is the first step to design practical enclosures entirely covered with composite panels to face EMC constraints in embedded systems.

**Table de transfert d'énergie sans contact**

Tanguy Phulpin, Doha Naji, Vinícius De Moraes, Wassim Kabbara

*GeePs - Group of electrical engineering - Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, 3 & 11 rue Joliot Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette, France*

Le transfert d'énergie inductif est une technologie en développement, tant pour les véhicules électriques que pour les applications domestiques. Ce travail de gestion d'énergie, au cœur des ondes électromagnétiques, porte sur la réalisation d'une table composée de plusieurs, par exemple 9 bobines émettrices reliées en série, dédiées à alimenter une ou plusieurs bobines réceptrices reliées à un redresseur pour y transférer suffisamment d'énergie et alimenter ainsi un appareil électronique posé sur la table. Des modélisations via le logiciel COMSOL, puis des réalisations de ces prototypes nous renseignent sur l'intérêt d'une telle structure dont les applications pourraient être diverses telles que dans une maison intelligente ou encore pour la recharge de drones.

**Application de la méthode de réduction d'échelle pour la co-simulation CEM d'un système de transfert de puissance inductif**

Amadou Bayaghiou Diallo<sup>1,2</sup>, Mohamed Bensetti<sup>2</sup>, Christian Vollaire<sup>1</sup>, Lionel Pichon<sup>2</sup>, Arnaud Breard<sup>1</sup>

*1 Univ Lyon, Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Univ Claude Bernard Lyon 1, CNRS, Ampère, UMR5005, 69130 Ecully, France*

*2 GeePs – Group of electrical engineering - Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay Sorbonne Université, 3&11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette, France*

Dans cet article, la méthode de réduction d'échelle est appliquée à un système de transfert de puissance par induction pour la charge des véhicules électriques afin de réaliser un prototypage rapide et peu coûteux. Ensuite, une méthode de co-simulation est proposée pour investiguer la CEM du système basée sur le couplage entre une analyse avec un solveur circuit de la partie électronique de puissance et une analyse avec un solveur éléments finis pour l'étude du rayonnement électromagnétique du coupleur magnétique. Enfin, il est proposé de combiner la méthode de réduction d'échelle avec la méthode de co-simulation pour prendre en compte simultanément les non-linéarités dues au convertisseur DC/AC, le redresseur et les caractéristiques du matériau magnétique du système.

## **Gestion de la consommation d'énergie pour les systèmes térahertz à très large bande**

Mohamad Younes<sup>1</sup>, Yves Louët<sup>2</sup>

*1 Académie Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, Centre de Recherche de Coëtquidan, 56380, Guer, France*

*2 CentraleSupélec, Campus de Rennes, IETR UMR CNRS 6164, 35576, Cesson-Sévigné, France*

La communauté scientifique ainsi que les entreprises du secteur des télécommunications se tournent de plus en plus vers la 6G. L'une des possibilités admises par la communauté pour la 6G est l'utilisation de bandes Sub-THz (0.1 THz – 1 THz). Ces bandes de fréquences sont étudiées avec un grand intérêt, puisqu'elles permettraient de communiquer sur une très large bande passante (plusieurs GHz), à des débits de données très élevés et avec une faible latence. En revanche, les communications aux fréquences Sub-THz posent des problèmes liés à leurs fortes consommations. C'est ce que nous étudions dans cet article. Nous cherchons à optimiser l'efficacité spectrale tout en minimisant la consommation énergétique du système de communication. L'optimisation est réalisée en prenant en compte la consommation d'énergie de l'amplificateur de puissance et l'énergie consommée par les unités de bande de base. Une attention particulière est ainsi portée à l'évaluation de l'impact de la distance de transmission et de la puissance consommée par les unités de bande de base sur les métriques optimales de consommation énergétique et d'efficacité spectrale.

