

COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS DE RADIOÉLECTRICITÉ SCIENTIFIQUE
UNION RADIO SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE
SIÈGE SOCIAL : ACADEMIE DES SCIENCES, 23 QUAI DE CONTI, PARIS 6^{ÈME}



JOURNÉES SCIENTIFIQUES, *WORKSHOP*

**GÉOLOCALISATION ET NAVIGATION
DANS L'ESPACE ET LE TEMPS
*GEOLOCATION AND NAVIGATION
IN SPACE AND TIME***

28 / 29 MARS, 2018

OBSERVATOIRE DE PARIS, SITE DE MEUDON



PROGRAMME

Crédit illustration de couverture : Atelier Isatis – Dijon
Cover image Credit: Atelier Isatis - Dijon

SOMMAIRE, *SUMMARY* :

– EDITORIAL	3
– AGENDA	5
– RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS, <i>ABSTRACTS</i>	9
– MÉDAILLE DU CNFRS À DIRK SLOCK <i>CNFRS MEDAL TO DIRK SLOCK</i>	31
– PRIX URSI ÉTUDIANT, <i>STUDENT URSI PRIZE</i>	35
– MODALITÉS PRATIQUES, <i>PRACTICAL MODALITIES</i>	37

EDITORIAL JEAN-BENOÎT AGNANI

Les Journées scientifiques 2018 d'URSI-France, sous l'égide de l'Académie des sciences, auront pour thème la « Géolocalisation et navigation ».

La géolocalisation est entrée dans notre société avec une diffusion massive. Elle est utilisée dans de nombreuses applications comme la navigation, la communication, les véhicules autonomes, ou encore les objets connectés et les villes communicantes. Elle touche des domaines scientifiques très variés tels les systèmes de localisation par satellite GNSS dont dépend de plus en plus notre économie (il est projeté à l'horizon 2030, que 30 % du PIB européen dépendrait en partie du GNSS contre 10 % environ aujourd'hui), ou encore les radars, l'interférométrie. Un des enjeux de la géolocalisation est de fonctionner en environnement difficile notamment en intérieur où divers procédés peuvent exister. La géolocalisation peut nécessiter des horloges extrêmement performantes, qui constituent des défis scientifiques et technologiques.

Ces thèmes seront développés au cours de 8 conférences invitées, 24 communications orales. Témoin de notre souhait de développer les échanges et la coopération entre les différents comités européens de l'URSI, nous aurons le plaisir d'y accueillir des conférenciers d'URSI-Allemagne et Italie.

Ces journées s'articuleront autour de sessions orales. La plupart des sessions seront introduites par des conférenciers invités, présentant l'état de la technique et/ou des développements récents, suivies par des communications. Les langues de travail seront le Français et l'Anglais.

L'assemblée générale d'URSI-France se tiendra lors de ces Journées, elle est le point de rencontre annuel de ses membres. Les échanges entre les dix commissions constituent un moment très important dans la vie d'URSI par leur dimension transdisciplinaire, qui est probablement la valeur principale de cette très ancienne organisation scientifique qu'est l'URSI.

Enfin, les Journées scientifiques 2018 seront, comme chaque année, ponctuées par la remise de la médaille du CNFRS, 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 étudiant de l'URSI » sera attribué à la meilleure communication présentée par un doctorant.

The URSI-France 2018 Workshop, being held under the sponsoring of the French Academy of Sciences will be dedicated to "Geolocation and Navigation".

Geolocation has entered our society with massive diffusion. It is used in many applications such as navigation, communication, autonomous vehicles, connected objects and smart cities. It affects a wide range of scientific fields, such as the GNSS satellite positioning systems on which our economy is increasingly dependent (it is projected by 2030 that

30% of European GDP would depend in part on GNSS compared to around 10% today), or even radar, interferometry. One of the challenges of geolocation is to operate in a difficult environment especially indoors where various processes can exist. Geolocation may require extremely accurate clocks, which raises scientific and technological challenges.

These themes will be developed along 8 invited lectures, 24 oral presentations. Witnessing our wish to develop exchanges and cooperation between the various European URSI committees, we will be pleased to welcome URSI-Germany and Italy speakers.

These science days will be organised in oral sessions. Most of the sessions will be introduced by invited speakers, presenting the state of the art and / or recent developments, followed by contributions. The working languages will be French and English.

The URSI-France General Assembly will be held during these Days. It is the annual meeting point of its members. The exchanges between the ten commissions constitute a very important moment in the life of URSI by their transdisciplinary dimension, which is probably the core and main value of this very old scientific organization that is the URSI.

Finally, the URSI-France 2018 Workshop will be, as every year, punctuated by the presentation of the CNFRS medal, honoring a personality who has made a remarkable contribution to the progress in the field of radiosciences and the animation of the scientific community. Similarly, the "URSI Student Award" will be awarded to the best paper presented by a doctoral student.

AGENDA

Mercredi 28 mars 2018
Wednesday March 28, 2018

9h – 9h30	Accueil des participants, <i>Welcome to participants</i> Café, <i>Coffee</i>
9h30 – 9h40	Ouverture par Pierre Drossart, Directeur du Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA) de l'Observatoire de Paris <i>Opening by Pierre Drossart, Director of the Laboratory for Space Science and Astrophysical Instrumentation (LESIA), Paris Observatory</i>
9h40 – 11h	Session : « Influence de l'environnement sur la géolocalisation et la navigation, <i>Environmental effects on geolocation and navigation</i>» Présidents de séance, <i>Chairs</i> : Madhu Chandra, Jean-Benoît Agnani
Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – L'inconnue ionosphère dans l'équation de la géolocalisation : problématique de la réduction Pierre-Louis Blelly, – Electromagnetic Wave Propagation in Precipitation Media and its Applications in: Radar Remote Sensing, Earth-Satellite Links, and Terrestrial Telecommunication Madhu Chandra – Support Vector Machine Hydrometeor Classification for dual-polarization radar: application to avionics systems and meteorology Nicoletta Roberto <i>et al.</i> – Solar radio emission as a disturbance of aeronautical radionavigation Karl-Ludwig Klein, Christophe Marque, Christian Monstein
11h-11h30	Pause-café, <i>Coffee break</i>
11h30-12h50	Session : « Radars et antennes tout numérique, <i>Radars and full-digital antennas</i> » Présidents de séance, <i>Chairs</i> : Jean Isnard, Tullio Tanzi
Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – Benefits of space-time diversity for radar Francois Le Chevalier, Nikita Petrov – Potentialités des antennes à formateur de faisceaux réduit pour applications spatiales en bande Ku Jorick Milbrandt, Marc Thevenot, Cyrille Menudier, Thierry Monédière – Système radar FMCW pour l'identification des transpondeurs Nizar Bouhlel <i>et al.</i> – Amélioration de la résolution angulaire d'un radar FMCW panoramique Romain Fouettilloux <i>et al.</i>
	–

13h00 – 14h20	Déjeuner, Lunch
14h20 – 16h	Session : « GNSS » Président de séance, <i>Chair</i> : Karl-Ludwig Klein
Conf. invit. Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – GNSS : une révolution pour le géopositionnement précis Felix Perosanz – Positionnement GNSS statique et cinématique appliqué à l'étude des déformations tectoniques de la Terre Pierre Briole – Investigations on TLE time series accuracy for GNSS satellites, over short and long-time scales Florent Deleflie <i>et al.</i> – Compact Antennas in Cavities for GNSS Applications Laura García <i>et al.</i> – Les destins liés des théories et des systèmes radioélectriques Pierre Fuerxer
16h – 16h40	Pause-café, Coffee break
16h40 – 17h45	Session : « Filtrage de Kalman et estimateurs, Kalman filter and estimators » Président de séance, <i>Chair</i> : Frédéric Barbaresco
Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – Filtrage de Kalman invariant pour la navigation inertielle hybridée GPS Silvère Bonnabel. – Invariant Extended Kalman Filter for target tracking Marion Pilté, Silvère Bonnabel, Frederic Barbaresco – Time-Lapse Estimation for Optical Telescope Sequences Mark Campbell, Daniel Clark
17h45-18h30	Visite Grande lunette de l'observatoire de Meudon Visit of the Great refractor
18h30-20h	Cocktail et remise de la Médaille du CNFRS/URSI-France Cocktail and CNFRS/URSI-France Medal ceremony

Jeudi 29 mars 2018
Thursday March 29 2018

8h45 - 8h55	Introduction de la deuxième journée par Gilles Brégant, Directeur général de l'ANFR Introduction of the second day by Gilles Brégant, CEO "Agence nationale des fréquences"
8h55 – 10h15	Session : « Géolocalisation et navigation en milieu difficile – 1 Geolocation and navigation in difficult environment -1 » Présidents de séance, <i>Chairs</i> : Tullio Tanzi, Thierry Letertre
Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – Super-resolution Sparse Channel Estimation for Localization – Prospects and Issues Bernard Fleury – Uncertainty Estimation in AoA based Localization using PCE Thomas Van Der Vorst <i>et al.</i>

