



**Février
2024**



COMITE NATIONAL FRANÇAIS DE RADIOELECTRICITE SCIENTIFIQUE (URSI-France)

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

Contact : contact@ursi-france.org

RUBRIQUES

1. EDITORIAL
2. ACTUALITES D'URSI-France
3. ACTUALITES DES COMMISSIONS
4. CONFERENCES ET MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES PREVUES EN 2024



EDITORIAL

Les RadioSciences, espoir ou désespoir ?

Chères et chers collègues, chères et chers membres d'URSI-France,

2024 a commencé et sur beaucoup de plans, nous avons entamé une année relativement critique. En effet ce ne sont pas les crises qui manquent... comme la crise climatique que nous subissons tous même dans notre territoire, mais aussi les crises liées aux guerres ouvertes sur le territoire européen ou à ses portes. En effet, les conséquences de ces crises ont (et peuvent avoir encore plus dans un futur à court terme) des conséquences dans notre vie, nos habitudes, nos comportements, ...

Cette réflexion m'a permis de me rendre compte de l'importance des RadioSciences dans notre monde actuel. Beaucoup de ce que nous pouvons « mesurer » de la dégradation du climat de notre planète est obtenu par l'utilisation de systèmes « radioscientifiques » appropriés, que ce soit pour effectuer des mesures, pour les transmettre aux centres de traitement, pour en diffuser les résultats, etc. Ce qui est intéressant est que les RadioSciences nous permettent de suivre au jour le jour l'évolution du climat de notre planète. Plus intéressant encore ce sont toutes les approches qui, au moyen des RadioSciences, nous permettent de mieux affronter les changements climatiques. Espoir quand je pense par exemple aux mesures d'hygrométrie des sols permettant de savoir quelles parcelles il est absolument indispensable d'arroser, tout en préservant nos ressources en eau, pour éviter d'ajouter une catastrophe agricole à celle climatique. Désespoir néanmoins de voir que toutes les mesures montrent une évolution inéluctable du climat face aux efforts encore limités effectués par l'humanité.

Dans les autres crises mentionnées auparavant, nous connaissions déjà l'importance des RadioSciences dans tout ce qui est attaque et défense « classiques ». Il est néanmoins important de reconnaître de nouvelles formes d'agression qui concernent directement les RadioSciences. Non seulement les nouvelles formes de guerre électronique, qui utilisent des méthodes pourtant extrêmement utiles en temps de paix et de stabilité. Mais aussi, par exemple, la « guerre des ondes », qui dans l'ancien temps faisait référence aux ondes « radio », captées par les postes de radio, et qui maintenant fait plutôt référence aux microondes, captées par les téléphones portables et les tablettes. Cette « guerre des ondes » semble faire partie, plus que jamais, des outils que les puissances utilisent comme systèmes intrusifs. Et ce d'autant plus que les téléphones portables attirent notre attention de façon presque permanente, surtout chez les plus jeunes.

Espoir dans les RadioSciences pour améliorer notre sécurité et notre pérennité dans la planète, désespoir qu'elles ne puissent ruiner notre sécurité et notre pérennité...

Lluís M. Mir

Président d'URSI-France

Membre du Comité de Planification de la Recherche de l'International Science Council



ACTUALITES D'URSI-France

Journées scientifiques 2024

Les JS 2024 d'URSI-France se présentent sous de bons auspices, au vu de la dynamique engagée des soumissions et des partenariats. Le thème « Ondes au service des plasmas, Plasmas au service des ondes » bénéficie à la fois d'une histoire déjà bien ancienne et d'une actualité qui se manifeste de nombreuses façons aussi bien pour les plasmas "froids" que les plasmas "chauds", pour des applications scientifiques comme technologiques très nombreuses.

Elles se dérouleront sur le campus Pierre et Marie Curie les 26 et 27 mars 2024, sous les co-présidences scientifiques de Julien Hillairet (commission H) et Elvira Astafyeva (commission G), et sont soutenues notamment par la fédération PLAS@PAR.

A l'occasion des JS 2024 seront par ailleurs remis, comme tous les ans, la médaille d'URSI-France ainsi que le prix de thèse en radiosciences. L'assemblée d'URSI-France sera également générale organisée dans ce contexte et sera accessible en distanciel.

De nouveaux représentants des organismes

Nous avons le plaisir d'accueillir de nouveaux représentants d'organismes français ayant des relations avec URSI-France. Il s'agit de Eric Lheurette (pour le GDR Ondes), Djamel Allal (pour le Laboratoire national de métrologie et d'essais LNE) et Jacques Claverie (pour la Société des électriciens des électroniciens et des radioélectriciens SEE). Bienvenue à eux, en espérant que par leur intermédiaire ces organismes pourront contribuer aux activités d'URSI-France !

Réunion du bureau élargi

URSI-France réunit annuellement un bureau élargi, qui comprend outre les membres ordinaires du bureau et les associés, les président(e)s et vice-président(e)s des commissions, et les représentants des organismes. L'édition 2023 s'est tenue le 21 décembre dernier et a permis, entre autres, de discuter du fonctionnement d'URSI-France et de la coopération avec les autres comités européens de l'URSI. Elle a été également l'occasion pour les commissions A et C de présenter leurs activités récentes et leurs projets à venir, ainsi que d'évoquer ce qui pourrait constituer un thème central pour les journées scientifiques 2025. A l'issue de la réunion a été remise à Carlo SIRTORI par Lluis M. Mir la médaille d'or BOOKER de l'URSI, qui lui a été officiellement attribuée lors de la 35^e assemblée générale de à Sapporo mais n'avait pas pu lui être délivrée en présentiel.