## **Comparaison des modes de transmission unicast et broadcast dans le contexte de réseaux denses de stations de base distribuées de façon aléatoire**

Mohamad Younes<sup>1</sup>, Yves Louët<sup>2</sup>

*1 Académie Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan, Centre de Recherche de Coëtquidan, 56380, Guer, France*

*2 CentraleSupélec, Campus de Rennes, IETR UMR CNRS 6164, 35576, Cesson-Sévigné, France,*

Le trafic vidéo mobile augmente rapidement avec l'avènement des appareils mobiles connectés tels que les smartphones et les tablettes. Pour faire face à cette croissance du trafic, les réseaux cellulaires ont fait l'objet d'améliorations significatives ces dernières années, notamment via la transmission en mode broadcast lorsqu'il s'agit de fournir des services multimédias mobiles à un grand nombre d'utilisateurs. Dans cet article, nous abordons la question de l'évaluation et la comparaison des performances des modes unicast et broadcast en termes du rapport signal/bruit plus interférence (SINR), en considérant un réseau dense de cinquième génération (5G) modélisé avec des stations de base (BS) distribuées aléatoirement selon le processus ponctuel de poisson (PPP) au lieu du modèle hexagonal traditionnel. L'impact de la variation de la densité des BS est ainsi évalué, en tenant compte des interférences intra et inter cellulaires.

## **Prédiction des propriétés effectives de matériaux composites par une méthode de Machine Learning**

Abelin Kameni, Den Palessonga, Mohamed Bensetti

*Laboratoire de Génie Électrique Électronique de Paris – GeePs CNRS UMR8507 CentraleSupélec Université Paris-Saclay Sorbonne Université 11, rue Joliot Curie, Plateau de Moulon, 91190 Gif sur Yvette*

Par soucis de réduction de poids et gain de place, les matériaux composites sont progressivement introduits dans la fabrication des boîtiers de protection de systèmes embarqués. L'estimation des propriétés physiques effectives d'un milieu homogène équivalent à un matériau composite est très importante pour le dimensionnement de ces nouveaux types de boîtiers. Lorsque la structure interne de ces matériaux composites est complexe ou inconnue, les approches d'homogénéisation analytiques classiques ne sont pas adaptées. Dans cet article, une approche de prédiction des propriétés effectives de matériaux composites via un problème inverse basé sur une méthode de Machine Learning (réseaux de neurones) est présentée. La procédure consiste à évaluer les propriétés effectives d'un matériau composite en utilisant des valeurs d'efficacité de blindage issues d'un modèle analytique.

## **First Harmonic Approximation of a Full Bridge Rectifier with a Weak Capacitive Filter**

Wassim KABBARA<sup>1,2</sup>, Mohamed Bensetti<sup>1</sup>, Tanguy Phulpin<sup>1</sup>, Daniel Sadarnac<sup>1</sup>, Antoine Caillerez<sup>2</sup>, Serge Loudot<sup>2</sup>

*1 GeePs - Group of electrical engineering - Paris, UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, 3 & 11 rue Joliot Curie, Plateau de Moulon 91192 Gif-sur-Yvette, France*

*2 Renault, 1 Avenue du Golf, 78084 Guyancourt, France*

This paper provides an exhaustive model of a full bridge rectifier connected to a weak capacitive filter using the first harmonic approximation. The developed model aims to better analyze the behavior of dynamic inductive power transfer systems. It is represented as an equivalent resistance with its value given as a function of the circuit's parameters. The result is then confirmed by performing simulations using Matlab Simulink.

**REMISE DE LA MÉDAILLE DU CNFRS À  
AWARD OF THE CNFRS MEDAL TO**

**NICOLE CORNILLEAU-WEHRLIN**



**Nicole Cornilleau-Wehrlin  
Directrice de Recherches Émérite  
au CNRS**

Nicole Cornilleau-Wehrlin, Directrice de Recherches Émérite au CNRS, était affiliée au Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP). Ses premiers travaux de recherche datent de 1971, quand dans l'équipe dirigée par R. Gendrin au Groupe de Recherche Ionosphérique (GRI), elle a interprété des observations faites au sol d'ondes UBF, en termes de piégeage de particules, résultats qui feront l'objet de sa thèse de 3<sup>em</sup> cycle soutenue en 1972.