	<ul style="list-style-type: none"> – A semi parametric model for RSSI-based localization Kevin Elgui, Pascal Bianchi – Le positionnement en milieux contraints : signaux d'opportunité ou infrastructure spécifique ? Nel Samama, Alexandre Vervisch-Picois, Thierry Taillandier-Loize
10h15 – 10h30	Pause-café, Coffee break
10h30-12h20	Session : « Géolocalisation et navigation en milieu difficile – 2, Geolocation and navigation in difficult environment -2 » Présidents de séance, <i>Chairs</i> : Thierry Letertre, Jean-Benoît Agnani
Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – Avancées et défis de la localisation véhiculaire coopérative Gia Minh Hoang, Benoît Denis, Jérôme Härrri – Géolocalisation et navigation à l'intérieur des bâtiments Jean-Pierre Barbot <i>et al.</i> – GNSS Integrity Enhancement for urban Transport Applications by Error Characterization and Fault Detection and Exclusion (FDE) Ni Zhu, David Bétaille, Juliette Marais, Marion Berbineau – Solution d'intégration de COTS offrant un service de navigation piéton collaboratif fiable, résilient et sécurisé Dominique Heurquier <i>et al.</i> – Système autonome orienté données : Du signal à l'information Tullio Tanzi, Jean Isnard – Synchronisation et calibration entre un lidar 3D et une centrale inertielle pour la localisation précise d'un véhicule autonome Pierre Merriault <i>et al.</i>
12h20 – 13h	Session : « Géolocalisation HF et ionosphère, HF Geolocation and ionosphere » Président de séance, <i>Chair</i> : Jean-Benoît Agnani
	<ul style="list-style-type: none"> – Passive HF Geolocation Using TDoA Based Receiver Network Ankit Jain <i>et al.</i> – High frequencies wave propagation in the Earth ionosphere Etienne Foucault, Pierre-Louis Bletly, Aurélie Marchaudon
13h10 – 14h20	Déjeuner, Lunch
14h20 – 15h40	Assemblée générale d'URSI-France, URSI-France General Assembly
15h40 – 16h30	Pause-café et remise des prix, Coffee break and Awards
16h30 – 17h50	Session : « Métrologie des horloges, Metrology aspects of clocks » Président de séance, <i>Chair</i> : Ouali Acef
Conf. invit.	<ul style="list-style-type: none"> – Horloges atomiques - Etat de l'art et enjeux Noel Dimarcq – Galileo gravitational redshift test with eccentric satellites Pacôme Delva <i>et al.</i> – Hardware Implementation of Quad-channel Clock Synchronization System for Nançay Radioheliograph A/D Converter El Houssain Ait Mansour <i>et al.</i> – Transfert de temps par lien laser spatial Alexandre Belli, Pierre Exertier
17h50	Clôture des journées scientifiques 2018, URSI Prize and closing ceremony

RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS, *ABSTRACTS*

Les textes complets sont consultables en ligne sur <https://ursi-france.sciencesconf.org/program> et sur le site d'URSI-France : <http://www.ursi-france.org>

The full texts are available online on <https://ursi-france.sciencesconf.org/program> and on the site of URSI-France: <http://www.ursi-france.org>

Mercredi 28 mars 2018
Wednesday March 28, 2018

9h40 – 11h Influence de l'environnement sur la géolocalisation et la navigation, *Environmental effects on geolocation and navigation*

Présidents de séance, *Chairs* : **Madhu Chandra, Jean-Benoît Agnani**

Conf. invit.

L'inconnue ionosphère dans l'équation de la géolocalisation : problématique de la réduction

Pierre-Louis Blelly,

Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP)

Le positionnement GPS a été très tôt confronté au problème constitué par les couches ionosphériques et l'a contourné en utilisant soit un système bi-fréquence, soit un système monofréquence et un modèle basique de l'ionosphère, afin de déterminer le TEC associé à l'ionosphère. Cette approche a permis de développer des systèmes performants qui, de fait, souffrent du défaut originel, à savoir une faible connaissance de l'ionosphère, qui peut être circonvenue pour les conditions « normales » d'évolution de l'ionosphère. Or, l'ionosphère présente très souvent un comportement « anormal » lié aux couplages entre le Soleil et l'environnement terrestre. En conséquence, quelle que soient leurs performances, ces systèmes ont un plafond de verre concernant leur niveau de disponibilité, qu'il ne sera pas possible de franchir tant que l'inconnue ionosphère ne sera pas correctement prise en compte dans l'équation GPS, que ce soit en termes de caractérisation du milieu ou en termes de prévision d'évolution du milieu. L'objet de cette présentation est donc en premier lieu de sensibiliser la communauté du positionnement à la

problématique ionosphérique, liée fondamentalement au caractère plasma du milieu, placé dans un environnement fortement magnétisé et réactif (chimiquement), et qui est marquée par une forte dynamique temporelle et spatiale. Ensuite, nous montrerons que le comportement, parfois chaotique, de ce milieu ionisé peut néanmoins être assez bien appréhendé et que les efforts de modélisation de cette dynamique menés par la communauté permettent de mieux caractériser la structure ionosphérique observée, en fournissant des paramètres clés pour l'expliquer. Enfin, le développement d'outils de modélisation contrôlés par ces paramètres, eux-mêmes contraints par les mesures temps réel actuellement disponibles, constitue une prospective pertinente pour une prise en compte adaptée de l'ionosphère, qui permettra de lever cette inconnue ionosphérique dans l'équation GPS.

Electromagnetic Wave Propagation in Precipitation Media and its Applications in: Radar Remote Sensing, Earth-Satellite Links, and Terrestrial Telecommunication

Madhu Chandra

Chemnitz University of Technology, (TU Chemnitz)

If the propagation of electromagnetic waves in 'free-space' is taken as a standard reference, the corresponding wave propagation through precipitation filled media can experience several physical effects: wave attenuation, phase shifts exceeding the ones due to free-space propagation delay, change of polarisation state (so-called wave depolarisation), dispersion over the signal bandwidth, scintillations, and the addition of radiometric noise. These effects, in turn, are capable of significantly impairing the quality, strength, and even the character of information carrying radio signals. As one might expect, the named propagation effects are strongly dependent on the frequency of the EM-waves and the nature (hydrometeor type, particle size distribution) of the precipitation medium.

Support Vector Machine Hydrometeor Classification for dual-polarization radar: application to avionic systems and meteorology

Nicoletta Roberto ¹, Luca Baldini ^{1, 2}, Elisa Adirosi ^{1, 2}, Luca Facheris ³, Fabrizio Cuccoli ², Alberto Lupidi ^{2,4}, Andrea Garzelli ^{2,5}

¹ *CNR-Institute of Atmospheric Sciences and Climate, Rome, Italy*

² *National Laboratory of Radar Surveillance System (RaSS), Interuniversity Consortium for Telecommunication (CNIT), Pisa,*

³ *Department of Information Engineering, University of Florence, Florence, Italy,*

⁴ *Department of Information Engineering, University of Pisa, Pisa 56122, Italy,*

⁵ *Department of Information Engineering, University of Siena, Siena 53100, Italy,*

During the last few decades, most of the worldwide weather radar infrastructure has been upgraded to dual-polarization. Plans to demonstrate the utility of such technology for civil aircraft radars were undertaken by the EU Clean Sky Joint Technology Initiative (www.cleansky.eu). Dual polarization offers appealing advantages for avionic applications, such as the ability to correct X-band attenuation due precipitation and the possibility of implementing automated Hydrometeor Classification Algorithms (HCA). HCA can be useful to detect the presence of dangerous weather conditions related to the presence of hydrometeors like hail or graupel, typically associated with convection. Most of implemented HCAs rely on Fuzzy Logic (FL) methods. Supervised learning models based on a Support Vector Machine (SVM) are widely used for classifying remote sensing imageries and offer advantages in terms of computing time. The major problem of the SVM HCA is performing the learning phase. This process has been implemented off-line using results obtained by a FL classifier. Effectiveness of the SVM HCA has been tested by using simulated scenarios relative to an intense convective event that occurred on 15 October 2012 in the Southern Mediterranean and with real data collected by C-band dual-polarization ground-based radars.

Solar radio emission as a disturbance of aeronautical radionavigation

Karl-Ludwig Klein ¹, Christophe Marque ², Christian Monstein ³

¹: *LESIA-UMR 8109 and Station de radioastronomie de Nançay - Observatoire de Paris, CNRS (further affiliations: PSL Res. Univ., Univ. P & M Curie and Paris-Diderot, Univ. Orléans, OSUC), F-92190 Meudon, France*

²: *Solar-Terrestrial Center of Excellence - SIDC, Royal Observatory of Belgium, Avenue Circulaire 3, B-1180 Brussels, Belgium*

³: *Institute for Particle Physics and Astrophysics, ETH Zürich, Wolfgang-Pauli-Strasse 27, CH- 8093 Zürich, Switzerland*

We present an overview of a solar radio burst that perturbed air traffic control radar in Sweden and other European countries on 4th November 2015. The spectral features of the radio burst are described. It is shown that it is particularly bright because of coherent emission processes. Such events are not predictable today. A systematic study of such events and the understanding of their impact on aviation will need a close cooperation between research and air traffic authorities.

11h30 – 12h50 Radars et antennes tout numérique, *Radars and full-digital antennas*

Présidents de séance, *Chairs* : **Jean Isnard, Tullio Tanzi**

Conf. invit.

Benefits of space-time diversity for radar

François Le Chevalier, Nikita Petrov

Delft University of Technology (TU Delft), Postbus 5 2600 AA Delft - Pays-Bas

When designing a new radar system, standard resolution trade-offs play a major role, providing the basic parameters of the radar, such as size, update rate, and range. Besides, diversity has long been used for mitigating fading effects due to the fluctuation of targets and clutter.

However, with the arrival of more flexible systems, using multiple parallel channels on transmit and receive, and wider instantaneous bandwidths, these standard trade-offs are becoming less simple – and more flexible. In this communication, we will analyze the relations between range, Doppler, and angle, for detection and location of moving targets with wideband / wide beam radar systems. The idea is to contribute to a better understanding of the real benefits of agile transmissions for detection/localization of moving targets, focusing on range, velocity and angular measurement improvements, and on the benefits in terms of power budget.

