

DOMAINE ONDES ACOUSTIQUES ET RADIOELECTRIQUES

Responsable : Philippe Pouliguen

philippe.pouliguen@intradef.gouv.fr

Tél : +33 (0)2 99 42 96 34 - +33 (0)9 88 67 17 79 -

L'axe « Ondes Acoustiques et Radioélectriques » couvre un large spectre compris entre le Hertz et le bas TéraHertz. Il s'intéresse aux théories et technologies appliquées aux télécommunications, à la détection et à l'imagerie, au guidage et à la navigation, à la guerre électronique et à la furtivité, aux agressions électromagnétiques intentionnelles ou non, à la compatibilité électromagnétique et à la maîtrise des effets bio-électromagnétiques. Les enjeux pour la défense sont de préparer les solutions qui assureront le maintien de ces fonctions ou capacités techniques au meilleur niveau de l'état de l'art, quel que soit le milieu (marin, sous-marin, terrestre, urbain, aérien, spatial) et les contraintes opérationnelles (diversité des théâtres, prolifération des menaces conventionnelles et asymétriques, mobilité, structures composites, partage du spectre des fréquences, besoins accrus en transmissions haut débit, réglementations DREP, DRAM...).

Les 7 sous-thèmes de cet axe thématique et leurs orientations sont :

GENERATION ET MESURE DES RAYONNEMENTS

- Sources d'énergie compactes et agiles en fréquence, systèmes multi-sources à amplificateurs de puissance à état solide,
- Sources sonar actives déportées (ex : source acoustique laser),
- Lever les limitations structurelles des antennes réseaux (lobes de réseaux, directivité, pureté polarimétrique, rendement, couplages, distribution des signaux),
- Architectures de formateurs de faisceaux compactes et faible coût : PCB multicouche, SIW, BFN quasi optique, méta-surfaces,
- Agilité électronique au sens large (fréquence, forme d'onde, polarisation, rayonnement) pour antennes multi-fonctions,
- Utilisation des bandes millimétriques Ka, V et W, pour répondre aux besoins accrus en transmissions militaires à haut débit,
- Capteurs intégrés / embarqués / conformes / compacts / miniatures / discrets / faible consommation / bas coût – Optimisation des performances de directivité, d'efficacité et de largeur de bande,
- Apports de la fabrication additive et de l'impression jet d'encre,
- Maîtrise des systèmes antennaires en environnement aérothermique,
- Nouveaux matériaux pour les radômes, filtres et substrats, surfaces rayonnantes agiles,

- Radômes : formes, performances radioélectriques (pertes, dépointage, perturbation de la qualité du rayonnement, ...), résistance à la température et aux chocs,
- Antennes à méta-surfaces « modulées / actives / agiles / adaptatives »,
- Diagnostic et auto-calibrage des antennes in-situ, mesures non invasives des antennes : capteurs électro-optiques, techniques infrarouges, mesures en SER, mesures en champ proche.

PROPAGATION

Ce sous-thème adresse les problématiques de modélisation, de mesure, d'analyse et de compensation des effets du canal de propagation :

- urbain, indoor (réfractions, réflexions et diffractions multiples),
- terrestre (pénétration à travers les couverts, rétrodiffusion des sols, diffusion multiple...),
- aérien et spatial (effets de l'atmosphère, scintillation ionosphérique ...),
- marin (réflexion diffusion sur la surface marine, conduits de propagation...),
- sous-marin (fluctuations de la colonne d'eau, sondage bathymétrique, Ultra Basses Fréquences...).

DETECTION ET IMAGERIE

- Architectures radar numériques pour une plus grande flexibilité (radars multifonctions),
- Optimisation de l'allocation des ressources de radars multifonctions,
- Radars légers aéroportés / navals / terrestres pour la surveillance et la tenue de situation,
- Systèmes radar/sonar multistatiques (MIMO), fixes ou mobiles, à formes d'ondes agiles et orthogonales, pour la surveillance terrestre, urbaine, portuaire, côtière, sous-marine (observatoires sous-marins),
- Utilisation de la bande HF (3-30 MHz) pour la surveillance transhorizon,
- Surveillance passive : exploitation de signaux d'opportunité, détection des radars à faible puissance crête, localisation et discrimination de sources acoustiques en particulier dans la bande UBF), méthodes inverses pour la mesure de l'environnement grands fonds et petits fonds,
- Traitements du signal s'adaptant à l'environnement naturel ou artificiel (ex : gênes EM intentionnelles ou non), à sa complexité et à ses fluctuations, pour accroître et optimiser les performances de détection / localisation / identification de cibles en milieu complexe , choix des modes ou formes d'onde faisant appel aux techniques d'intelligence artificielle,
- Détection et identification de cibles lentes, petites ou à faibles signatures, en milieux perturbés ou hétérogènes (ex : traitements optimaux et haute résolution sur signaux à très larges spectres, méthodes parcimonieuses / bayésiennes, détection de changement, analyses temps-fréquence, imageries SAR et ISAR...),
- Réseaux modulaires de capteurs (sonar / radar) multistatiques, connectés à une intelligence artificielle (IA) permettant d'adapter la topologie des capteurs en fonction de l'environnement (menaces, site à protéger) pour une localisation dynamique et une reconnaissance automatique,