Son activité scientifique a, par la suite, été entièrement tournée vers la compréhension de la dynamique des plasmas spatiaux, de la magnétosphère de la Terre à celles des planètes magnétisées, et plus particulièrement au rôle qu'y jouent les ondes.

Dès son entrée au CNRS, en 1974, elle s'est fortement impliquée comme Co-Investigatrice dans la préparation de l'expérience Ondes S300 des satellites GEOS, lancés en 1977 et 1978, première mission majeure de l'ESA dans l'étude de la magnétosphère, mission qui a forgé la communauté européenne des plasmas spatiaux. L'analyse des données S300, l'étude du rôle des émissions UBF, du souffle plasmasphérique, et la vérification expérimentale de la théorie quasi linéaire, étaient au cœur de sa thèse d'Etat en 1980.

Elle s'est ensuite tournée vers le développement et les opérations de l'instrument URAP de la mission ESA-NASA Ulysse. Durant cette première mission d'étude du milieu interplanétaire dans et en dehors du plan de l'écliptique, le passage dans la magnétosphère de la planète Jupiter l'a amenée à préciser le rôle des ondes UBF dans le tore de plasma créé par le satellite Io. Elle a également été Co Investigatrice de l'instrument RPWS de la mission Cassini, lancée en 1997, première sonde en orbite autour de la planète Saturne.

Nicole Cornilleau-Wehrlin a joué un rôle majeur, à partir de 1985, dans le développement de la mission ESA Cluster, utilisant 4 satellites identiques, consacrée à l'étude en 3 dimensions des processus physiques contrôlant les interfaces entre la magnétosphère et le vent solaire. En 1988, elle est logiquement devenue "Principal Investigator" (PI) des instruments STAFF embarqués sur chacun des 4 satellites, dont l'objet était la caractérisation des ondes électromagnétiques basse fréquence. Elle en a coordonné la construction et la préparation de l'exploitation scientifique, dirigeant une équipe multinationale.

Nicole Cornilleau-Wehrlin a été un acteur clé dans la reconstruction des 4 satellites après l'échec d'un premier lancement en 1996. Cluster sera finalement lancé en 2000, et il fonctionne toujours. L'analyse des données de STAFF conduiront son équipe à des avancées majeures

dans la compréhension de la turbulence, l'établissement des premiers spectres en nombre d'onde (k) dans la magnétogaine et dans l'identification des régions sources EBF/TBF (chœur, souffle), entre autres.

Elle a également été PI de l'instrument STAFF, similaire à celui de Cluster, embarqué sur la mission spatiale Double Star, lancée en 2003, premier projet conjoint entre la Chine et l'ESA. Cette mission coordonnée scientifiquement avec Cluster, conduira là encore à des avancées significatives dans la connaissance des sources d'émissions UBF, en comparant les observations obtenues à la magnétopause dans le plan équatorial par Double Star, plus intenses que celles observées à plus haute latitude par Cluster.

A partir de 2010, elle a fait évoluer une partie de ses travaux vers la météorologie spatiale, au sein du groupe de travail multi instruments (GMI), intégrant les données des missions Cluster, Soho, Ace et Wind, ainsi que des observations ionosphériques et des réseaux de magnétomètres sol.

Nicole Cornilleau-Wehrin a dirigé le groupe Ondes dans les Plasmas Naturels du CETP entre 1997 et 2006. Elle a également présidé le comité Français du SCOSTEP sur la même période, et a été membre du comité de sélection FAST de l'ESA en 2018-2019. Parmi ses responsabilités importantes, il faut en outre citer la direction de la station Radio Astronomique de Nançay de 2006 à 2010. Elle a soutenu, en particulier, le financement et l'installation sur le site, d'une station de l'interféromètre basse fréquence LOFAR.