Special attention will be given to the quality of the different wideband wide-beam sensor modes for long range surveillance, and new results on detection of moving targets in clutter will be provided to demonstrate the effectiveness of these new architectures for small targets detection at long range, in difficult environments.

Potentialités des antennes à formateur de faisceaux réduit pour applications spatiales en bande Ku

Jorick Milbrandt, Marc Thevenot, Cyrille Menudier, Thierry Monédière

Université de Limoges, XLIM-CNRS UMR 7252, 8706 Limoges, France,

Pour réduire la complexité des antennes réseau, nous proposons une architecture utilisant une distribution périodique d'éléments rayonnants et d'éléments parasites, afin de créer un système multi-excitations. L'objectif est de diminuer la complexité du réseau formateur de faisceau tout en maintenant un nombre de contrôles suffisant pour la reconfiguration de l'antenne. Au cours de ce travail, nous détaillons en premier lieu les potentialités du concept avec un exemple d'une

antenne réseau à maille carré de 10x10 éléments, dont seulement 30% des éléments sont excités. Puis nous testerons l'applicabilité de cette architecture pour une application spatiale en bande Ku, utilisant une antenne à 57 éléments disposés suivant une maille triangulaire, et dont seuls 7 accès sont excités.

Système radar FMCW pour l'identification des transpondeurs

Nizar Bouhlel ¹, Stéphane Méric ¹, Claude Moullec ², Christian Brousseau ³,
¹*Univ Rennes, INSA Rennes, CNRS, IETR, UMR 6164, nizar.bouhlel@insa-rennes.fr,*
²*Advanten,*
³*Univ Rennes, CNRS, IETR, UMR 6164*

Dans cet article, nous traitons d'un système radar à onde continue à modulation de fréquence (FMCW) utilisé pour localiser et suivre des cibles par l'évaluation de la fréquence du signal de battement radar reçu. Nous considérons un transpondeur linéaire comme cible et nous réalisons une identification de cible grâce à la fréquence de décalage induite par cette cible active. Les performances de localisation des radars FMCW basés sur la radio-identification dans la gamme (SHF) sont présentées et étudiées. Des simulations et des mesures viennent compléter le papier.

Amélioration de la résolution angulaire d'un radar FMCW panoramique

Romain Fouettilloux ^{1,2}, Olivier Lacrouts¹, Guillaume Motyl¹, L. Ferro-Famil², S. Méric²
¹*DIADES MARINE, 70 rue Jean Doucet Pôle d'activité du Grand Girac 16470 Saint Michel*
²*Université de RENNES 1, IETR Campus de Beaulieu 263 avenue du Général Leclerc 35042 Rennes CEDEX*

Pour des capteurs d'imagerie, la résolution angulaire θ est limitée par la dimension d'ouverture D de l'antenne à la valeur $\theta \propto \lambda/D$ où λ est la longueur d'onde. En effet, l'image radar acquise étant le résultat de la convolution de la densité de réflectivité de la scène radar par le diagramme de rayonnement de l'antenne ayant des dimensions finies devient alors floue.

Néanmoins, la résolution de cette image peut être améliorée en déconvoluant celle-ci par le diagramme d'antenne. Cette déconvolution, ou filtrage inverse, est intrinsèquement numériquement instable. Notre contribution consiste à adapter des méthodes pour obtenir des résultats stables présentant une résolution et discrimination angulaire améliorées. Dans la version étendue, des exemples de simulation radar en onde centimétrique ainsi que des mesures de terrain sont présentés.

Pour terminer un nouvel algorithme BBSMA (Blind BeamSpace Music Algorithm) sera démontré.

14h20- 16h

GNSS

Président de séance, *Chair* : **Karl-Ludwig Klein**

Conf. invit.

GNSS : une révolution pour le géopositionnement précis

Felix Perosanz

GET/CNES,

Les systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) n'avaient pas à l'origine de vocation à répondre aux besoins de positionnement pour des applications scientifiques précises. Mais un usage détourné des signaux a permis d'accéder à des mesures de distance satellite-récepteur d'une précision millimétrique. Les scientifiques ont alors largement tiré profit de ces mesures providentielles en provenance d'un nombre sans cesse croissant de constellation de satellites (GLONASS, Galileo, Beidou). Si la technique différentielle s'est imposée comme une méthode incontournable le mode PPP est aujourd'hui une alternative de plus en plus populaire. Mais quelle que soit l'approche, les GNSS ont révolutionné la réalisation des repères d'espace et de temps ainsi que les nombreuses disciplines scientifiques nécessitant le positionnement précis.

Conf. invit.

Positionnement GNSS statique et cinématique appliqué à l'étude des déformations tectoniques de la Terre

Pierre Briole

Laboratoire de Géologie (LG) ; CNRS : UMR8538, Ecole Normale Supérieure de Paris - ENS Paris, Université de recherche Paris Sciences Lettres (PSL) 45 Rue d'Ulm 75005 Paris, France

Au cours des années 1960 l'accumulation de décennies d'observations variées permit aux physiciens du globe de s'accorder sur deux théories simples, l'une permettant de modéliser les mouvements des plaques tectoniques, l'autre permettant de modéliser la rupture sismique. Les développements de la géodésie allaient alors permettre d'apporter des validations supplémentaires et des raffinements à ces modèles. Les données de nivellement, extrêmement précises, apportèrent des contributions fondamentales à l'étude des séismes. Dès leur apparition, les mesures de géodésie spatiale basées sur le VLBI et le SLR fournirent les premières mesures géodésiques directes des mouvements des plaques. L'arrivée, à l'aube des années 1990, de deux nouveaux outils, le GPS et l'interférométrie radar à synthèse d'ouverture, constitua un tournant majeur qui

allait donner peu à peu un rôle fondamental à la géodésie dans l'étude de la dynamique de la Terre de l'échelle globale à l'échelle locale. La précision et la densité croissante d'observations GPS (puis GNSS), la disponibilité de séries temporelles de plus en plus longues, couvrant désormais trois décennies, a permis de faire progresser considérablement les modèles initiaux. Le caractère non purement élastique de la croûte et du manteau sous-jacent est clairement démontré par de nombreux enregistrements de mouvements distribués dans le temps, comme par exemple les relaxations post-sismiques qui peuvent être observées pendant des années après les plus gros séismes. Ces observations apportent des contraintes sur la rhéologie de l'intérieur de la Terre dans les zones où les séismes nucléent et par conséquent sur les temps nécessaires pour que des contraintes migrent dans le milieu d'une zone aux zones adjacentes qui pourraient à leur tour rompre parce que d'autres failles s'y trouvent. Il existe aussi des observations de plus en plus nombreuses montrant l'existence de glissements asismiques sur des failles, ceci à toutes les échelles, depuis des petites failles très superficielles jusqu'à de grandes interfaces de subduction. L'existence de ce type de phénomène fut envisagée dès le grand séisme du Chili de 1960 au cours duquel des enregistrements de sismomètres longue période et de gravimètres indiquaient que près de la moitié de l'énergie sismique avait vraisemblablement été libérée de manière « silencieuse » dans les minutes précédant le choc principal. Mais ce n'est qu'à partir de l'arrivée du GPS que ces phénomènes ont pu être observés de mieux en mieux, puis utilisés quantitativement pour modéliser les processus. Les grands séismes sont souvent les plus destructeurs et ce sont aussi ceux qui génèrent les plus gros signaux. Ce sont donc ceux sur lesquels le GPS a permis de faire les plus grandes avancées théoriques ces dernières années. Cependant ces grands séismes sont rares et ne sont pas le reflet de la diversité de la déformation tectonique de la Terre qui possède aussi des zones de déformation plus faible, plus distribuée, et dans lesquelles, a priori, l'aléa est moins élevé. C'est le cas de l'Europe et de la Méditerranée par exemple. Si dans ces régions l'aléa est plus faible, le risque sismique n'en est pas moins négligeable, en raison de la densité de population, de la possible existence d'infrastructures à risques, et de la possibilité d'événements rares mais très forts et très superficiels et potentiellement très meurtriers s'ils se produisent sous une ville. Les failles responsables de ces séismes peuvent être de dimensions assez modestes, typiquement 10 à 20 km. La surveillance géodésique de telles failles est un challenge à la fois pour l'interférométrie radar et pour le GNSS. Pour l'interférométrie radar parce que la rareté des événements impose de s'intéresser à de longues séries temporelles de données, bien plus longues que la durée de vie d'une mission spatiale. Pour le GNSS parce que la taille de grille nécessaire au sol est du kilomètre typiquement, donc à plusieurs ordres de grandeur de la densité des réseaux GNSS permanents existants ou envisageables dans n'importe quel pays. En conséquence la capacité future des scientifiques et

des pouvoirs publics à appréhender les déformations liées à des séismes modérés à forts, jusqu'à la magnitude 6, dépend de leur capacité à mettre en place des méthodes nouvelles permettant de mesurer non plus seulement des ensembles peu nombreux de points GNSS épars, mais des lignes continues d'observations par exemple en utilisant tous types de réseaux (réseaux de communications ferroviaires, routiers, ... ; réseaux électriques, informatiques, ...) continus et maillés.

Investigations on TLE time series accuracy for GNSS satellites, over short and long-time scales

Florent Deleflie¹, Alexis Petit², Jérôme Daquin³, Felix Perosanz⁴, Michel Capderou⁵

¹*IMCCE / Observatoire de Paris / GRGS*

²*IMCCE / Observatoire de Paris*

³*RMIT Melbourne,*

⁴*GET, Observatoire Midi-Pyrénées / GRGS*

⁵*Michel Capderou, LMD, Ecole Polytechnique*

The trajectory of GNSS satellites, and the visibility conditions from the ground, can be carried out from precise GNSS measurements, or from the well-known Two-Line Elements (TLE) provided by NORAD. Depending upon the purpose, the latency of the tracking data, the time available to derive the results, precise orbits (at the level of one-centimeter accuracy) or rough orbits can be propagated and delivered to the users, through a large set of various tools, some of them being publicly available. We propose in this paper to analyse the compatibility of different approaches and different initial conditions, propagated over very short (a couple of days) and very long (two centuries) time scales, applied to some satellites in the various GNSS constellations (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou).