ACTUALITES DES COMMISSIONS

Activités de recherche sur la 6G : quelques thématiques en lien avec la couche physique

Alors que le déploiement de la technologie 5G progresse un peu partout dans le monde, l'essentiel des efforts des chercheurs et des opérateurs se concentre sur la définition des enjeux, des spécifications et des scénarios de la 6G à l'horizon 2030. Plusieurs consortiums, projets collaboratifs et événements scientifiques ont vu le jour depuis 2018, dont le but est d'imaginer et d'harmoniser les attentes sociétales et techniques de la 6G. Parmi ces initiatives, nous pouvons citer :

- **Alliances** : NGMN (www.ngmn.org, INT), Next G Alliance (<https://nextgalliance.org>, US), programme 6G Flagship (<https://www.6gflagship.com/>, EU)...
- **Projets de recherche** : ICT-52 Hexa-X (<https://hexa-x.eu>), partenariat EC Smart Networks and Services (<https://www.eurosmart.com>), 6G-BRAINS (<https://6gbrains.eu/>) Programme Japon 6G (<https://www.livemint.com/technology/tech-news/move-over-5g-japan-plans-to-launch-6g-by-2030-says-report-11579590569894.html>), recherche sur la 6G en Chine (<https://www.cnbc.com/2019/11/07/china-starts-6g-development-having-just-turned-on-its-5g-mobile-network.html>) & Huawei-ZTE (<https://www.gizchina.com/2021/02/19/huawei-and-zte-help-china-take-the-lead-in-6g-technology/>), recherche 6G en LGE-KAIST et Samsung-LG (<http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20190604000610>),
- **Forums, colloques et conférences** : IWON Global forum (<https://iowngf.org/>), 6G Symposium (<https://www.6gworld.com/6gsymposium/>), 6G Wireless Summit (<https://www.6gsummit.com/>). Atelier IEEE IDAACS 2023 (https://www.idaacs.net/2023/workshop_b5g6g).

À ces initiatives s'ajoute un nombre croissant d'articles de vulgarisation et de publications :

- Articles de vulgarisation : Virginia Tech [1], 6G Flagship [2], NTT DOCOMO 6G [3], Huawei [4], ...
- Publications : une illustration du nombre croissant des publications dans IEEE liées à 6G est donnée dans le tableau suivant.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Conférences	26	141	388	831	1530	1514
Revue et magazines	9	145	210	652	965	1355
Standards et livres	2	2	4	54	51	157

À partir des études préliminaires et des perspectives sur la 6G [1, 2, 3, 4], les figures 1 et 2 résument certaines exigences et applications attendues de la technologie sans fil 6G.

En plus d'exigences croissantes par rapport à la 5G, de nouvelles exigences qui n'étaient pas prises en compte dans la 5G ont été ajoutées et étendues plus largement. De plus, comme pour la 5G, toutes les exigences ne doivent pas être ou ne peuvent pas être satisfaites en même temps, mais de nouvelles combinaisons d'exigences seront attendues avec de nouveaux cas d'usage.

Février
2024

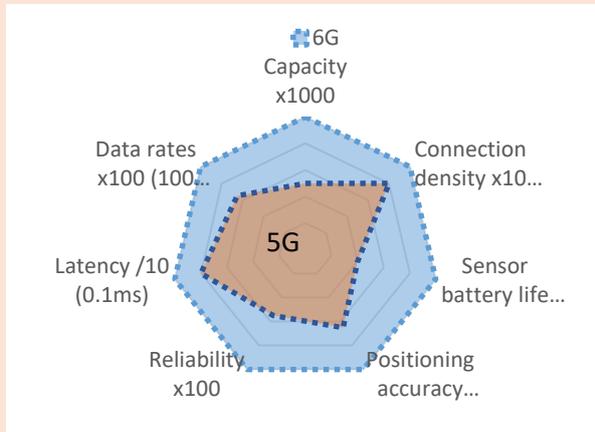


Figure 1 : Aperçu des exigences 6G.

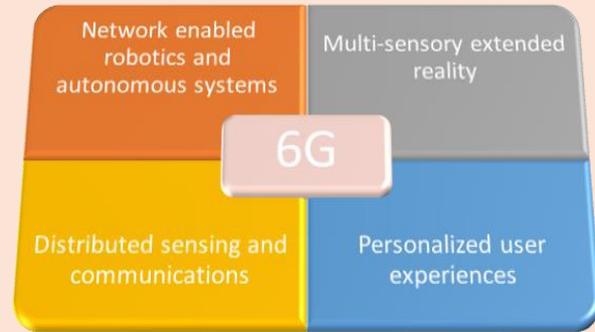


Figure 2 : Applications de la 6G.

Pour répondre aux exigences de la 6G, de nouvelles approches et technologies ont été proposées dans la littérature ou sont étudiées et développées par les industriels ou dans le cadre de programmes de recherche collaboratifs. La figure 3 illustre certaines des approches technologiques envisagées dans la 6G, répertoriées ci-dessous :

- l'extension aux bandes sub-THz et THz,
- le développement de nouvelles technologies de transmission sans fil,
- l'utilisation de l'Intelligence Artificielle (IA) et du Machine Learning (ML) pour optimiser les performances de tous les éléments du réseau, y compris la couche physique,
- le contrôle de la propagation à travers des surfaces intelligentes reconfigurables (RIS).

Le développement de ces technologies pose plusieurs défis. Certains de ces défis sont abordés ci-après.

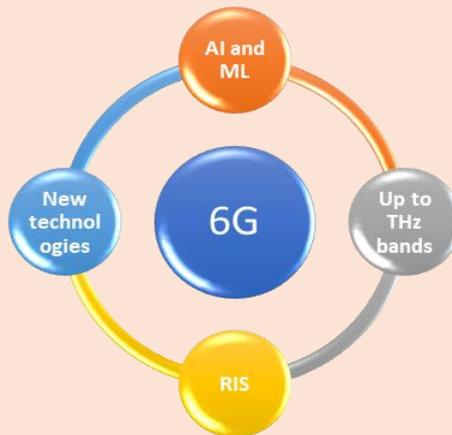


Figure 3 : Technologies étudiées et développées pour la 6G

L'extension aux bandes sub-THz et THz

L'augmentation rapide du nombre de terminaux mobiles connectés à l'ère de la 4G a poussé les exigences en matière de débit de données des systèmes 5G à de nouveaux niveaux. Le spectre inférieur à 6 GHz étant encombré, l'évolution vers d'autres gammes, telles que les ondes millimétriques (mmWaves) pour les systèmes 5G et au-delà,



ainsi que les bandes Sub-Tera Hertz pour les systèmes 6G, sont et seront les principales solutions pour répondre à ces exigences. L'utilisation de bandes de fréquences élevées est assez réglementée et est largement disponible, ce qui permet aux systèmes de communication mobile de fonctionner sur de larges bandes passantes. Cependant, les caractéristiques de propagation dans ces bandes de fréquences impliquent des atténuations importantes compensées par les gains importants des antennes.