Enfin, « last but not least », elle a été très active dans la communication grand public, s'attachant particulièrement à promouvoir la science et la recherche auprès des femmes, dans le cadre de l'association " Femmes et Sciences".

Auteure de plus de 150 publications, Nicole Cornilleau-Wehrin a reçu en 2010 le prix " Laurels for Team Achievement Award ", attribué collectivement par l'International Academy of Astronautics aux équipes des missions Cluster en Double Star, et en 2019 le "Group Achievements Award" de la Royal Astronomical Society, attribué au Science Operation Working Group de la mission Cluster dont elle était membre.

*Nicole Cornilleau-Wehrin, Emeritus Research Director at the CNRS, was affiliated with the Plasma Physics Laboratory (LPP). Her first research work dates back to 1971, when in the team led by R. Gendrin, she interpreted observations made on the ground of UBF waves in terms of particle trapping, results which will be the subject of her 1<sup>st</sup> PhD thesis, presented in 1971.*

*Her scientific activity has subsequently been entirely focused on understanding the dynamics of space plasmas, from the Earth's magnetosphere to those of magnetized planets, and more particularly the role played by waves. As soon as she joined the CNRS in 1974, she was heavily involved as Co-Investigator in the preparation of the Waves S300 experiment for the GEOS satellites, launched in 1977 and 1978, ESA's first major mission in the study of the magnetosphere, a mission that forged the European space plasma community. The analysis of S300 data, the study of the role of UBF emissions, of the plasmaspheric Hiss, and the experimental verification of the quasi-linear theory, were the subject of her 2<sup>nd</sup> "Doctorat d'Etat" PhD thesis in 1980.*

*She then moved toward the development and operations of the URAP instrument for the ESA-NASA Ulysses mission. During this first endeavor to study the interplanetary environment in and outside the ecliptic plane, the passage through the magnetosphere of the planet Jupiter led her to specify the role of UBF waves in the plasma torus created by the satellite Io. She*

*was also Co-Investigator of the RPWS instrument of the Cassini mission, launched in 1997, the first probe to orbit the planet Saturn.*

*Nicole Cornilleau-Wehrin played a major role, from 1985, in the development of the ESA Cluster mission, dedicated to the study in 3 dimensions of the physical processes controlling the interfaces between the magnetosphere and the solar wind. In 1988, she became "Principal Investigator" (PI) of the STAFF instruments onboard each of the 4 satellites, whose purpose was the characterization of low-frequency electromagnetic waves. She coordinated its construction and its preparation for scientific exploitation, leading a multinational team. Nicole Cornilleau-Wehrin was a key player in the reconstruction of the 4 satellites after the failure of a first launch in 1996. Cluster was finally launched in 2000, and it still works. Analysis of the STAFF data led her team to major advances in the understanding of turbulence, the establishment of the first wavenumber ( $k$ ) spectra in the magnetosheath and the identification of EBF/TBF source regions (chorus, breath), among others.*

*She was also PI of the STAFF instrument, similar to the one on Cluster, on board the "Double Star" space mission launched in 2003, the first joint project between China and ESA. This mission, scientifically coordinated with Cluster, once again led to significant advances in the knowledge of UBF emission sources, by comparing the observations obtained at the magnetopause in the equatorial plane by Double Star, which are more intense than those observed at higher latitude by Cluster.*

*From 2010, she moved part of her work towards space weather, within the multi-instrument GMI working group, integrating data from the Cluster, Soho, Ace and Wind missions, as well as ionospheric observations and ground based magnetometers.*

*Nicole Cornilleau-Wehrin led the research group "Ondes dans les Plasmas Naturels" at CETP between 1997 and 2006. She also chaired the French committee of SCOSTEP over the same period, and was a member of the ESA FAST selection committee in 2018- 2019.*

