

DOMAINE NANOTECHNOLOGIES

Responsable : Rose-Marie SAUVAGE

Rose-marie.sauvage@intradef.gouv.fr

Tél : 09 88 67 17 64

L'axe thématique «Nanotechnologies» est fortement transverse. Il couvre d'une part l'exploitation des phénomènes physiques ou chimiques nouveaux, n'apparaissant qu'aux dimensions nanométriques (pour des applications clairement identifiées), et d'autre part le développement de nouveaux composants, dispositifs ou matériaux qui, même s'ils ne sont pas de dimensions nanométriques, sont obtenus par des techniques de fabrication issues ou voisines de la microélectronique. Des réductions d'encombrement, de poids, de consommation énergétique et de coûts, ainsi qu'une amélioration des performances sont recherchées.

Il est essentiellement connecté aux axes ondes acoustiques et radioélectriques, matériaux/chimie/énergie, photonique, biologie et biotechnologies. En conséquence, les projets seront rattachés à l'axe le plus proche au niveau des compétences requises durant son déroulement.

A noter : dans le cadre des applications Défense, les composants, dispositifs et matériaux sont amenés à devoir fonctionner sur une large gamme de températures et en environnements sévères. Ces contraintes doivent être prises en considération dès la conception.

Les perspectives opérationnelles du domaine pour la défense et la sécurité concernent essentiellement :

- **la protection du combattant :** protection vis à vis des menaces BC-E (Biologique, Chimique et Explosifs) ou de toutes autres menaces (tirs...) ; amélioration de la vision nocturne en bande visible et proche infrarouge (filière CMOS et InGaAs) ;
- **le guidage/navigation, la localisation indoor :** développement de nouveaux concepts, amélioration des performances (précision, continuité, robustesse mécanique...) ;
- **la détection des menaces et la protection contre les menaces :** développement de composants permettant d'améliorer et de simplifier les architectures des chaînes radar et des systèmes de guerre électronique, en prenant aussi en compte l'évolution de la taille des porteurs (drones) ; les capteurs intégrés sur les matériels...
- **les communications :** accroissement du débit, de la portée, de l'agilité et de la furtivité.

Cet axe thématique Nanotechnologies se décompose selon les 6 sous-thèmes suivants :

SOUS-THEME 1 : MICRO/NANOELECTRONIQUE

- Composants innovants pour chaînes hyperfréquences et communication : composants performants (portée, pouvoir discriminant, ...), miniaturisés, de flexibilité accrue, allant jusqu'aux fréquences (sub) millimétriques, composants opto-hyperfréquences, composants de protection des systèmes...
- Electronique 3D : intégration hétérogène à haute densité de connexions, réalisation de composants avancés et miniaturisés ;
- Composants neuromorphiques bioinspirés : intelligence artificielle, big datas...
- Electronique organique et/ou flexible présentant un intérêt spécifique pour la Défense ;
- Dispositifs de stockage ou conversion d'énergie compatibles avec les technologies de micro et nanoélectronique ;
- Capteurs fonctionnant à haute température (> 250°C) et interrogables à distance,
- Composants et circuits réalisés par fabrication additive (PCB, antennes, filtres, connectique, encapsulation...) ;
- Packaging 3D innovant : miniaturisation , composants enterrés, haute température ... obtenu potentiellement via la fabrication additive (voir § 6.4.4).

SOUS-THEME 2 : MICRO ET NANO SYSTEMES (MEMS/NEMS)

- Capteurs inertiels, à minima de classe moyenne performance, basés sur de nouveaux concepts, nouveaux matériaux, visant des réductions de tailles, de coûts, de consommation et une amélioration des performances ;
- MEMS RF et packaging associé pour des applications de guerre électronique, chaînes radar et communications ;
- MEMS/MOEMS pour applications Lidar visant des réductions d'encombrement, de coût et une amélioration de la fiabilité système ;
- Micro-systèmes pour la gestion thermique des composants.

SOUS-THEME 3 : NANOPHOTONIQUE

- Nano-systèmes intégrant des fonctions optiques : nanophotonique intégrée sur silicium, composants opto-hyperfréquences, détection de gaz ;
- Détecteurs filière CMOS : CMOS bas bruit , EBCMOS, détecteurs innovants intégrant de l'intelligence au plus proche du pixel (intégration 3D...), imagerie rapide, capteurs d'images événementiels asynchrones , capteurs avec bande spectrale étendue , matrice de SPAD...

Les applications visées sont le bas niveau de lumière, le spatial, la détection de menaces, la robotique et les véhicules autonomes.

- Détecteurs filière InGaAs (Visible + SWIR) : augmentation des performances, réduction des coûts...
- Filtres pour applications hyperspectrales dans les bandes visible et SWIR ;
- Ecrans OLED ou LEDs de fortes résolution et luminance (microdisplays) ;
- Intégration de la plasmonique : sources, détecteurs, lentilles, nanoantennes...