Le MIMO massif et la montée en fréquence sont deux idées attrayantes considérées pour répondre aux exigences de capacité élevée des systèmes de communication 6G. Bien que ces technologies permettent d'énormes gains de capacité, les émetteurs-récepteurs utilisés dans ces gammes de fréquences induisent plusieurs déficiences matérielles telles que le bruit lié à la faible résolution des convertisseurs, les non-linéarités des amplificateurs de puissance, le bruit de phase et le déséquilibre IQ.

L'optimisation de l'efficacité énergétique

Selon plusieurs études, le secteur des TIC représente près de 3 % de la consommation mondiale d'énergie. Pour les systèmes de communications mobiles, la consommation électrique permet de définir la durée de vie de la batterie. Du côté de la station de base, la puissance consommée estimée représente environ 80 % de l'énergie totale de l'infrastructure cellulaire, principalement consommée par les amplificateurs de puissance (AP). De nombreuses solutions peuvent être utilisées pour augmenter l'efficacité de l'AP dans les réseaux 6G. Ces solutions peuvent être classées en trois catégories :

- approches basées sur le traitement du signal : amélioration de l'efficacité énergétique en utilisant des techniques de réduction du PAPR et/ou des techniques de linéarisation,
- approches basées sur des émetteurs à architectures modifiées : utilisation du suivi d'enveloppe, des amplificateurs Doherty, des techniques Kahn, des architectures parallèles,
- approches basées sur le réseau : utilisation de cellules plus petites, de techniques marche/arrêt, de veille de porteuse et du MIMO massif.

La forme d'onde pour les communications 6G

La forme d'onde des systèmes sans fil 6G doit être flexible et conforme à toute bande passante requise pour les porteuses inférieures et supérieures à 6 GHz. Cette forme d'onde doit faire face à la sélectivité du canal temps/fréquence, être efficace sur le plan spectral, présenter une complexité et une latence réduites, être robuste face à un accès asynchrone en temps et en fréquence et présenter un PAPR (Peak to Average Power Ratio) limité, améliorant ainsi l'efficacité énergétique de l'émetteur-récepteur. Différentes formes d'onde ont été proposées au cours des dernières décennies pour répondre partiellement à ces exigences. En plus du multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) et des formes d'ondes considérées comme candidates à la 5G, d'autres modulations sont proposées comme candidates potentielles pour la technologie 6G. Nous pouvons citer la Faster Than Nyquist (FTN), l'Orthogonal Time Frequency Space (OTFS) et le Lagrange Vandermonde Division Multiplexing (LVDM) pour n'en citer que quelques-unes.

L'apprentissage profond pour les futurs systèmes de communication

Répondre à toutes les exigences de la 6G nécessite un réseau hyper-flexible avec des radios configurables. Dans la plupart des études prospectives sur la 6G [1, 2, 3, 4, 5], il est proposé que l'IA et l'apprentissage automatique soient utilisés pour la détection, la localisation, l'estimation des composantes statiques et dynamiques de



l'environnement radio et pour déterminer les allocations optimales de ressources radio pour les stations de base et les utilisateurs.

Une question importante est de savoir si l'IA pourrait être utilisée pour implémenter tout ou une partie des fonctions de la couche physique. En effet, les systèmes de communication existants présentent des limites inhérentes à la mise en pratique de la théorie lorsqu'il s'agit de gérer la complexité de l'optimisation des applications sans fil émergentes avec des degrés de liberté élevés. L'apprentissage profond a un fort potentiel pour surmonter ce défi grâce à des solutions basées sur les données et peut améliorer les performances des systèmes sans fil 6G.

Les surfaces intelligentes reconfigurables (RIS)

Les RIS utilisant des réseaux de réflexion et de transmission sont envisagés comme des architectures à faible consommation d'énergie pour répondre aux exigences des futurs systèmes de communication à haut débit. Cette technologie permet de concentrer l'énergie dans certaines directions de l'espace, pour atteindre des débits de données très élevés avec une meilleure efficacité énergétique. Par rapport aux réseaux d'antennes planaires conventionnels, le diagramme de rayonnement d'une RIS est ajusté en activant la grille de diodes méta-surface. Les problèmes de recherche ouverts liés aux RIS vont du déploiement optimisé de réflecteurs passifs et de surfaces intelligentes recouvertes de métamatériaux au fonctionnement assisté par l'IA. Dans une première étape d'études, des analyses fondamentales pour comprendre les performances des RIS, en termes de débit, de latence, de fiabilité et de couverture, sont en cours (<https://5g-ppp.eu/rise-6g/>, <https://www.mesanges.eurestools.eu/>).

Références

- [1] W. Saad, M. Bennis, and M. Chen. A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. *IEEE Network*, 34(3):134-142, 2020.
- [2] P. Ahokangas, J. Van De Beek, H. Alves, and M. Bennis. Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence. White paper, 2019.
- [3] INC. NTT DOCOMO. 5G Evolution and 6G. White paper, 2020.
- [4] Huawei, 6G: The Next Horizon White Paper, 2022.