GRGS (Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale) is a French research group gathering up French scientists within different institutions focusing their activities to space data analysis, and in particular related to space geodesy and precise orbitography. Hence, GRGS is in charge of the French analysis center of GNSS data providing precise orbits of the GNSS satellites IGS, the International GNSS Service, as a component of the International Association of Geodesy. Using the time series of orbital elements built by GRGS is way to take benefit of the best possible accuracy to the tracking data.

As a first part of this presentation, we analyse over a couple of days the visibility conditions as scheduled from precise orbits and from TLE time series, that have the state of "mean elements », with an accuracy which is quantified though through formulas deriving osculating elements from mean elements and conversely. As a second part of this presentation, the stability of GNSS orbits is

analysed over two centuries, to investigate from the TLE times series whether the future storage orbits are likely to be sensitive, or not, to deep resonance effects, by using the French STELA s/w designed in the framework of the French space operation act.

Compact Antennas in Cavities for GNSS Applications

Laura García Gámez^{1, 2}, Loic Bernard², Ronan Sauleau¹, Sylvain Collardey¹, Kouroch Mahdjoubi¹, Philippe Pouliguen³, Patrick Potier³,

¹ IETR Institut d'Électronique et de Télécommunications de Rennes, Rennes, France

² ISL French-German Research Institute of Saint-Louis, Saint-Louis, France

³ DGA Direction Générale de l'Armement, France

L'objectif de ce travail est le développement d'une antenne miniature intégrée dans une cavité métallique rectangulaire. Cette antenne doit couvrir simultanément trois systèmes GNSS (Galileo E1, GLONASS G1 et GPS L1). De ce fait, la bande passante doit être au moins de 60 MHz. Un modèle à base de métasurfaces sera présenté, ainsi que les résultats obtenus en simulation.

Les destins liés des théories et des systèmes radioélectriques

Pierre Fuerxer

Union Radio-Scientifique Internationale (URSI France)

Dans le passé, les scientifiques avaient construit leurs théories sur les résultats d'expériences rustiques. Ceci apparaît clairement à la lecture de la plupart des articles décrivant les expériences cruciales réalisées au 20^e siècle.

En rêvant à de nouveaux systèmes, des chercheurs ont joué un rôle décisif dans le développement de la radioélectricité. Ainsi, les besoins de l'industrie des télécommunications ont largement contribué au développement des théories et des technologies électroniques. Très souvent, les travaux théoriques ont été conduits par des entrepreneurs espérant conquérir un marché solvable. Aujourd'hui, les GNSS ont atteint un marché de masse. Est-il possible d'utiliser leurs constellations de satellites pour réaliser des expériences susceptibles d'améliorer nos connaissances en géophysique et en cosmologie ?

16h40-17h45 Filtrage de Kalman et estimateurs, *Kalman filter and estimators*

Président de séance, *Chair* : **Frédéric Barbaresco**

Conf. invit.**Filtrage de Kalman invariant pour la navigation inertielle hybridée GPS**

Silvère Bonnabel

Centre de Robotique (CAOR), École nationale supérieure des mines de Paris, PSL Research University 60, boulevard Saint-Michel 75272 Paris cedex, France

Le filtre de Kalman, ou plus précisément filtre de Kalman étendu (EKF), est un outil fondamental de l'ingénieur très utilisé dans le domaine de la navigation. Le domaine récent du filtrage de Kalman dit "invariant", est consacré à l'utilisation de la géométrie sous-jacente de l'espace d'état et de la dynamique pour modifier et améliorer l'EKF classique, notamment en termes de garanties de convergence. Les principales applications de cette méthodologie sont la localisation, la navigation, mais aussi la localisation et cartographie simultanée, connue sous le nom de SLAM en anglais, pour lequel l'EKF invariant résout les problèmes bien connus d'incohérence de l'EKF classique. Bien que la méthodologie soit récente, les remarquables propriétés du filtre de Kalman invariant ont d'ores et déjà motivé une implémentation industrielle dans le domaine de la navigation, par Safran Electronics & Defense, anciennement Sagem. Le but de cet exposé est de proposer une introduction au filtrage de Kalman invariant, et de fournir les grandes intuitions permettant de comprendre sa supériorité par rapport au filtrage de Kalman étendu classique en ce qui concerne le domaine de la navigation haute précision.

Invariant Extended Kalman Filter for target tracking

Marion Pilté ^{1,2}, Silvère Bonnabel ¹, Frederic Barbaresco ²,

¹*Mines ParisTech,*

²*Thales Air Systems,*

A 3D target model expressed in intrinsic coordinates will be developed in this article. The frame used is the Frenet-Serret frame, that is a practical frame to represent the commands a pilot can have on his aircraft for instance. A quite accurate description of the possible motions of an aircraft is to assume the commands are piecewise constant. Once the target model is derived, a filtering algorithm is needed to perform state estimation. As the target model is not expressed in a vectorial space, but rather in a Lie group setting, a novel algorithm, based on results from the inertial navigation field has to be established. This new filter is called the Invariant Extended Kalman Filter (IEKF).

Time-Lapse Estimation for Optical Telescope Sequences

Mark Campbell ¹, Daniel Clark ²,

¹School of Engineering and Physical Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh, United Kingdom,

²Télécom SudParis, Institut Mines-Télécom,

Typical tracking scenarios rely on the assumption that there is a constant time lapse between observations. In real life applications, this assumption is often untrue. In Space Situational Awareness (SSA) applications accurate target estimation is of importance to obtain orbital information. This paper presents recent developments in multi target detection and tracking techniques, exploiting the Single Cluster Probability Hypothesis Density (SC-PHD) filter, in order to jointly estimate the dynamic objects and the time lapse between images.

Jeudi 29 mars 2018
Thursday March 29, 2018

8h55 – 10h15 **Géolocalisation et navigation en milieu difficile - 1**
Geolocation and navigation in difficult environment -1
Présidents de séance, *Chairs* : **Tullio Tanzi, Thierry**
Letertre

Conf. invit.

Message Passing for Cooperative Localization – A Universal, Principled Tool for the Design of High-performance, Efficient, Scalable, and Distributed Solutions

Bernard Fleury

Aalborg University (AAU), Fredrik Bajers Vej 7A, DK-9200 Aalborg, Danemark

In this talk we consider a class of sparse Bayesian algorithms for the estimation of wireless channels in the context of their application to localization. In a nutshell, these algorithms aim at detecting and estimating dominant “specular-like multipath components” in the channel response. Specifically, the number of said components and their parameters, such as their relative delay and complex amplitude, are estimated. This information can be exploited for localization purpose, e.g. by finger-printing or by reconstructing the corresponding physical propagation paths between transmitter and receiver, as done in SLAM.

We discuss the key properties of these algorithms such as their ability to detect components and to resolve them in the dispersion domain (e.g. with respect to their relative delay). We also shed some light on the correct interpretation of “components” extracted by such algorithms (and actually by any parametric algorithm). We discuss the implications of these properties on localization schemes based on multipath reconstruction.

Uncertainty Estimation in AoA based Localization using PCE

Thomas Van Der Vorst ¹, Mathieu Van Eeckhaute ¹, Aziz Benlarbi-Delaï ², Julien Sarrazin ², Francois Quitin ¹, François Horlin ¹, Philippe De Doncker ¹

¹ : *Université libre de Bruxelles (ULB)*

² : *Université Pierre et Marie Curie (UPMC) Paris VI*

In this paper, polynomial chaos expansions (PCEs) are applied to angle-of-arrival-based localization. By applying a polynomial chaos expansion on the least squares estimator, a new positioning method is designed. From this expansion, three

methods are discussed to obtain confidence regions of the position. Simulation results show that the proposed methods provide a substantial gain in calculation time compared to a Monte-Carlo simulation, while giving accurate approximations of the exact confidence region

A semi parametric model for RSSI-based localization

Kevin Elgui, Pascal Bianchi

TELECOM & Management SudParis (Institut Mines-Télécom) Télécom ParisTech 9, rue Charles Fourier, F-91011 Evry, France

Accurate and reliable geolocation of an object in the context of an Internet of Things (IoT) network must deal with a lack of available information. The approach followed in this paper is based on Received Signal Strength Indicators (RSSI) measured at all base stations (BS) as a useful information to infer the object's position. The proposed technique is based on a maximum a posteriori (MAP) estimator derived within a flexible semi-parametric model. The non-parametric components of the model are estimated with the help of Nadaraya-Watson type estimators. Our proposal has been tested and compared with another method found in the literature: a simple model consisting of taking a weighted barycenter of the BS as the estimator of the real position. Our approach, although computationally less efficient, has revealed to outperform other methods and to come up with some very interesting information on the behaviour of the studied variables.

Le positionnement en milieux contraints : signaux d'opportunité ou infrastructure spécifique ?

Nel Samama, Alexandre Vervisch-Picois, Thierry Taillandier-Loize

Telecom SudParis, Institut Mines-Télécom 9 rue Charles Fourier, 91011 Evry - France

Quelles sont les origines des difficultés rencontrées depuis des années dans la recherche d'approches viables à une échelle suffisante pour créer un véritable effet d'entraînement ? Après un état de l'art des techniques et des technologies potentielles, nous montrerons alors, par l'analyse d'une douzaine de paramètres, qu'un nombre réduit de contraintes d'emploi ou de déploiement réduit le choix réel drastiquement.