SOUS-THEME 4 : NANOMATERIAUX

- Amélioration des tenues du combattant et des forces de sécurité : textiles fonctionnalisés et intelligents ; tenues protectrices, filtrantes, autodécontaminantes ; réduction des signatures ; camouflage passif ou actif. Certains points peuvent être étendus au matériel.
- Synthèse de nouveaux matériaux pour la réalisation de composants : épitaxie, tirage de lingots ; métamatériaux ; matériaux à gradient d'indice ou de permittivité ; substrats hybrides (Ex: piézoélectrique/Si)...
- Synthèse et mise en forme de nanomatériaux permettant :
 - de réduire la taille des antennes et/ou d'obtenir des propriétés d'agilité ;
 - d'améliorer le blindage aux radiations des composants, de limiter les effets de décharge sous vide et/ou de pression partielle pour des applications spatiales ;
- Nano-structuration de surface : réalisation d'antireflets performants large bande ou de filtres ; propriétés de (super)hydrophobie, oléophobie, glaciophobie, antissalissure, antibuée ; furtivité contrôlée (EM ou optique) ; propriétés multi-physiques ;
Ces traitements doivent être robustes et de coûts limités.
- Dissipation thermique au niveau composant ou packaging, mettant en jeu des matériaux et/ou procédés innovants,
- Fabrication additive (impression 3D) :
 - Technologies et matériaux spécifiques correspondants, pour la réalisation de composants et/ou de modules électroniques (filtres, packaging...) ;
 - Architectures novatrices permettant une intégration poussée (antennes, filtres, report de composants, composants enterrés ...), fonctionnant dans une large gamme de fréquences (radio et hyperfréquences) et de températures, visant des coûts de réalisation réduits ;
 - Développement des technologies hybrides 3D (métal /céramique ou métal/polymère) de résolution améliorée visant à accroître la densité de connexions, et des matériaux spécifiques correspondants ;
 - Technologies visant des applications de dissipation thermique ;
- Impression 4D présentant un intérêt potentiel pour la Défense.

SOUS-THEME 5 : NANOBIOLOGIES

- Détecteurs de menaces « biologiques, chimiques, explosifs » multicibles et rapides, présentant à la fois une grande sélectivité et sensibilité ainsi qu'un taux de fausses alarmes réduit,
- Dispositifs de préparations et d'analyses d'échantillons complexes ; micro fluidique associée,
- Technologies innovantes pour le séquençage haut débit de traces d'ADN, compatible d'une utilisation terrain.

SOUS-THEME 6 : INTEGRATION DE NANODISPOSITIFS

Il s'agit de l'intégration sur une même plateforme de différentes fonctions issues des sous thématiques précédentes, aboutissant à un dispositif aux fonctionnalités accrues et d'encombrement réduit ;

- Capteurs autonomes et communicants : détection de menaces, transmission d'une information, aide à la maintenance préventive des équipements... ;
- Centrale inertielle ultra-miniaturisée (IMU) ;
- Micro/nano-antennes ou réseaux d'antennes miniaturisées, reconfigurables en fréquence, en directivité, pouvant inclure l'électronique de pilotage..
- Systèmes intégrés et miniaturisés de terrain, pour la préparation et l'analyse d'échantillons complexes.

Les priorités affichées pour cet axe sont les suivantes :

- **Nouvelles technologies pour l'équipement du combattant et des forces de sécurité**
 - Dispositifs de détection et d'identification des menaces BC-E ;
 - Tissus fonctionnalisés et intelligents, intégration de capteurs de biomonitoring, intégration d'antennes...
 - Camouflage passif ou actif ;
 - Imageurs et écrans innovants.
- **Nouveaux composants pour chaînes hyperfréquences et communication :** Composants miniaturisés, de flexibilité accrue, allant jusqu'aux fréquences submillimétriques ; composants opto-hyperfréquences innovants, MEMS-RF et packaging associé ;
- **Fabrication additive pour la réalisation de composants, d'antennes, de modules électroniques 3D performants et la gestion de la thermique.**
- **Nano-structuration de surface** permettant l'obtention de propriétés spécifiques et multi-physiques pour le traitement des optiques, des tissus...

- **Nanomatériaux** permettant la réduction de la taille des antennes et/ou l'obtention de propriétés d'agilité; la protection des composants en environnement spatial
- **Composants neuromorphiques ou bioinspirés** pour l'intelligence artificielle, le big data
- **Intégration de nanodispositifs :**
 - Capteurs autonomes et communicants, réseau de capteurs ;
 - Systèmes intégrés et miniaturisés de terrain pour la préparation et l'analyse d'échantillons complexes.