L'impression 3D de résines photosensibles et conductrices pour l'absorption d'ondes électromagnétiques

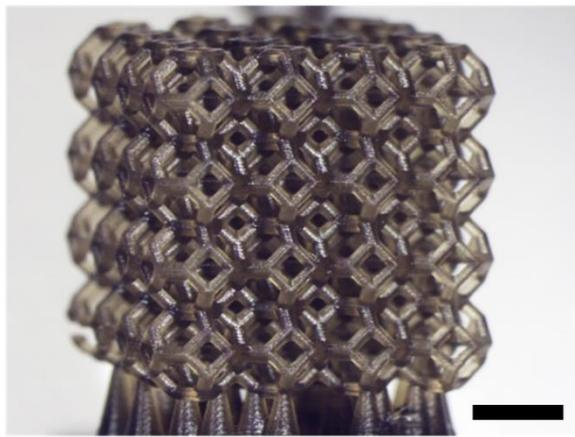
L'impression de résines par photopolymérisation représente une technologie privilégiée pour la création de formes complexes en 3D avec une résolution élevée, incluant des géométries optimisées pour l'absorption d'ondes électromagnétiques. Cependant, cette méthode est généralement restreinte aux résines transparentes permettant la réticulation du polymère par irradiation UV. Afin d'élargir les fonctionnalités de telles résines, il conviendrait de les rendre conductrices tout en préservant un niveau de transparence suffisant pour la photoréticulation. C'est le défi auquel se sont attaqués des chercheurs du Centre de Recherche Paul Pascal à Bordeaux en collaboration avec Dassault Aviation dans le cadre d'une thèse financée par la DGA et la région Nouvelle-Aquitaine.

Deux principales approches ont été explorées. Dans une première, de l'oxyde de graphène, un précurseur isolant à faible absorption des UV a été intégré à la résine. En raison de sa faible absorption, la résine peut être imprimée en 3D. Elle est ensuite traitée thermiquement pour réduire l'oxyde de graphène in-situ. Une fois réduit, ce dernier

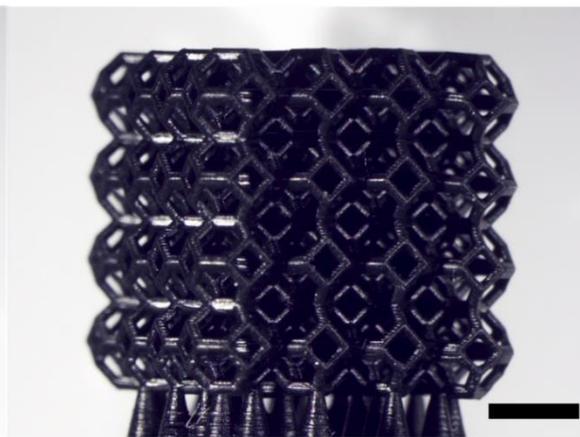


devient absorbant mais aussi conducteur électrique. Cette approche permet donc au final d'obtenir des matériaux conducteurs et capables d'absorber les ondes électromagnétiques. Des nanotubes de carbone ont été utilisés dans une seconde approche. Ces matériaux forment des réseaux percolés conducteurs à de très basses concentrations. La percolation à basse concentration permet aussi de disposer de résines suffisamment transparentes pour l'impression 3D par photopolymérisation. Les propriétés électromagnétiques de matériaux les plus conducteurs ont été caractérisées au centre de Dassault Aviation à Mérignac, et ont déjà démontré des performances prometteuses pour des applications d'absorption et de furtivité radar.

Graphene Oxide



Reduced Graphene Oxide



Structure 3D imprimée par photopolymérisation. A gauche, le matériau est chargé en oxyde de graphène transparent aux UV mais isolant électrique. A droite, après traitement thermique, l'oxyde de graphène est réduit. Il devient noir et conducteur électrique. Echelle 3mm.

Pour plus de détails :

David Tilve-Martinez, "3D printing and electromagnetic properties of conductive nanocarbon based composites", PhD Thesis University of Bordeaux 2023.

D. Tilve-Martinez, W. Neri, D. Horaud, N. Vukadinovic, B. Berton, A. Desmedt, J. Yuan, P. Poulin, "Graphene Oxide Based Transparent Resins For Accurate 3D Printing of Conductive Materials", *Advanced Functional Materials*. (2023) 2214954. <https://doi.org/10.1002/adfm.202214954>.

David Tilve-Martinez, Wilfrid Neri, Nicolas Vukadinovic, Benoit Berton, Alain Pénicaud, Jinkai Yuan and Philippe Poulin, "Electrical Anisotropy and its Mitigation in Conductive Polymers Printed by VAT Photopolymerization" Under revision.

La conception d'une forme d'onde partagée entre les fonctions radar et de communication

Au sein du département d'Électronique, Optronique et Signal (DEOS) de l'ISAE-SUPAERO, l'équipe ComIT (communication et théorie de l'information) s'intéresse à la problématique du partage du spectre radio-fréquence (RF). Actuellement, les différentes bandes de fréquences sont allouées par services tels que les réseaux mobiles, les systèmes de radiodiffusion, la télédétection et les radars. La prolifération de ces services conduit naturellement



à la saturation du spectre RF. Ainsi, de nouvelles stratégies de partage du spectre sont étudiées, notamment l'utilisation simultanée des mêmes bandes spectrales par des systèmes radar et de communication.

Pour atteindre cet objectif, différentes approches sont envisageables, telles que la coexistence des systèmes radar et de communication dans les mêmes bandes, leur synergie, ou la fusion par l'utilisation d'une forme d'onde commune pour assurer les deux fonctions radar et de communication. L'équipe ComIT conduit des travaux notamment sur la dernière approche pour ses avantages potentiels tels que l'amélioration de la compatibilité électromagnétique, la réduction du poids et de la traînée sur un porteur. La nouvelle forme d'onde radar-communication à double fonction (DFRC) doit garantir sa double fonction sans compromettre significativement les performances radar ou de télécommunication.