Afin d'illustrer concrètement notre propos, nous discuterons de trois approches du positionnement. La première repose sur un système de « GNSS Indoor » utilisant la transmission locale de signaux compatibles des récepteurs de navigation par satellites actuels afin de proposer un positionnement de bonne qualité et une continuité du service. La deuxième est à l'opposé en proposant un positionnement non plus continu, mais discrétisé, tant dans l'espace que dans le temps, présentant précision et fiabilité. La troisième est à la base d'un système coopératif, bien plus

complexe que les précédents mais qui pourrait être une façon de contourner les limitations mentionnées ci-dessus.

La discussion conclusive synthétise les difficultés à produire une solution industrielle, mais ces dernières reflètent selon nous un intérêt réel limité de la part des parties prenantes qui sont perdues dans le foisonnement d'approches. Nous suggérons alors la création de nouveaux indicateurs de haut niveau, plus proche de l'utilisateur.

10h30-12h20 **Géolocalisation et navigation en milieu difficile - 2**
Geolocation and navigation in difficult environment -2
Présidents de séance, *Chairs* : **Thierry Letertre, Jean-**
Benoît Agnani

Conf. invit.

Avancées et défis de la localisation véhiculaire coopérative

Gia Minh Hoang^{1,2}, Benoît Denis¹, Jérôme Härris²

¹ CEA-Leti Minatec, Systems Integration Dept., Grenoble

² EURECOM, Communication Systems Dept., Sophia Antipolis

A terme, les applications associées aux systèmes de transports intelligents coopératifs (C-ITS) requerront une information de localisation fiable et précise. En particulier, pour les applications C-ITS de deuxième génération, telles que la conduite autonome (HAD) ou la prévention des risques d'accident pour les usagers vulnérables de la route (VRUs), le système de positionnement par satellites (GNSS) semble aujourd'hui insuffisant, notamment en matière de continuité de service. Ces applications nécessitent en effet un niveau de précision sub-métrique constant, quelles que soient les conditions d'utilisation.

En théorie, la Localisation Coopérative (CLoc) devrait permettre aux véhicules de palier la faiblesse relative de leurs propres systèmes de localisation, en s'appuyant sur 1) des échanges de données de proche en proche (ex., leurs dernières positions estimées, voire leurs données GNSS brutes), 2) l'acquisition de distances relatives les séparant (typiquement, sur la base de liens radio), 3) d'autres modalités de mesure issues de capteurs embarqués (inertiel, odométrie...) et enfin, 4) la fusion de l'ensemble de ces informations. Toutefois, dans le contexte très particulier des réseaux véhiculaires ad hoc (VANET), les approches coopératives conventionnelles ne s'avèrent pas pleinement satisfaisantes et nécessitent des ajustements importants, en raison de la spécificité des motifs de mobilité rencontrés, d'un canal de communication véhicules à véhicules (V2V) fortement contraint (en termes de capacité et de contrôle décentralisé des émissions) et de la nature des mesures à intégrer dans le processus de fusion (potentiellement non Gaussiennes et corrélées dans le temps et/ou l'espace).

Dans le cadre de cette conférence invitée, nous introduirons à titre d'exemple un schéma de fusion générique reposant sur un simple filtre particulière, ainsi que sur l'exploitation de messages coopératifs normalisés de type 'CAM' (cooperative awareness messages) prévus par le standard V2V ITS-G5. Nous décrirons en particulier une méthode permettant de synchroniser les données reçues de la part des véhicules voisins, tout en réduisant la complexité de calcul et l'impact sur les communications inter-véhiculaires (ex. via une sélection des liens/voisins les plus informatifs, l'approximation paramétrique des messages, ainsi qu'un contrôle du format et du taux des paquets émis). Nous étendrons ensuite ce schéma de manière à intégrer des mesures de distances V2V plus précises, basées sur la technologie radio impulsionnelle 'IR-UWB'. A cette occasion, nous aborderons les problèmes spécifiques de propagation d'erreur et de confiance excessive dans les résultats de la fusion, caractéristiques des filtres coopératifs. Finalement, afin de traiter certains cas particulièrement pathologiques (ex. absence de GNSS dans les tunnels, forte erreur selon l'axe orthogonal à la route), nous considérerons l'apport d'autres capteurs embarqués (centrale inertielle, compte-tours et détecteurs de voie), ainsi que d'unités de bord de route (RSUs) dotées de moyens de communication V2I.

L'approche proposée a été testée sur la base de simulations canoniques, de données de mobilité réalistes, ainsi que de données expérimentales. Ces travaux de recherche ont fait l'objet d'une thèse récente, menée au CEA-Leti (Grenoble) en collaboration avec EURECOM (Sophia Antipolis).

Géolocalisation et navigation à l'intérieur des bâtiments

Jean-Pierre Barbot¹, Isabelle Kyoko Vin¹, Pan Liu¹, Ludovic Chamoin², and Dominique Placko¹

¹Laboratoire SATIE, ENS Paris-Saclay,

²Laboratoire LMT, ENS Paris-Saclay

Dans le contexte de l'Internet of Everything (IoE), la géolocalisation est devenue, au même titre que la connectivité sans fil, une fonctionnalité présente dans la plupart des systèmes communicants. Tandis qu'à l'extérieur, la géolocalisation s'opère principalement grâce aux systèmes de positionnement par satellite (GNSS) et/ou aux réseaux mobiles, ces systèmes sont inopérants à l'intérieur des bâtiments. Dans cet article, nous présenterons un état de l'art des signaux et moyens utilisés pour la géolocalisation dans les bâtiments, ainsi que les algorithmes associés. L'étude paramétrique d'une méthode de fingerprinting WiFi exploitant différentes métriques sera ensuite présentée.

GNSS Integrity Enhancement for urban Transport Applications by Error Characterization and Fault Detection and Exclusion (FDE)

Ni Zhu ¹, David Bétaille ², Juliette Marais ¹, Marion Berbineau ³,

¹Univ Lille Nord de France, IFSTTAR, COSYS, LEOST, F-59650 Villeneuve d'Ascq, France,

²IFSTTAR, COSYS, F-44344 Bouguenais, France,
³IFSTTAR, COSYS, F-59650 Villeneuve d'Ascq, France,

In the past decades, more and more Global Navigation Satellite Systems (GNSS)-based urban transport applications emerged. Among these applications, the liability critical ones, such as Electronic Toll Collection (ETC) and Pay as you Drive insurance, have high requirements for positioning accuracy as well as integrity since large errors can lead to serious consequences. Yet urban environments present great challenges for GNSS positioning due to the existence of multipath effects and Non-Line-of-Sight (NLOS) receptions. This article presents a complete integrity monitoring scheme for urban transport applications. This scheme is realized in several levels. Firstly, measurement errors are better characterized by using weighting models with the help of an Urban Multipath Modeling (UMM). Secondly, several Fault Detection and Exclusion (FDE) methods are applied in order to detect and exclude erroneous measurements. Finally, Horizontal Protection Levels (HPLs) are computed and the probability of Misleading Information (MI) is analysed.

Solution d'intégration de COTS offrant un service de navigation piéton collaboratif fiable, résilient et sécurisé

Dominique Heurguier ¹, Gregory Gailliard ¹, Frederique Ywanne ¹, Alain Lemer ¹, Goulven Eynard ²

¹ : *Thales communications et sécurité*

² : *DGA MI*

This paper sums up lessons learned from a demonstrator design, aiming to prove the integration feasibility of low cost COTS3 components, to provide to the customer enhanced PNT4 reliability and security. Intended for a group of pedestrians, interconnected by a MANET radio network, this demonstrator bases in particular on a collaborative radio localization approach. It exploits measures of radio telemetry between neighbors in complements to the available GNSS measures. Complementary to the improvement of availability of the navigation service, these works point out the vulnerability of such approach face of hostilities by intrusion and demonstrate the interest to complete the cyber protection by an efficient integrity monitoring.

Système autonome orienté données : Du signal à l'information

Tullio Tanzi ¹, Jean Isnard ²

¹ : *Institut Mines-Télécom-Télécom ParisTech, Univ. Paris-Saclay, LCTI. France,*

² : *URSI France*

Le besoin en systèmes de mesure fonctionnant en totale autonomie existe depuis longtemps, mais ne pouvait être couvert jusqu'à présent que par des enregistreurs interrogeables sur place. Les données acquises n'étaient de ce fait jamais actualisées et ne donnaient qu'un instantané de l'environnement exploré plutôt

qu'une surveillance permanente de celui-ci. L'utilisation de réseaux de téléphonie mobile et d'Internet permet aujourd'hui d'associer des systèmes de mesure et d'acquisition variés et distribués et de procéder à l'exploitation en temps réel des données relevées. Mais ces systèmes demandent le déploiement d'infrastructures fixes et en état de fonctionner.

L'arrivée de véhicules autonomes intégrant des capteurs de technologies modernes (LIDAR, Radar, vidéo, etc.) ouvre de nouvelles perspectives dans ce domaine. Ces équipements constitueront des moyens de plus en plus sophistiqués pour acquérir des informations de toute nature afin d'explorer un environnement donné. L'utilisation de capteurs couplée à un système autonome permet de réaliser une mission sans intervention externe. Cette approche permet de s'affranchir des contraintes d'infrastructure existantes ou de communication difficile comme par exemple des environnements présentant des infrastructures en panne ou détruites telles que les situations faisant suite à des accidents ou des catastrophes. Les informations captées auront une finalité duale : d'une part, comprendre et modéliser l'environnement pour une bonne réalisation de la mission et d'autre part, réutiliser cette modélisation dans un cadre plus large d'aide à la décision par les équipes de secours dans le cadre d'une catastrophe.