*Among her important responsibilities, we must also mention the management of the Nançay Radio Astronomy Observatory from 2006 to 2010. She supported, in particular, the financing and installation on the site of a low frequency interferometer station as part of the LOFAR project.*

*Finally, "last but not least", she has been very active in communication toward the general public, focusing particularly on promoting science and research among women, within the framework of the "Femmes et Sciences" association.*

*Author of more than 150 publications, Nicole Cornilleau-Wehrin received the "Laurels for Team Achievement Award" in 2010, awarded collectively by the International Academy of Astronautics to the Double Star Cluster mission teams, and in 2019 the "Group Achievements Award" from the Royal Astronomical Society, awarded to the Science Operation Working Group of the Cluster mission of which she was a member.*

## REMISE DE LA MÉDAILLE DU CNFRS À *AWARD OF THE CNFRS MEDAL TO*

**RENÉ DE SÈZE**



**René de Sèze, Directeur  
de Recherches à l'INERIS**

René de Sèze a suivi un double cursus, médecin et chercheur. Cette double éducation l'a placé dans une situation idéale pour devenir une figure du Bioélectromagnétisme sur le plan national et international. Après un Doctorat en médecine en 1985 et un doctorat en sciences en 1991, René de Sèze a centré son activité sur les effets potentiellement thérapeutiques des champs électromagnétiques (EMF). A Bordeaux, il a étudié la modulation de la production d'anticorps par les EMF, puis à Montpellier, la réduction des douleurs pelviennes par des EMF à 27 MHz, avant de poursuivre sa carrière à l'INERIS. René de Sèze s'est intéressé aux effets de la téléphonie mobile dès 1993, que ce soit sur les neurotransmetteurs et les processus inflammatoires chez l'animal, mais aussi sur l'homme, sans trouver d'effets significatifs.

Plus récemment, il a effectué des travaux très originaux sur la régulation thermique chez les rongeurs, qui montrent des effets marqués et reproductibles des EMF de faible amplitude à 500 MHz sur les rats et les souris. Les animaux exposés montrent une nette thermopréférence pour les températures de 31°C (alors que la préférence des animaux non exposés est à 28°C). L'exposition à ces EMF s'accompagne d'effets vasoconstricteurs périphériques : en effet alors que la température centrale des animaux augmente de 1°C (de 36°C à 37°C), la température de la queue décroît pour éviter les pertes de chaleur. Il s'agit d'une réaction typique au froid. René de Sèze a approfondi l'étude de cette réaction aux EMF et a trouvé des changements dans les tissus graisseux des animaux et dans l'expression de gènes codants pour certaines protéines impliquées dans la réaction de l'organisme au froid. En particulier, par des méthodes pharmacologiques, il a mis en évidence le rôle central de la protéine TRPM8 (le principal récepteur au froid chez les mammifères) dans l'interaction avec les radiofréquences (RF), en bloquant la fonction de ce récepteur par une molécule antagoniste spécifique.

René de Sèze a été impliqué dans de nombreux comités nationaux et internationaux de spécialistes aidant à l'établissement de normes (ANSES, ICNIRP, OMS...). Il a aussi été Président de l'Association Européenne de Bioélectromagnétisme (EBEA, de 2003 à 2007) puis de la Bioelectromagnetics Society (BEMS, de 2019 à 2021), qui étaient les deux plus grandes sociétés savantes concernées par le Bioélectromagnétisme, outre l'URSI commission K. Ces sociétés savantes ont conduit le processus de leur fusion sous la présidence de René de Seze pour former la nouvelle société savante BioEM.

En ajoutant une touche personnelle, tous les participants aux réunions annuelles de ces sociétés savantes se souviennent des coups de clairon (au sens le plus concret et « artistique » de ce terme), que René de Sèze jouait par exemple pour conclure les pauses et ramener les participants aux séances de travail.