Lors de la conception d'une forme d'onde jointe DFRC comme illustré dans la figure 1, il existe diverses métriques de performance, dont des métriques basées sur l'information mutuelle (MI). La MI entre deux variables aléatoires mesure la quantité d'information partagée entre ces dernières. Cette métrique est généralement utilisée dans le contexte des communications, où la MI entre les symboles émis et ceux reçus par un récepteur de communication définit le débit d'information (IR). En parallèle, des études antérieures ont considéré la MI comme métrique de performance pour l'estimation de cibles étendues radar dans un cadre cognitif. La réponse impulsionnelle de la cible y est modélisée par une variable aléatoire, usuellement Gaussienne, dont la matrice de covariance est connue par un mécanisme de feedback. Maximiser la MI entre la réponse impulsionnelle de la cible et le signal reçu par le radar connaissant la forme d'onde émise a démontré ainsi une amélioration des capacités d'estimation radar. Dans le cas particulier d'une conception de forme d'onde DFRC, il devient impératif de considérer la forme d'onde émise comme aléatoire puisqu'elle transmet de l'information variant à chaque émission. Ainsi, dans ce contexte, la MI radar doit être remplacée par l'information mutuelle conditionnelle (CMI). Cette dernière est définie comme la MI entre la réponse impulsionnelle d'une cible étendue et le signal radar reçu moyennée sur toutes les réalisations possibles du signal émis.

Dans le cadre des travaux de conception d'une forme d'onde DFRC, une attention particulière a été accordée aux modulations multiporteuses (OFDM) en raison de leur 1) efficacité spectrale élevée, 2) robustesse face aux canaux sélectifs en fréquence et 3) implémentation à faible complexité. Bien que ces signaux soient caractérisés par un facteur de puissance de crête (PAPR) préjudiciable à une amplification de puissance efficace, un traitement radar à courte portée demeure envisageable (ex. : un scénario véhiculaire terrestre). En parallèle, la conception des formes d'onde OFDM-DFRC, axée sur la maximisation des MI peut être exprimée sous forme d'un problème d'allocation de puissance par sous-porteuse.

Ainsi, l'équipe ComIT a élaboré un cadre théorique rigoureux pour la conception de ces formes d'onde, en prenant soin de considérer le caractère aléatoire du signal émis. On propose de trouver l'allocation de puissance qui maximise une fonction objectif pondérée par les performances simultanées du radar (CMI radar) et de communication (IR), sous une contrainte de puissance du signal émis fixée. Cela donne lieu à un problème d'optimisation où l'allocation optimale de puissance nécessite une mise à jour seulement en cas d'évolution des propriétés statistiques du canal radar (i.e., la réponse impulsionnelle de la cible) ou de l'état du canal de communication, plutôt qu'à chaque transmission. Cependant, en raison de l'insolubilité du problème d'optimisation résultant, des approximations basées sur les inégalités de Jensen et d'Hadamard, couramment utilisées dans le domaine de la théorie de l'information, sont appliquées à la fonction objectif. Cela génère deux



problèmes d'optimisation qui sont résolus numériquement à l'aide de solveurs tel que CVX sous Matlab (Jensen), ou sous forme exacte (Jensen–Hadamard).

Les résultats montrent le compromis intrinsèque entre les fonctions radar et de communication. Les tendances de la IR (débit d'information de com.) et de la CMI radar (estimation de la cible) sont opposées si nous augmentons le poids du système radar dans la fonction objectif pondérée. Comme illustré dans la figure 2, la forme d'onde qui favorise la maximisation de la CMI radar, nuit au débit d'information de communication, et inversement.

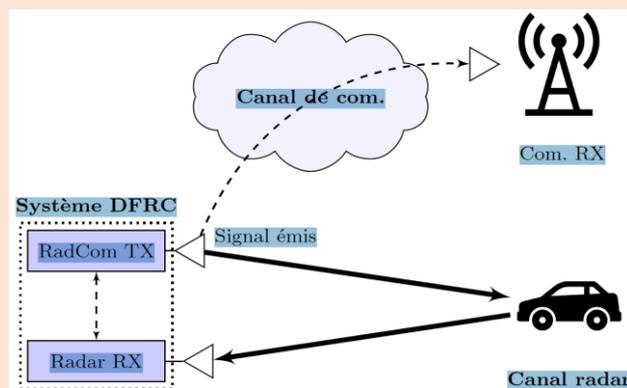


FIGURE 1: Illustration d'un système DFRC.

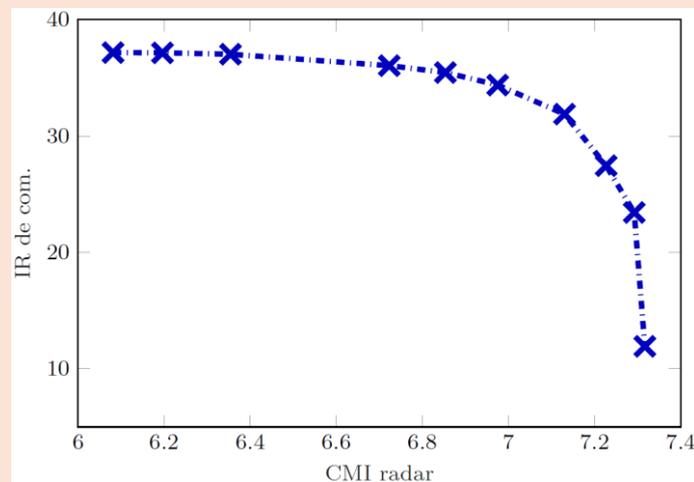


FIGURE 2: La IR de communication en fonction de la CMI radar : courbe paramétrée par le poids de la fonction objectif radar (croissance de gauche à droite). La stratégie d'allocation de puissance considérée est la solution du problème d'optimisation approché par l'inégalité de Jensen. Signal émis gaussien.

Pour plus de détails : N. Bekkali, S. Bidon, M. Benammar and D. Roque, "Mutual Information-Driven Power Allocation in OFDM Dual-Function Radar-Communication Systems," in IEEE Transactions on Radar Systems, vol. 1, pp. 605-622, 2023, doi: 10.1109/TRS.2023.3322961.