Les données traitées seront produites par un ensemble de capteurs variés et déployés en réseaux pour la collecte en temps réel. Les données produites sont de divers types : données de distance obtenues par des capteurs ultrasonores (temps de vol), données de distance obtenues par des capteurs optiques laser (LIDAR), données de position et d'attitude produites par les systèmes inertiels (accéléromètres, magnétomètres, gyromètres, etc.), données d'odométrie, données d'environnement telles que la température, la pression, etc. Ces données seront combinées pour détecter différents éléments de l'environnement.

Les difficultés résident d'abord dans l'utilisation de processeurs de basse puissance (capacité de calcul faible) pour des raisons d'optimisation énergétique dans un contexte de système embarqué critique et de prise en compte de l'incertitude des données. Cette difficulté intervient aussi bien en ce qui concerne la réduction des données acquises, leur traitement, que leur protection par des mécanismes logiques et cryptographiques.

Une autre question intéressante porte sur l'utilisation des données acquises : dans le cas où ces données doivent être protégées par des techniques cryptographiques, comment les rendre utilisables par le système autonome pour sa propre navigation tout en les protégeant contre des fuites intempestives ?

Synchronisation et calibration entre un lidar 3D et une centrale inertielle pour la localisation précise d'un véhicule autonome

Pierre Merriaux, Rémi Boutteau, Guillaume Coru, Vincent Vauchey, Xavier Savatier
Institut de Recherche en Systèmes Electroniques Embarqués, Normandie Univ, UNIROUEN, ESIGELEC, IRSEEM, 76000 Rouen, France,

La télédétection par laser (lidar) est une technologie de plus en plus utilisée en particulier dans les fonctions de perception et localisation nécessaires à la conduite autonome. L'acquisition des données lidar doit être couplée à la mesure du mouvement du véhicule par une centrale inertielle. Ces capteurs n'étant pas conçus pour fonctionner ensemble nativement, il est nécessaire de maîtriser leur synchronisation et leur calibrage géométrique. Cet article présente une méthode pour caractériser les décalages temporels entre un lidar 3D et une centrale inertielle. Il explique aussi comment mettre en œuvre les méthodes de la littérature pour le calcul de la pose entre centrale inertielle et lidar sur un véhicule utilisé en conditions réelles.

12h20 – 13h **Géolocalisation HF et ionosphère, *HF Geolocation and ionosphere***
Président de séance, *Chairs* : **Jean-Benoît Agnani**

Passive HF Geolocation Using TDoA Based Receiver Network

Ankit Jain, Pascal Pagani, Rolland Fleury, Michel Ney, Patrice Pajusco
IMT Atlantique IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire Lab-STICC UMR CNRS 6285, Brest - France

Cet article présente la géolocalisation d'un émetteur HF situé à des distances d'environ 700 à 1300 km d'un réseau de récepteurs. Les signaux HF se propagent à travers le milieu ionosphérique en utilisant des ondes de ciel et sont réfléchis vers la Terre, permettant ainsi des communications HF sur de longues distances. Dans notre étude, la position de l'émetteur HF est obtenue en utilisant la méthode "Time Difference of Arrival" (TDoA). Des récepteurs contrôlables à distance, conçus pour capturer des signaux HF de manière synchrone, sont installés dans quatre villes différentes en France. Ce réseau de quatre récepteurs permet l'acquisition simultanée de signaux de radiodiffusion HF transmis par un émetteur situé à Nauen, en Allemagne. La différence de temps d'arrivée entre les signaux reçus par les quatre récepteurs est obtenue par une technique appelée sondage de canaux croisés. En utilisant les différences de temps d'arrivée déduites, la position de l'émetteur est estimée en utilisant un algorithme de géolocalisation basé sur la technique TDoA. Les résultats expérimentaux montrent qu'il est possible de localiser l'émetteur HF à Nauen avec une erreur de géolocalisation d'environ 5 km.

High frequencies wave propagation in the Earth ionosphere

Etienne Foucault, Pierre-Louis Blelly, Aurélie Marchaudon
Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP) CNRS : UMR5277

L'ionosphère est un domaine critique de l'environnement spatial de la Terre, qui joue un rôle clef dans la dynamique du système magnétosphérique. De fait, la

météorologie de l'espace, qui est le cadre applicatif des études autour des relations Soleil-Terre orientée vers l'impact de ces relations sur les activités humaines, s'intéresse particulièrement à l'ionosphère, tant ses effets sont visibles et immédiats et peuvent s'avérer critiques, notamment pour les communications. Afin de mieux comprendre comment ces relations peuvent impacter les communications, il a été développé un code de tracé de rayon, en géométrie sphérique et à trois dimensions, pour simuler les trajectoires d'ondes radios dans une ionosphère réaliste. Les premiers résultats de cette étude sont encourageants, les trajectoires simulées respectant le principe de Fermat, et suivant les propriétés du milieu (variation de la densité électronique). L'objectif de la thèse étant de coupler ce tracé de rayon avec le module de simulation d'ionosphère IPIM, développé à l'IRAP, pour créer un modèle de prévision de la propagation des ondes radios et de l'ionosphère. Il est également prévu d'injecter des données issues d'observations pour contraindre le modèle numérique.

16h30 – 17h50 **Métrologie des horloges, *Metrology aspects of clocks***
Président de séance, *Chairs* : **Ouali Acef**

Conf. invit.

Horloges atomiques - Etat de l'art et enjeux

Noel Dimarcq

SYRTE – Systèmes de Référence Temps-Espace, Unité mixte de recherche Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, LNE, Observatoire de Paris 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris, France

Depuis leur invention au milieu du XXe siècle, les horloges atomiques n'ont cessé de s'améliorer pour atteindre aujourd'hui des niveaux exceptionnels de stabilité et d'exactitude dans la gamme des 10-18. Même si ce niveau de précision n'est pas encore nécessaire pour le positionnement et la navigation par satellite, le fonctionnement même des GNSS repose sur un ensemble d'horloges atomiques, embarquées dans les satellites ou fonctionnant au sol pour la construction de l'échelle de temps du système de positionnement considéré. L'exposé présentera un état de l'art des horloges atomiques fonctionnant dans les domaines micro-onde et optique, en décrivant de nouveaux types d'horloges atomiques en train d'émerger dans le monde industriel, dans le but d'améliorer les performances en fréquence ou la miniaturisation des dispositifs. Avec l'amélioration de la précision des horloges atomiques se pose la question de la synchronisation d'horloges distantes, qui sera aussi abordée au cours de l'exposé.

Galileo gravitational redshift test with eccentric satellites

Pacôme Delva ¹, Neus Puchades ^{1,2}, Frédéric Meynadier ¹, Christophe Le Poncin-Lafitte ¹, Peter Wolf ¹,

¹*SYRTE, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, LNE, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris*

²*Departamento de Astronomia y Astrofísica - Valencia University*

We are going to present the results of the analysis of the GREAT (Galileo gravitational Redshift test with Eccentric sATEllites) experiment from SYRTE (Observatoire de Paris), funded by the European Space Agency. The General Relativity (GR) predicts that time flows differently for two clocks that have a relative speed and are placed in different gravitational potentials. It is therefore possible to test GR by comparing the frequencies of two clock, in a so-called gravitational redshift test. The best test to date was performed with the Gravity Probe A (GP-A) experiment in 1976 with an uncertainty of 1.4×10^{-4} .

An elliptic orbit induces a periodic modulation of the fractional frequency difference between a ground clock and the satellite clock, while the good stability of Galileo clocks allows to test this periodic modulation to a high level of accuracy. Galileo 201 and 202, with their large eccentricity and on-board H-maser clocks, are perfect candidates to perform this test. However, the accuracy of the gravitational redshift test is limited by the systematic uncertainty due to orbital errors, and Satellite Laser Ranging (SLR) measurements are crucial to understand them. SLR data allows us to reduce the effect of the systematics, in particular to partly decorrelate the orbit perturbations from the clock errors. By analysing several years of Galileo satellites data we have been able to improve on the GP-A test of the gravitational redshift.

Hardware Implementation of Quad-channel Clock Synchronization System for Nançay Radioheliograph A/D Converter

El Houssain Ait Mansour, Karl-Ludwig Klein, Bruno Da Silva, Stéphane Bosse, Severin Barth

Observatoire de Paris, Station de radioastronomie de Nançay, Route de souesmes, 18330 Nançay, France

La synchronisation est un problème majeur dans les réseaux distribués et distants, y compris l'interférométrie radio. La précision du système de synchronisation dans un réseau d'antennes en interférométrie radio dépend de la bande passante analogique du signal acquis. Peu de protocole de synchronisation existante peut assurer une précision inférieure à la nanoseconde. Dans ce document, on va présenter les premiers résultats obtenus d'Implémentation matérielle du premier prototype d'un algorithme de synchronisation appliqué à quatre horloges.

