



© sdecoret / Shutterstock

Conférence RADAR Rennes, octobre 2024

Introduction

Myriam Nouvel

Membre émérite SEE et senior IEEE
Lauréate des prix Ampère et Thévenin
Thales

Contexte scientifique des radars au XXI^{ème} siècle

Les radars confèrent aux êtres humains les capacités des chauves-souris ou des dauphins : détecter et localiser en distance les obstacles, les cibles ou les objets d'intérêt de jour comme de nuit, quelles que soient les conditions météorologiques. Les distances peuvent être très proches (quelques centimètres à quelques mètres) comme très lointaines (quelques centaines à quelques milliers de centaines de kilomètres) en fonction des applications.

« Le principe fondamental du radar appartient au patrimoine commun des physiciens : ce qui demeure en fin de compte au crédit réel des techniciens se mesure par la réalisation effective des matériels opérationnels » Maurice Ponte.

Alors même que les principes du radar existent depuis presque un siècle, les pre-

miers systèmes radar ont été testés et utilisés opérationnellement lors de la seconde guerre mondiale par les alliés et par les Allemands. Depuis lors, les progrès technologiques en termes de :

- conception et réalisation d'antennes (dans les bandes de fréquences allant de quelques dizaines de MHz à quelques dizaines, voire centaines, de GHz)
- conception et réalisation d'amplificateurs de puissance radio et hyperfréquences
- miniaturisation de composants électroniques
- numérisation croissante dans les radio et hyper fréquences
- augmentation de la puissance de calcul
- développement d'algorithmes classiques et d'algorithmes à base d'intelligence artificielle

ont permis le développement et l'industrialisation des systèmes radar dans de nombreux domaines d'applications dont certains que nous ne soupçonnions même pas !

En effet les systèmes radar trouvent leur place dans le domaine militaire, comme

par exemple la défense anti-aérienne, dans celui de la sécurité des biens et des personnes, la lutte anti-drones, les radars de contrôle aérien, les véhicules autonomes et les aides à la conduite, ou enfin dans la protection de notre planète, comme la surveillance des océans, et des terrains.

La conférence internationale RADAR 2024

Il y a plusieurs dizaines d'années, Michel Henri Carpentier et Robert Hill, deux radaristes réputés, ont favorisé la coopération entre les deux sociétés savantes IEEE et SEE afin d'organiser un cycle de conférences internationales sur le radar. D'autres sociétés savantes telles que les IET (UK) ou les Ingénieurs d'Australie ont rejoint le cycle par la suite. Ainsi tous les cinq ans, la conférence est de retour en France, grâce aux supports de ces sociétés savantes.

Après l'édition de Toulon en 2019, la conférence internationale Radar s'est tenue du 21 au 25 octobre 2024 à Rennes, dans un lieu empreint d'histoire, le Couvent des Jacobins. Ce lieu avait été retenu en 2021.

Est-ce un signe du destin ? Michel Henri Carpentier, décédé en décembre 2023 à l'âge de 92 ans, à qui un hommage a été rendu pendant la conférence, était récipiendaire de la médaille d'or du département d'Ille et Vilaine !

Pour la première fois, la conférence a été précédée d'une « Ecole d'automne Radar » les 19 et 20 octobre, organisée dans les locaux de l'INSA, réunissant des professeurs de renommée internationale et une petite quarantaine d'élèves. Le 21 octobre, 18 tutoriels ont été suivis par près d'une centaine de personnes. Le programme riche de la conférence en elle-même a permis de réunir environ 400 participants autour de son motto « *Sensing for a safer world* ».

Citons par exemple la cérémonie d'ouverture en présence du Général P. Aufort, directeur de l'AID, de P. Fossier, CTO de Thales LAS, de A. Godard, directeur scientifique général de l'ONERA, le dîner de gala au Château des Pères, les visites techniques de DGA/MI à Bruz, l'IETR à Rennes, Thales à Etrelles.

118 présentations orales réparties dans 24 sessions et 70 affiches (en deux sessions) ont été présentées. Après les éditions de Toulon en 2019, Lille en 2014, cette édition 2025 a été couronnée de succès permettant la pérennisation du cycle international IEEE incluant la France. Rendez-vous en 2029 !