La détection d'évènements acoustiques dans un environnement urbain avec une fibre optique multi-cœur déployée

Une équipe formée de chercheurs de Nokia Bell Labs, Télécom Paris, L'Université de l'Aquila et L'Université de Padoue a démontré la réussite d'un essai sur le terrain d'un système de captation de vibrations (DAS pour *Distributed Acoustic Sensing* en anglais) utilisant la diversité de polarisation pour capter des évènements acoustiques impactant un câble de fibres multi-cœur déployé sous la ville de l'Aquila en Italie. L'essai de terrain a permis la localisation précise d'évènements comme des travaux de démolition ou la présence de personnes dans un tunnel sous-terrain. Les mesures de performances ont montré une résolution spatiale de 2 m et une couverture d'une bande acoustique allant de 1 mHz à 380 Hz.

Article : Guerrier et al., «Field Trial of High-Resolution Distributed Fiber Sensing Over Multicore Fiber in Metropolitan Area with Construction Work Detection using Advanced MIMO-DAS », présenté à la conférence OFC 2023 à San Diego, États-Unis, Mars 2023

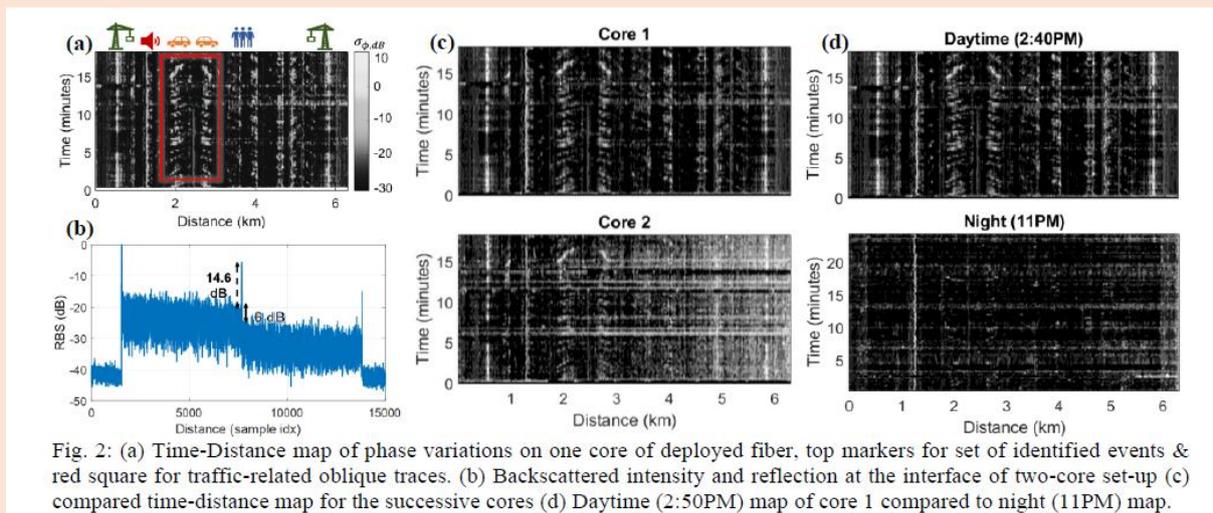


Fig. 2: (a) Time-Distance map of phase variations on one core of deployed fiber, top markers for set of identified events & red square for traffic-related oblique traces. (b) Backscattered intensity and reflection at the interface of two-core set-up (c) compared time-distance map for the successive cores (d) Daytime (2:50PM) map of core 1 compared to night (11PM) map.

Le projet européen " VERTIGO " franchit une étape clé en atteignant une vitesse record de transmission des communications optiques en espace libre

La démonstration d'une liaison optique en espace libre (FSO pour *Free Space Optics* en anglais) à 1 Tbit/s sur 53 km et avec une seule longueur d'onde a été faite par une équipe de chercheurs de l'ETH Zurich, l'ONERA, Thales Alenia Space et Polariton Technologies. Des formats de modulation d'ordre élevé (64-QAM avec une mise en forme de la probabilité d'occurrence des symboles), une large bande passante et l'optique adaptative avancée ont été utilisés pour atteindre ce record avec un faible taux de défaillance de la liaison. Les tests ont été faits entre une station de recherche à haute altitude dans les Alpes Suisses et l'observatoire Zimmerwald à Bern.

Article : Ian Bitachon et al., «Tbit/s Single Channel 53 km Free-Space Optical Transmission - Assessing the Feasibility of Optical GEO-Satellite Feeder Links », présenté à la conférence ECOC 2022 à Bâle, Suisse, Octobre 2022.