- Traitement de grandes quantités de données basé sur une interprétation physique des interactions « ondes – matière ».

GUERRE ELECTRONIQUE ET FURTIVITE

- Méta-matériaux à paramètres constitutifs effectifs extrêmes « permittivité / perméabilité » ou « densité / compressibilité » à valeurs négatives, proches de zéro ou de l'infini, pour la réalisation de filtres sélectifs / cloaking / réflexion ou réfraction « parfaite / anormale »,
- Associations « méta-matériaux / composites / composants localisés » pour la réalisation de matériaux absorbants ultra minces, large bande,
- Modélisation et homogénéisation des méta-matériaux et méta-surfaces, techniques d'optimisation,
- Matériaux composites « magnétiques / à renforts fibreux ou à inclusions résonnantes » pour revêtements absorbants ultra-fins « radioélectriques / acoustiques »,
- Matériaux structuraux fonctionnalisés : Revêtements sélectifs « transparents / réfléchissants / absorbants » électriquement ou optiquement contrôlables - Intégration des capteurs dans les plateformes,
- Techniques de caractérisation électromagnétique des matériaux, dont in situ et en température,
- Identification et contrôle des sources de bruits acoustiques impulsionnels pour contrer les sonars basés sur la détection de bruits transitoires,
- Contre-mesures adaptatives et crédibles,
- Guerre électronique coopérative (mini-drones avec charge utile pour activer ou annihiler les défenses ennemies...)
- Techniques de contrôle in-situ et d'exploitation optimale de la furtivité d'une plateforme.

AGRESSIONS ELECTROMAGNETIQUES / VULNERABILITE

- Générateurs compacts agiles en fréquence et en directivité,
- Formes d'onde optimales pour perturber les systèmes électroniques,
- Maîtriser la chaîne de vulnérabilité des systèmes : Modélisations multi-échelle / multi-physique,
- Techniques de protections (blindage de l'électronique, limiteurs et circuits de protection)
- Application de micro-décharges de plasmas au durcissement électromagnétique.

COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

- Amélioration de la métrologie : Exploitation du retournement temporel et des techniques d'inter-corrélation du bruit en chambre réverbérante, techniques de contrôle des ondes en environnement complexe, imagerie CEM,
- Approches probabilistes des évaluations de susceptibilité EM,
- Outils de gestion du spectre EM (cartographie temps réel d'occupation du spectre EM), partage du spectre entre systèmes radar de guerre électronique et de communications,
- Modélisations multi-échelles des couplages EM.

BIO-ELECTROMAGNETISME

- Maîtriser les effets (thermiques et athermiques) des ondes EM sur le corps humain : Etudes de DAS (débit d'absorption spécifique), analyse des couplages « ondes - structures biologiques » et des interactions au niveau cellulaire.

Les priorités affichées pour cet axe thématique sont :

- **Optimisation des capteurs embarqués :** Antennes compactes directives efficaces et large bande – Antennes à réseaux phasés agiles au sens large – Intégration, discrétion, autocalibrage , caractérisation ...
- **Modélisation des équations des ondes :** Optimisation des solveurs rigoureux et asymptotiques en précision et rapidité (méthodes MLFMM, H-Matrices, ACA, ...) – Méthodes hybrides et de décomposition de domaines.
- **Systèmes haute performance de communication / détection :** Architectures numérique – Réseaux à grande échelle de capteurs – formes d'ondes et traitements adaptatifs à l'environnement – Communications spatiales en mobilité – Radar adaptatif – Réseaux de capteurs pour détection et communication longue portée en acoustique sous-marine...
- **Maîtrise des rayonnements :** Matériaux composites et méta-matériaux pour optimiser le rayonnement des antennes et la furtivité des plateformes.
- **Gestion du spectre EM :** Cartographie temps réel d'occupation du spectre EM - Partage du spectre entre systèmes (Radar, Guerre Electronique, Communications, ...).