Transfert de temps par lien laser spatial

Alexandre Belli, Pierre Exertier

UMR 7329 Geoazur, CNRS-OCA-UNS

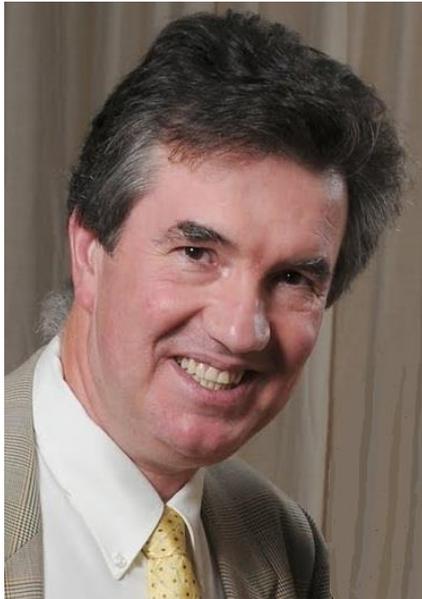
Le transfert de temps par laser est une technique qui s'est développée sur la base de la technique spatiale de télémétrie laser d'une part, et sur les développements

au sol et pour l'Espace du secteur temps-fréquence d'autre part. Entre 2008 et 2018 plusieurs expériences spatiales ont vu le jour en Europe, en Chine et aux Etats-Unis. Sur la sonde lunaire américaine LRO en mode une voie, sur le satellite Jason-2 à 1336 km d'altitude en combinant les modes une et deux voies (expérience T2L2 du CNES et de l'OCA), et enfin sur les satellites de navigation Beidou entre 20,000 et 36,000 km. En outre, l'Allemagne développe un système équivalent à T2L2 qui fonctionnera en simple photon sur la station spatiale internationale à partir de 2019/20.

Toutes ces expériences spatiales ont des objectifs scientifiques différents (physique fondamentale, géodésie, échelles de temps, etc.) mais sont toutes essentielles au domaine de la métrologie et à la navigation. Nous décrivons et comparons les performances de leur instrumentation en termes de précision et de stabilité. L'expérience T2L2, dont la durée de vie atteint 10 ans en 2018, a permis d'établir plusieurs campagnes de transfert de temps sol-espace et sol-sol via le satellite entre plusieurs sites géodésiques équipés de télémètres laser, d'horloges atomiques (des masers à hydrogène, essentiellement), de systèmes de distribution des signaux de temps et de récepteurs géodésiques GNSS. Nous décrivons les performances atteintes et les applications qui en découlent, eu égard aux avancées récentes sur les horloges et les nouveaux réseaux fibrés au sol de transfert de fréquence.

REMISE DE LA MÉDAILLE DU CNFRS À DIRK SLOCK

AWARD OF THE CNFRS MEDAL TO DIRK SLOCK



Dirk T.M. Slock a obtenu un diplôme d'ingénieur en électronique de l'Université de Gand en Belgique en 1982. En 1984, il a reçu une bourse Fulbright pour l'Université de Stanford, USA, où il a reçu le MSEE, MS en statistique et doctorat en EE en 1986, 1989 et 1989. En 1989-1991, il a été chercheur au Philips Research Laboratory Belgium. En 1991, il a rejoint EURECOM où il est professeur. A EURECOM, il enseigne le traitement statistique du signal (SSP) et les techniques de traitement du signal pour les communications sans fil. Il a contribué de manière significative au développement du Groupe de la théorie des communications à EURECOM, avec le recrutement de Giuseppe Caire, Mérouane Debbah et des membres actuels David Gesbert et Petros Elia. Sa carrière initiale était centrée sur le filtrage adaptatif, en commençant

par le développement dans son doctorat des algorithmes de Moindres Carrés Récurifs Rapides (FTF) stabilisés numériquement, une percée qu'une centaine d'autres chercheurs avaient tentée, y compris le prof. Cioffi qui a plus tard inventé l'ADSL. De nombreuses autres contributions ont suivi, par ex. la dérivation de la séquence de pas de mises à jour à la convergence la plus rapide pour LMS, l'outil d'apprentissage machine de base, et dérivant des algorithmes doublement rapides combinant l'invariance de déplacement de Toeplitz et les transformées de Fourier rapides. A EURECOM, l'accent a été mis sur les communications, en commençant par un article à ICASSP'94 qui a montré que la réception multicanaux non seulement simplifiait les égaliseurs, mais permettait également une égalisation en aveugle. En collaboration avec Philips, cela a conduit à l'invention du semi-aveugle [spawc'97] qui a conduit à beaucoup de travail de suivi. Alors que Cioffi & Forney ont montré que l'égaliseur à retour de décisions (DFE) était un récepteur canonique, il a montré dans [spawc'03] que c'était également un récepteur canonique dans le cas non cohérent, impliquant une détection et une estimation de canal semi-aveugle conjointe. Une autre contribution est le filtre ICMF (Interference Cancelling Matched Filter), une extension du Generalized Sidelobe Canceler dans les antennes intelligentes au cas du traitement spatio-temporel (par exemple GSM), permettant une séparation des tâches d'annulation (linéaire) d'interférence et de l'égalisation (non linéaire), et représentant la réponse appropriée à un défi posé en 1996 par le prof. A Paulraj (Stanford, lauréat du prix Marconi). Il a inventé le récepteur égaliseur-corrélateur utilisé par les terminaux mobiles 3G HSDPA, la diversité de délais cyclique pour le multiplexage spatial (MIMO-CDD) faisant maintenant partie du LTE, et son travail a abouti au concept de l'annulation d'interférence mono-antenne adopté dans le standard GSM. Ce sont des exemples de contributions de recherche exploitables dans les systèmes de communication contemporains. En parallèle,

il a également fait des contributions théoriques. Une percée dans la théorie des communications a été la dérivation du compromis multiplexage-diversité (DMT) pour les canaux MIMO sélectifs en fréquence [isit'05], [ita'07] et de nombreux autres résultats en diversité. Dans [ita'08], il a montré que pour des canaux doublement sélectifs (en temps et en fréquence), une communication au-delà du facteur d'étalement (produit de l'étalement temporel et la largeur de bande Doppler du canal) de 1 (jusqu'à 2) était possible, avançant ainsi l'état de l'art du doctorat de Thomas Kailath au MIT'59. Dans les projets SEMAFOR, WHERE (2), il a introduit des techniques de positionnement non-Line-of-Sight qui ont inspiré la start-up Wavion, et dirigé ces consortia pour les recherches de communications assistées par la géolocalisation, menant à des tutoriels (invités) à EW'13, ICC'13, ISWCS'15. Il a également introduit (et breveté) la calibration de la réciprocité relative pour les systèmes TDD. Ce concept a été étendu à la technique « Spatial Interweave » dans le démonstrateur du projet FET de radio cognitive CROWN, implémentée sur la plateforme OpenAirInterface d'EURECOM. Dans cette technique, non seulement la transmission du signal secondaire mais aussi la calibration secondaire sont effectuées sans perturber le primaire, un concept crucial maintenant repris dans les approches de calibration interne pour le MIMO massif. Pour l'analyse du MIMO massif, il a présenté avec des collaborateurs le papier phare d'analyse de grandes matrices aléatoires pour la formation de voie. Il a cofondé en 2000 SigTone, une start-up développant des produits de traitement du signal musical, et en 2014 Nestwave, une start-up développant la géolocalisation mobile ultra basse consommation. Il a également été actif en tant que consultant sur les systèmes xDSL, DVB-T et 3G. La start-up américaine ArrayComm a utilisé son récepteur MIMO basé sur l'égaliseur-corrélateur pour la 3G (CDMA) ; la startup américaine Advanced Receiver Technologies (Receivertec) avait aussi été fondée pour exploiter son récepteur combinant l'expansion polynomiale avec l'égaliseur-corrélateur pour la 3G.

En 25 ans, le professeur Slock a encadré 35 doctorants, dont 9 ont des postes dans le monde universitaire (6 professeurs, dont un IEEE Fellow), et environ 10 autres travaillent dans la recherche au sein de l'industrie. Ses recherches ont quantitativement abouti à : h-index de 39, 7575 citations, i10-index de 137, 10 chapitres de livres, 45 articles de revues, 450 communications. Au cours des 10 dernières années, il a participé aux projets français ERMITAGES, ANTIPODE, PLATON, SEMAFOR, APOGEE, SESAME, DIONISOS, DUPLEX (qu'il coordonne), MASS-START et GEOLOC, totalisant 2M€ de financement, et dans les projets européens K-SPACE, Newcom/++/#, WHERE(2), CROWN, SACRA, ADEL et HIGHTS totalisant un financement de 2,5M€. Il a également conclu de nombreux contrats de recherche directs avec Orange (4), Philips, NXP, STEricsson, Infineon et Intel, ainsi qu'obtenu des bourses pour 10 doctorants. Il a reçu un prix du meilleur papier journal de l'IEEE-SPS et un de l'EURASIP en 1992. Il est co-auteur de deux prix du meilleur papier de doctorant à IEEE GLOBECOM'98, un IEEE SIU'04, un IEEE SPAWC'05 et un WPNC'16, et finaliste pour ces prix à IEEE SSP'05, IWAENC'06, IEEE ASILOMAR'06 et IEEE ICASSP'17. Il a été éditeur associé des IEEE-SP Transactions en 1994-96 et des IEEE Signal Processing Letters en 2009-10. Il est éditeur pour le Journal EURASIP JASP. Il a également été éditeur invité pour JASP, IEEE-SP Sig. Proc. Mag. et pour IEEE-COM JSAC et a été membre de nombreux comités techniques. Il a été organisateur général des workshops IEEE-SP SPAWC'06 et IWAENC'14, et le congrès EUSIPCO'15. Il est Fellow de l'IEEE et d'EURASIP.