Février
2024

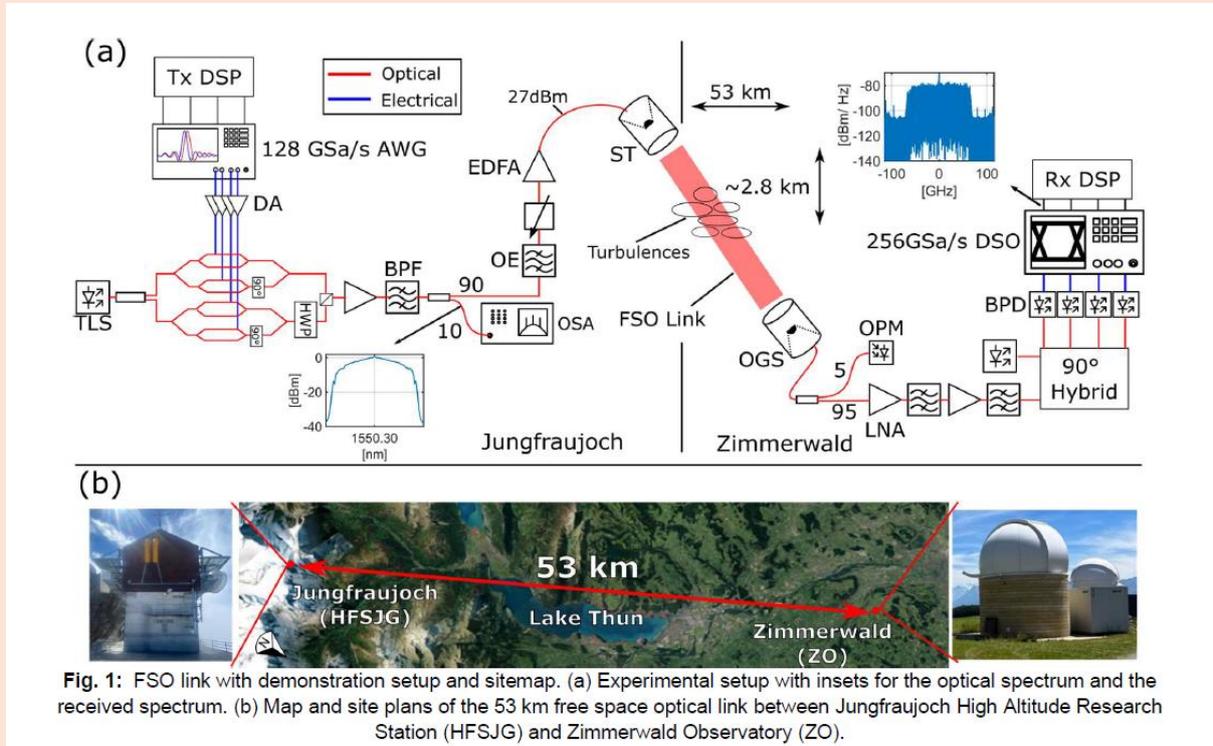


Fig. 1: FSO link with demonstration setup and sitemap. (a) Experimental setup with insets for the optical spectrum and the received spectrum. (b) Map and site plans of the 53 km free space optical link between Jungfrauoch High Altitude Research Station (HFSJG) and Zimmerwald Observatory (ZO).

De la lumière sur l'institut de cybersécurité en Occitanie (ICO)

L'ICO est une initiative lancée en janvier 2022 pour fédérer les acteurs académiques et industriels sur les questions de la cybersécurité en région Occitanie mais également au niveau national et international. Les thèmes traités sont pluridisciplinaires (de l'informatique à la géopolitique). L'ICO propose notamment le financement de thèse et post-docs sur ces sujets très porteurs (<https://www.ico-occitanie.fr/index.html>). En radiosciences, les aspects de sécurisation et d'authentification des réseaux sans fils suscitent l'intérêt grandissant des chercheurs travaillant dans le domaine des composants et systèmes. En 2022, la conférence IMS (International Microwave Symposium) a proposé une session «Towards Physically Secure Communication and Computation» dédiée à ce thème avec 5 travaux de recherches présentés.

La sécurisation des objets connectés

Les objets connectés peuvent posséder plusieurs interfaces de communication sans fil hétérogènes, permettant d'effectuer des communications à longue portée (de type 3G, 4G, 5G, NB-IoT, M2M, Lora et Sigfox) ou à courte portée (type Wifi, Zigbee, Bluetooth Low Energy). La multiplicité des protocoles de communication qu'ils supportent ainsi que les profils divers des personnes qui en font l'usage, posent de réels problèmes de sécurité. Il est donc devenu fondamental aujourd'hui de considérer la sécurité de ces objets, pris individuellement, et plus encore, de considérer la sécurité globale de systèmes distribués composés de tels objets. Des travaux récents



menés au LAAS-CNRS s'intéressent à proposer des nouvelles solutions adaptables à différents protocoles de communications sans fil qui ne nécessitent aucune modification du protocole lui-même. Ces solutions proposent un système de détection d'intrusion (IDS-Intrusion Detection System) basé sur l'inclusion d'une signature cryptographique et de l'utilisation de la polarisation de l'antenne de l'objet, contrôlé par un switch RF, afin de transmettre cette signature à une sonde IDS pour vérification. D'autres travaux utilisant les métasurfaces (reconfigurable intelligent surfaces -RIS) combiné avec la cryptographie sont également en cours.

Références :

Sanogo, L.; Alata, E.; Takacs, A.; Dragomirescu, D. Intrusion Detection System for IoT: Analysis of PSD Robustness. *Sensors* 2023, 23, 2353. <https://doi.org/10.3390/>

Les progrès dans la modélisation et la mesure du phénomène multipactor

Les ondes radiofréquences de haute puissance sont couramment utilisées dans des environnements sous vide, par exemple dans tous les satellites de télécommunication, les accélérateurs de particules ou les dispositifs expérimentaux tels que les tokamaks pour la recherche sur la fusion nucléaire par confinement magnétique. La capacité de transmission de la puissance radiofréquence peut être limitée par une augmentation exponentielle du nombre d'électrons à l'intérieur de ces dispositifs, un phénomène appelé « multipactor ».

Le phénomène multipactor survient lorsque l'énergie des électrons entrant en collision avec les surfaces des composants est suffisamment élevée pour libérer des électrons supplémentaires. En entrant en résonance avec la puissance radiofréquence, ces électrons supplémentaires vont à leurs tours engendrer d'autres électrons, créant ainsi un phénomène « d'avalanche électronique ». Le nuage d'électrons ainsi créé peut générer des perturbations sur les systèmes radiofréquences ou augmenter la température locale des composants, entraînant une augmentation subséquente de la pression due à la désorption de particules de surface. Si ce phénomène n'est pas arrêté, il peut éventuellement déclencher un arc électrique dans le gaz résiduel à basse pression, ce qui peut entraîner la destruction partielle voire totale du composant.

L'initiation du multipactor dépend de l'amplitude et de la fréquence du champ électrique radiofréquence, ainsi que des propriétés d'émission d'électrons des matériaux utilisés, telles que leur composition de surface, leur morphologie, leur historique ou la présence d'un champ magnétique. La prédiction du multipactor est relativement bien comprise pour les géométries métalliques simples, mais reste incertaine pour les structures complexes.