*René de Sèze followed a double curriculum of medical doctor and researcher. This dual education placed him in an ideal situation to become a figure of Bioelectromagnetism at the national and international levels. After a doctorate in medicine in 1985 and a doctorate in science in 1991, René de Sèze focused his activity on the potentially therapeutic effects of electromagnetic fields (EMF). In his laboratory of Bordeaux, he studied the modulation of antibody production by EMF, then in Montpellier the reduction of pelvic pain by EMF at 27 MHz, before continuing his career at INERIS institute. René de Sèze has become interested in the effects of mobile telephony since 1993, not only on neurotransmitters and inflammatory processes in animals, but also on humans, without finding significant effects.*

*More recently, he carried out very original work on thermal regulation in rodents, which show marked and reproducible effects of low amplitude EMF at 500 MHz on rats and mice. Exposed animals show a clear thermopreference for temperatures of 31°C (while the preference for unexposed animals is 28°C). Peripheral vasoconstrictive effects accompany the exposure to these EMFs, as the central temperature of the animals increases by 1°C (from 36°C to 37°C), while the temperature of the tail decreases to avoid heat loss. This is a typical reaction to cold. René de Sèze further studied this reaction to EMF and he found changes in the fatty tissues of animals and in the expression of genes coding for proteins involved in this reaction. In particular, by pharmacological methods, he highlighted the central role of the TRPM8 protein (the main cold receptor in mammals) in the interaction with radiofrequencies (RF), blocking the function of this receptor by a specific antagonist molecule.*

*René de Sèze has been involved in numerous national and international committees of specialists, helping to establish standards (ANSES, ICNIRP, OMS etc.). He also chaired the European Association of Bioelectromagnetism (EBEA, from 2003 to 2007), then the Bioelectromagnetics Society (BEMS, from 2019 to 2021), which were the two largest learned societies concerned by Bioelectromagnetism, besides the URSI commission K. These learned societies led the process of merging under the Presidency of René de Seze to form the new BioEM learned society.*

*By adding a personal touch, all the participants in the annual meetings of these learned societies remember the bugles (in the most concrete and « artistic » sense of this term), which René de Sèze played for example to conclude the breaks and bring the participants back to the work sessions.*

**La médaille du CNFRS, décernée sous l'égide de l'Académie des sciences, est destinée à honorer une personnalité scientifique qui contribue, ou a contribué au cours des six dernières années au moins, à des avancées remarquables dans le domaine des radiosciences, et a participé à l'animation scientifique de la communauté française et internationale.** Cette contribution peut concerner des progrès dans le domaine de la connaissance et/ou l'apport des radiosciences au monde socio-économique et/ou la dissémination vers la communauté des radiosciences, les jeunes scientifiques ou le grand public.

*The CNFRS medal, awarded under the aegis of the Academy of Science, is intended to honour a scientist who contributes or has contributed in the past six years at least, to remarkable advances in the field of radio science and has been involved in the scientific animation of the French and international community. This contribution may relate to progress in the field of knowledge and/or the contribution of radio science to the socioeconomic world and/or the spread toward the radio science community, the young scientists or the general public.*

## **PRIX DE THÈSE EN RADIOSCIENCES, RADIO SCIENCE PHD AWARD**

Le prix de thèse en radiosciences 2023, sous l'égide de l'URSI et d'URSI-France, sera remis au lauréat le mardi 21 mars. Ce prix, d'une valeur de 1500 €, est destiné à récompenser annuellement des travaux de doctorat d'excellente qualité s'inscrivant dans un ou plusieurs des domaines scientifiques de l'URSI. Les critères de sélection, les conditions d'éligibilité et de recevabilité, ainsi que la procédure de candidature sont consultables sur le site d'URSI-France : <https://www.ursi-france.org/ursi-france/prix-de-these-en-radiosciences>