Dirk T.M. Slock received an electronics engineering degree from Ghent University, Belgium in 1982. In 1984 he was awarded a Fulbright scholarship for Stanford University, USA, where he received the MSEE, MS in Statistics, and PhD in EE in 1986, 1989 and 1989 resp. In 1989-91, he was a member of the research staff at the Philips Research Laboratory Belgium. In 1991, he joined EURECOM where he is now professor. At EURECOM, he teaches statistical signal processing (SSP) and signal processing techniques for wireless communications. He has significant contributions to building up the Communications Theory Group at EURECOM, with the recruitment of Giuseppe Caire, Merouane Debbah, and the current team members David Gesbert and Petros Elia. His initial career was focused on adaptive filtering, starting with the development in his PhD of the numerically stabilized Fast Transversal Filter (FTF) Recursive Least-Squares (RLS) Algorithms, a breakthrough that about one hundred other researchers had attempted, including prof. Cioffi who later invented ADSL. Numerous other contributions followed, as e.g. the derivation of the fastest converging step size sequence in for LMS, the basic machine learning tool, and deriving doubly fast algorithms combining Toeplitz shift invariance and fast Fourier transforms. At EURECOM, the focus shifted to communications, starting with a landmark ICASSP'94 paper which showed that multichannel reception not only simplified equalizers but also allowed blind equalization. In a collaboration with Philips, this led to the invention of semi-blind [spawc'97] which led to much follow-up work. Whereas Cioffi & Forney showed the decision feedback (DFE) to be a canonical receiver, he showed in [spawc'03] that it is also a canonical receiver in the non-coherent case, involving joint detection and semi-blind channel estimation. Another contribution is the Interference Canceling Matched Filter (ICMF) [globecom'96], an extension of the Generalized SideLobe Canceller in smart antennas to the spatiotemporal processing case (e.g. GSM), allowing a separation of (linear) interference cancellation and (e.g. nonlinear) equalization tasks, and representing the proper answer to a challenge posed in 1996 by prof. A Paulraj (Stanford, Marconi winner). His research interests include Statistical Signal Processing (SSP) for mobile communications (antenna arrays for (semi-blind) equalization/interference cancellation and spatial division multiple access (SDMA), space-time processing and coding, channel estimation, diversity analysis, information-theoretic capacity analysis, relaying, cognitive radio, geolocation), and SSP techniques for audio processing. He invented the chip equalizer-correlator receiver used by 3G HSDPA mobile terminals, spatial multiplexing cyclic delay diversity (MIMO-CDD) now part of LTE, and his work led to the Single Antenna Interference Cancellation (SAIC) concept used in GSM terminals. These are examples of exploitable research contributions to contemporary communication systems. In parallel he has also made theoretically hard contributions. One information-theoretic breakthrough was the derivation of the diversity-multiplexing tradeoff (DMT) for frequency-selective MIMO channels [isit'05], [ita'07] and numerous other diversity results. Also, in [ita'08] he showed that for jointly time- and frequency-selective channels, communication beyond the spread factor (product of delay spread and Doppler bandwidth) of 1 (up to 2) is possible, breaking a presumed barrier since the PhD of Thomas Kailath at MIT'59. Recent keywords are MIMO interference channel, multi-cell, distributed resource allocation, variational and empirical Bayesian techniques. In the projects SEMAFOR, WHERE, WHERE2, he introduced non-Line-of-Sight positioning techniques that inspired the startup Wavion, and he led those consortia for the location aided communications work, leading to (invited) tutorials at EW'13, ICC'13, ISWCS'15. He also introduced (and patented) relative reciprocity calibration for TDD systems. This concept was extended to

Spatial Interweave in the cognitive radio FET project CROWN demonstrator, implemented on the EURECOM OpenAirInterface testbed. In Spatial Interweave, not only secondary signal transmission but also secondary calibration is done without disturbing the primary, a crucial concept now taken over in so-called ARGOS calibration for Massive MIMO. For Massive MIMO analysis, he introduced with collaborators the most advanced large random matrix analysis paper for beamforming design. He cofounded in 2000 SigTone, a start-up developing music signal processing products, and in 2014 Nestwave, a start-up developing Ultra Low-Power Indoor and Outdoor Mobile Positioning. He has also been active as a consultant on xDSL, DVB-T and 3G systems. The US startup ArrayComm used his chip equalizer based MIMO receiver for 3G (CDMA), and the US startup Advanced Receiver Technologies (Receivertec) was founded to exploit his 3G chip equalizer based symbol polynomial expansion receiver.

In 25 years, Prof. Slock has graduated 35 PhD students, 9 of which are in academia (6 professors, of which one IEEE Fellow), and about 10 others in research in industry. His research led to: h-index: 39, total citations: 7575, i10-index 137, 10 book chapters, 45 journal papers, 450 conference papers. Over the past 10 years he has participated in the French projects ERMITAGES, ANTIPODE, PLATON, SEMAFOR, APOGEE, SESAME, DIONISOS, DUPLEX (which he coordinates), MASS-START and GEOLOC, summing to 2M€ in funding, and in the European projects K-SPACE, Newcom/++/#, WHERE(2), CROWN, SACRA, ADEL and HIGHTS summing up to 2.5M€ in funding. He has also had a number of direct research contracts with Orange (4), Philips, NXP, STEricsson, Infineon, and Intel, and scholarships for 10 PhD students. He received one Best Journal Paper Award from IEEE-SP and one from EURASIP in 1992. He is the co-author of two IEEE GLOBECOM'98, one IEEE SIU'04, one IEEE SPAWC'05 and one WPNC'16 Best Student Paper Awards, and finalist in best student paper contest at IEEE SSP'05, IWAENC'06, IEEE ASILOMAR'06 and IEEE ICASSP'17. He was an associate editor for the IEEE-SP Transactions in 1994-96 and the IEEE Signal Processing Letters in 2009-10. He is an editor for the EURASIP Journal on Advances in Signal Processing (JASP). He has also been a guest editor for JASP, IEEE-SP Sig. Proc. Mag. and for IEEE-COM JSAC. He was a member of the IEEE-SPS Awards Board 2011-13 and currently of the EURASIP JWCN Awards Committee. He was General Chair of the IEEE-SP SPAWC'06 and IWAENC'14 workshops, and EUSIPCO'15. He is a Fellow of IEEE and EURASIP.

La médaille du CNFRS, décernée sous l'égide de l'Académie des sciences, est destinée à hst destinée à honorer une personnalité scientifique qui contribue, ou a contribué au cours des 6 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 auspices 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 URSI ÉTUDIANT, *STUDENT URSI PRIZE*

Un prix URSI de 500 euros sera attribué, jeudi 29 mars, par le comité scientifique, à la meilleure communication présentée par un doctorant.

A URSI prize of 500 euros will be awarded on Thursday March 29, by the Scientific Committee, to the best paper presented by a doctoral student.

MODALITÉS PRATIQUES, *PRACTICAL MODALITIES*

PUBLICATIONS – EDITIONS

Les **textes des conférences invitées et des communications** seront consultables en ligne sur le site d'URSI-France : <http://www.ursi-france.org>

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). Responsables des publications : **Jean-Benoit AGNANI**.

*The **papers** will be available online via the URSI-France website: <http://www.ursi-france.org>*

*After selection by the Scientific Committee, some authors will be invited to publish a paper either in a special issue of the "Comptes rendus Physique" of the Academy of Sciences or in the "Revue de l'électricité et de l'électronique" (REE). Guest editors: **Jean-Benoit AGNANI**.*

ORGANISATION

COMITÉ SCIENTIFIQUE, <i>SCIENTIFIC COMMITTEE</i>	COMITÉ D'ORGANISATION, <i>ORGANIZING COMMITTEE</i>
President : Jean-Benoit AGNANI, ANFR, France Ouali ACEF , Observatoire de Paris, France Luca BALDINI , Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italy Frédéric BARBARESCO , Thales, France Pierre BAUER , Bureau des longitudes, France Gérard BEAUDIN , Observatoire de Paris, France Madhu CHANDRA , TU Chemnitz, Germany Merouane DEBBAH , Huawei Technologies, France Laura DRAETTA , IMT Télécom ParisTech, France Jean ISNARD , URSI-France Yann KERR , CESBIO, France Karl-Ludwig KLEIN , Observatoire de Paris, France Thierry LETERTRE , CentraleSupélec, France Philippe POULIGUEN , DGA, Min. des Armées, France Sana SALOUS , Durham University, UK Véronique SERFATY , DGA, Min. des Armées, France Michael SCHOENHUBER , Joanneum Research, Austria Tullio TANZI , Télécom ParisTech, France	President : Gérard BEAUDIN, Observatoire de Paris, France Ouali ACEF , Observatoire de Paris, France Jean-Benoit AGNANI , ANFR, France Pierre BAUER , Bureau des longitudes, France Joël HAMELIN , URSI-France Jean ISNARD , URSI-France Karl-Ludwig KLEIN , Observatoire de Paris, France Thierry LETERTRE , CentraleSupélec, France Alain SIBILLE , IMT Télécom ParisTech, France Hervé SIZUN , URSI-France

PARTICIPATION, REGISTRATION FEE

Une **participation aux frais de 220 €** est demandée à tous les participants. Elle comprend les déjeuners et pauses café. Un **tarif réduit de 125 €** sera accordé aux étudiants et aux seniors.

Pour **47 €** supplémentaires **le numéro thématique** des Comptes rendus Physique de l'Académie des sciences, reprenant les principales contributions de ces Journées, sera adressé à l'acquéreur dès parution au début 2019.

*A **registration fee of 220 €** will be asked to each participant. It includes, among other, lunches and coffee breaks. A **125 € reduced fee** will be applied **to students and seniors**.*

***With an additional 47 € you will receive the special issue** of the "Comptes rendus Physique" of the Academy of Sciences, which will gather the key contributions of the Workshop. It will be sent to you when released, early 2019.*

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES, MISCELLANEOUS

Vous pourrez trouver toutes informations utiles relatives aux Journées scientifiques 2016 sur le site d'URSI-France : <http://www.ursi-france.org>
You can find all relevant information on 2016 Workshop on the site of URSI-France: <http://www.ursi-france.org>

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^{ème}

Site Internet : <http://www.ursi-france.org>

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 : contact@ursi-france.org