Sur le tokamak WEST situé au CEA-Cadarache en France, des systèmes radiofréquences sont utilisés pour chauffer le plasma jusqu'à des températures de plusieurs dizaines de millions de degrés. Or, lors des campagnes expérimentales, le phénomène suivant a été observé sur les trois antennes de chauffage par résonance cyclotronique ionique (ICRH) : lorsque seule une antenne est alimentée, la pression augmente dans les antennes qui ne le sont pas. Le problème est que dès que la pression dans une antenne dépasse un seuil prédéfini, le système de sécurité interdit l'application de la puissance radiofréquence afin d'éviter la génération d'arcs électriques à l'intérieur de l'antenne, ce qui affecte l'opération du système ICRH. Lors de son travail de doctorat, Eva Al Hajj Sleiman a démontré que cette augmentation de pression était la conséquence du phénomène multipactor. Les mesures des propriétés d'émission d'électrons des matériaux réalisés à l'ONERA Toulouse et les modélisations numériques du multipactor utilisant leurs géométries 3D complexes ont permis de quantifier et de corroborer l'élévation de pression à l'intérieur des antennes ICRH de WEST.



Les régimes d'apparition du phénomène multipactor ont également été confirmés expérimentalement dans un banc test dédié, opéré par le Laboratoire de Physique Subatomique & Cosmologie (LPSC) situé à Grenoble, en collaboration avec le CEA/IRFU et le CEA/IRFM. Dans cette expérience, l'apparition et le déplacement du nuage d'électron généré par multipactor a été mesuré par une série de diagnostics. Les simulations réalisées corroborent les mesures réalisées.

L'apparition du phénomène multipactor dans les antennes ICRH est désormais bien compris et son impact pour l'opération devrait pouvoir être minimisé dans le futur en prenant en compte le multipactor dès la phase de conception, ainsi qu'en proposant des stratégies pour en réduire l'impact sur les installations existantes.



Figure 1. Banc test Multipactor au LPSC, Grenoble

Références :

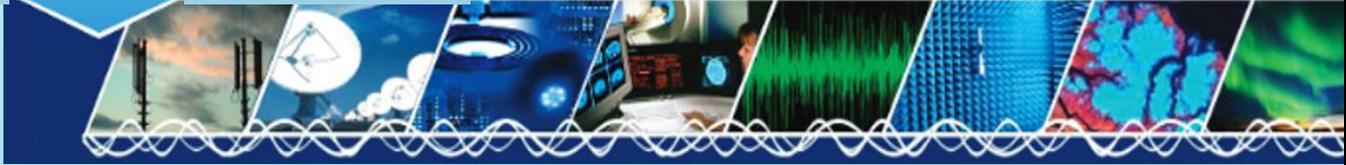
- [1] E. A. H. Sleiman, J. Hillairet, M. Belhaj, S. Dadouch, and V. Maquet, 'Multipactor predictions for ion cyclotron resonance heating antennas of the tokamak WEST*', *Nucl. Fusion*, vol. 63, no. 12, p. 126054, Nov. 2023, doi: [10.1088/1741-4326/ad0509](https://doi.org/10.1088/1741-4326/ad0509).
- [1] E. A. H. Sleiman, 'Determination of Operating Margins Related to Multipactor Phenomena for Radio-Frequency Components of Magnetically Confined Controlled Nuclear Fusion Applications', Aix-Marseille University, 2023. [Online]. Available: <https://cea.hal.science/tel-04290885v1>

Le retrait des ventes de l'iPhone 12

Suite au retrait de la vente de l'iPhone 12 pour dépassement du débit d'absorption spécifique (DAS) « membre », Apple s'est engagée à déployer une mise à jour en France. Ce correctif est à présent disponible pour tous les utilisateurs en France métropolitaine et en outre-mer.

L'ANFR a contrôlé les débits d'absorption spécifique (DAS) du téléphone Apple iPhone 12. Le DAS quantifie l'énergie des ondes électromagnétiques susceptible d'être absorbée par le corps humain. Son contrôle constitue une exigence européenne et doit tenir compte des conditions prévisibles d'utilisation. Dans ce cadre, le laboratoire accrédité missionné par l'ANFR a constaté un dépassement du DAS « membre » pour plusieurs bandes de fréquences utilisées en Europe, malgré la mise en œuvre d'un protocole stimulant régulièrement l'appareil pour activer les algorithmes de contrôle de sa puissance de transmission à proximité du corps humain. L'Agence a alors

Février
2024



demandé à Apple le 12 septembre dernier de retirer ce téléphone du marché français et cela jusqu'à la mise en conformité de ces terminaux.

Apple a développé une mise à jour logicielle et l'ANFR l'a validée puisqu'elle permet effectivement de ramener le DAS localisé « membre » en conformité avec la limite réglementaire de 4 W/kg.

L'interdiction de commercialisation de l'iPhone 12 est restée en vigueur en France jusqu'au déploiement effectif de cette mise à jour auprès du grand public.

L'ANFR, agissant comme l'une des autorités nationales de contrôle conjointement chargées de la surveillance du marché unique européen, a notifié cette non-conformité à la Commission ainsi qu'aux Etats-Membres de l'Union européenne.

Pour plus d'information :

- **Présentation du DAS : infographies, vidéos**
- **Vidéo illustrant la méthode utilisée par les laboratoires accrédités pour mesurer le DAS**



CONFERENCES ET MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES PREVUES EN 2024

Intitulé	Site web
2023 IEEE Int. Symp. On EMC & SIPI, Grand Rapids, MI, 05-08/09-08 2024, Phoenix – USA	EMC+SIPI 2024 Symposium (emc2024.org)
Int. Symp. And Exhibition on EMC, EMC Europe 2024, 02-09/05-09 2023, Bruges – Belgium	EMC EUROPE 2024 – EMC EUROPE 2024
AG GDR Ondes, 19/12-20/12, Marseille – France	Conférence plénière 2023 du GDR Ondes à Marseille, 19 et 20 décembre – GROUPEMENT DE RECHERCHE ONDES 2451 (cnrs.fr)
MEA 2024, du 7 au 8 février 2024, Toulouse – France	MEA'24 – More Electric Aircraft (conference-mea.org)
GlobalEM 2024 Symposium, 14/07-19/07, Austin, USA	https://users.electronicbuildingdirectory.com/1unm/userfiles/images/GlobalEM2024_Flyer_1-2-23Atrium.jpg