Présentation des articles du dossier

Les règles de sélection habituelles IEEE appliquées (environ 30 % des papiers soumis rejetés) ont permis à nouveau une édition d'une belle qualité scientifique et technique. Parmi les papiers acceptés, cinq prix ont été sélectionnés et remis lors de la soirée du dîner de gala dont le prix du « meilleur papier jeune scientifique ». Le lauréat de ce prix fait d'ailleurs partie des auteurs sélectionnés pour le présent dossier. Les cinq papiers, qui le composent, ont été choisis afin de couvrir la diversité des applications du radar dans notre quotidien et d'illustrer la grande qualité des travaux scientifiques présentés lors de la conférence.

Le premier article de **Sylvie Martin dit Neuville et Jean-Marie Ferrier**, de Thales, présente les différents enjeux du concept de radars collaboratifs. Ce concept se développe de plus en plus compte tenu du contexte géopolitique mêlant le retour des conflits de haute intensité à l'utilisation simultanée des moyens asymétriques, tels que les drones ou le renseignement ouvert. Son utilisation réussie repose sur la maîtrise d'enjeux à différents niveaux qui y sont expliqués et détaillés (enjeux organisationnels, enjeux en terme de moyens de communication, ...).

Le second article de **Jean Pinsolle, Cyrille Enderli, Olivier Goudet, Sylvain Lamprier et Jin-kao Hao** traite de la guerre électronique, plus précisément d'équipements de mesure de soutien électronique radar. Pour ces équipements, la difficulté est de désentrelacer les impulsions reçues afin de les faire correspondre aux différents émetteurs situés autour de lui de manière non équivoque. De nombreuses méthodes de désentrelacement sont étudiées depuis de nombreuses années pour résoudre ce problème. Les auteurs proposent dans ce papier une comparaison de quatre algorithmes récents de type « méthodes non supervisées » à partir de données réelles enregistrées par un équipement RESM.

La montée en fréquence de fonctionnement au-delà de la centaine de gigahertz est maintenant rendue possible par les progrès technologique (*front-end hardware* en Si-Ge). Le radar trouve ainsi des applications en contrôle non destructif. L'article de **Barnabé Carré, Adrien Chopard, Jean-Paul Guillet et Pierre Gellie** présente ainsi un système d'imagerie radar à haute

résolution et à très courte portée employant des formes d'onde de type modulation de fréquences continue (dites FMCW). Les performances de résultats d'images réelles en termes de résolution y sont comparées.

Le quatrième article de **Cédric Martel, Loïc Castanet, Benjamin Gabard, Daniel Bernard, Hervé Jeuland et Philippe Brouard** fait écho au premier article de ce dossier en se focalisant sur l'enjeu technologique du développement d'une antenne réseau large bande opérant de 6 à 18 GHz avec une couverture de l'espace de plus ou moins 60 degrés, par les équipes de l'ONERA. De la cellule unitaire au panneau rayonnant, la conception est expliquée et validée par la réalisation d'un prototype et de mesures en chambre anéchoïque. La voie aux systèmes radars multifonctions et méta radar est ainsi ouverte.

Enfin, le dernier papier de **Stéphane Méric and al.** décrit les moyens radars ainsi que les résultats de mesures dans le cadre d'une mission internationale d'observation de la Terre par satellite, menée par le CNES et la NASA, et plus particulièrement les mesures de la distribution et du comportement de l'eau (océans et eaux continentales) à la surface de la Terre. Ces mesures sont fondamentales pour fournir des informations permettant de synthétiser l'évolution des systèmes à grande échelle et donc contribuer aux études sur le réchauffement climatique. Trois systèmes radar aéroportés contribuant à ces mesures et développés par l'IETR sont décrits dans cet article : le radar aéroporté SWALIS, le radar KaRADOC (*Ka RADar for Ocean measurements*) et le radar HOMARDS (*Hydro-Ocean Measurements : an Agile RaDar System*). ■

Les articles

Les radars collaboratifs : quels sont les enjeux ?	p.70
Comparaison expérimentale d'approches non supervisées pour le désentrelacement d'impulsions radar	p.75
Imagerie SAR à haute résolution et à courte portée avec des capteurs radar FMCW en Si-Ge à 120 GHz et 240 GHz	p.81
Développement d'une antenne réseau à l'ONERA dans le cadre du projet CROWN	p.88
SWALIS, KaRADOC et HOMARDS : des capteurs radar développés à l'IETR pour le support de missions satellitaires d'observation	p.93