*The 2023 Radio science PhD Award, under the aegis of URSI and URSI-France, will be presented to the laureate on Tuesday, March 21. This award, worth 1,500 €, is intended to reward annually high-quality doctoral work in one or more of the scientific fields of URSI. The selection criteria, the conditions of eligibility and admissibility, as well as the application procedure can be consulted on the URSI-France website: <https://www.ursi-france.org/ursi-france/prix-de-these-en-radiosciences>*

## **INFORMATIONS**

Toutes informations actualisées relatives aux Journées scientifiques 2023 sont disponibles sur le site d'URSI-France :

*All updated information about the 2023 Workshop is available on the URSI-France website:*

<https://www.ursi-france.org/>

### ROHDE & SCHWARZ

Rohde & Schwarz est un groupe technologique basé à Munich qui développe, produit et commercialise une large gamme d'équipements électroniques destinées aux clients de l'industrie et du gouvernement, avec une spécialisation sur les

solutions contribuant à rendre le monde plus sûr et plus connecté. Ses activités sont regroupées en quatre domaines distincts : Test et mesure ; Broadcast et médias ; Aérospatial-défense-sécurité ; Réseaux et cybersécurité. Rohde & Schwarz est l'un des principaux fournisseurs dans le secteur des communications mobiles et sans fil, avec une gamme complète d'instruments et de systèmes dédiés au développement, à la production, aux tests d'acceptation des composants et appareils électronique grand public, ainsi que pour la configuration et la surveillance des réseaux mobiles. Ces marchés intègrent aussi l'industrie automobile, le secteur de l'aérospatial et défense, l'électronique industriel, la recherche, l'enseignement.



**ROHDE & SCHWARZ**

[https://www.rohde-schwarz.com/fr/accueil\\_48230.html](https://www.rohde-schwarz.com/fr/accueil_48230.html)

### TEKTRONIX

Nous sommes une entreprise dédiée aux performances et ouverte sur le monde des possibles. Tektronix a pour vocation de concevoir et de fabriquer des solutions de test et de mesure, afin d'abattre les frontières de la complexité et d'accélérer l'innovation mondiale.

**Tektronix**<sup>®</sup>

<https://www.tek.com/fr>

## ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES (ES-FRANCE)

ES France département Tests & Mesures, distributeur à valeur ajoutée depuis 60 ans et ISO9001 V2000, propose des solutions de tests et de mesures de fournisseurs de renom : Keysight, Anristu, Wavecontrol, CRFS, Teledyne FLIR, SEFRAM, Tektronix, Keithley, HIOKI, Elektro-Automatik, Delta Elektronika... Lors de la journée scientifique d'URSI-France, nous vous proposons de découvrir les solutions suivantes : mesureurs de champs, systèmes de monitoring, exposimètres, analyseurs de spectre et mesureurs de champs électromagnétiques Venez à la rencontre de nos experts pour échanger sur vos projets.



<https://www.es-france.com/10877-mesure-rf-et-hyperfrequence>

## WÜRTH ELEKTRONIK

Würth Elektronik est le premier fabricant de circuits imprimés en Europe, ainsi qu'un acteur majeur des composants électroniques.

Nous nous distinguons par la présence de moyens de production et de logistique en Europe.

Fort de plus de 7500 collaborateurs dans le monde et d'une R&D Européenne nous sommes aptes à fabriquer et préconiser des composants dédiés à :

- La conformité CEM
- La conversion de puissance
- L'intégrité du signal
- L'interconnexion de puissance

Acteur engagé de la formation des ingénieurs et chercheurs, nous assurons aussi le support des initiatives de recherche et d'innovation par l'échantillonnage gratuit de nos composants électroniques



<https://www.we-online.com/en/special/country/france>

AVEC LE SOUTIEN DE :



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences



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://www.ursi-france.org>

**Adresse postale** : Alain Sibille, Secrétaire général d'URSI-France,

Telecom Paris, 19 place Marguerite Perey, F-91120 Palaiseau

Téléphone : + 33 1 75 31 93 13

Courriel : [contact@ursi-france.org](mailto:contact@ursi-france.org)