

**Responsable : Rose-Marie SAUVAGE**

[Rose-marie.sauvage@intradef.gouv.fr](mailto:Rose-marie.sauvage@intradef.gouv.fr)

**Tél : 09 88 67 17 64**

L'axe thématique « Nanotechnologies, Capteurs et Composants » 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 capteurs, composants, dispositifs ou matériaux qui, même s'ils ne sont pas de dimensions nanométriques, sont obtenus par des techniques de fabrication voisines de celles 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 ; photonique ; hommes et systèmes ; biologie, santé et NRBC. En conséquence, les projets concernant potentiellement plusieurs domaines, seront rattachés durant leur déroulement à l'axe le plus proche au niveau des compétences requises.

**A noter :** dans le cadre des applications Défense, des fonctionnements en environnements sévères et donc dans des gammes de températures et vibrations étendues, doivent être pris en considération dès la conception.

## **Les perspectives opérationnelles du domaine concernent essentiellement :**

- **l'aide et la protection du combattant :** efficacité opérationnelle (tenue, matériel...), amélioration de la perception et de l'observation de l'environnement, menaces BC-E (Biologique, Chimique et Explosifs) ou toutes autres menaces (tirs...) ...
- **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, de simplifier et de miniaturiser les architectures des chaînes radar et des systèmes de guerre électronique ; les détecteurs pour les systèmes optroniques ...
- **les communications :** accroissement du débit, de la portée, de l'agilité et de la furtivité.

**La thématique « Nanotechnologies, Capteurs et Composants » 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 :
  - Codeur analogique numérique ainsi qu'E/B haute fréquence
  - OL agile et/ou haute pureté spectrale
  - Micro horloge atomique (pour temps /fréquence et référence de temps)
  - Amplificateur de puissance intégré à haut rendement
  - Composants intégrés multi-fonctions
  - ...
- Technologie ultra grand gap (hors GaN);
- Electronique 3D : intégration hétérogène à haute densité de connexions, réalisation de composants avancés et miniaturisés ;
- Composants neuromorphiques bioinspirés : intelligence artificielle, big datas...
- Electronique flexible et/ou étirable ; convergence des électroniques Silicium et imprimée, électronique structurelle, plastronique ;
- Dispositifs de stockage ou conversion d'énergie réalisables avec les technologies de micro et nanoélectronique ;
- Capteurs fonctionnant à haute température (> 250°C) et interrogeables à distance ;
- Composants et circuits réalisés par fabrication additive (filtres, antennes, PCB, connectique, encapsulation...) ;
- Packaging innovant : SiP, miniaturisation, composants enterrés, compatibilité haute température ... obtenu potentiellement via la fabrication additive.

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

- Capteurs inertiels, visant la classe « navigation », basés sur de nouveaux concepts, nouveaux matériaux, avec des réductions de tailles, de coûts, de consommation et une amélioration des performances ;
- Micro horloge atomique (pour temps /fréquence et référence de temps) ;
- MEMS/MOEMS pour applications Lidar visant des réductions d'encombrement, de coût et une amélioration de la fiabilité système ;
- Microsystèmes pour la gestion thermique des composants.
- Surfaces interactives, haptiques...pour intégration dans des systèmes de Défense

### SOUS-THEME 3 : NANOPHOTONIQUE

- Nanophotonique intégrée sur silicium, composants opto-hyperfréquences (oscillateurs, échantillonnage des signaux ...), détection de gaz ;
- Détection des menaces et observation de l'environnement :  
Les applications visées sont larges : vision nocturne, systèmes de veille et d'autoprotection, spatial, robotique, véhicules autonomes...
  - **Détecteurs bande visible** : tubes à intensification de lumière, EMCMOS, CMOS bas bruit, détecteurs rapides, détecteurs événementiels asynchrones, détecteurs innovants intégrant de l'intelligence au plus proche du pixel (intégration 3D...), extension de la bande spectrale.
  - **Détecteurs bandes SWIR et SWIR étendu** : augmentation des performances, miniaturisation, réduction des coûts ... Filière InGaAs et nouvelles approches comme les détecteurs événementiels asynchrones, les détecteurs à Quantum Dots....
  - **Détecteurs IR bandes 2 et 3 : refroidis** (filières II-VI et III-V, augmentation de la température de fonctionnement...), et **non refroidis** (diminution du pas pixel, amélioration de la rapidité de détection...)
  - **Filtres** pour applications multi/hyper-spectrales, polarimétriques ...
- Ecrans OLED ou LEDs de fortes résolution et luminance (microdisplays) ;
- Métasurfaces pour sources, détecteurs, lentilles ...
- Les technologies d'empilage « 3D » (stacking), les technologies d'intégration monolithique (Ex : Coolcube), permettant la réduction de la taille des détecteurs, l'intégration de fonctions avancées... L'objectif final est de pouvoir miniaturiser au maximum les futurs systèmes optroniques.

### SOUS-THEME 4 : NANOMATERIAUX

- **Amélioration des tenues du combattant et des forces de sécurité** : textiles fonctionnalisés et intelligents ; tenues protectrices, filtrantes, autodécontaminantes, propriétés hydrophobes et oléophobes ; réduction des signatures : camouflage passif ou actif. Certaines thématiques peuvent être aussi étendues au matériel.
- **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 et packaging**, mettant en jeu des matériaux et/ou procédés innovants pour accompagner l'intégration poussée des systèmes.
- **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 ;

#### **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. Les solutions peuvent différer selon la portée de détection (courte, moyenne et longue distance) ;
- Détection de surfaces contaminées par des toxiques persistants ;

#### **SOUS-THEME 6 : INTEGRATION DE NANODISPOSITIFS**

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

- Capteurs autonomes et/ou communicants : détection de menaces, transmission d'une information, aide à la maintenance préventive des équipements, tenues intelligentes...
- Centrale inertielle ultra-miniaturisée (IMU) ;
- Micro/nano-antennes ou réseaux d'antennes miniaturisées, reconfigurables en fréquences, en directivité, pouvant inclure l'électronique de pilotage...

#### **LES PRIORITES AFFICHEES POUR CET AXE SONT LES SUIVANTES :**

- **Nouvelles technologies pour l'équipement du combattant et des forces de sécurité :**
  - Tissus fonctionnalisés et intelligents : intégration de capteurs, d'antennes, communication des données ; camouflage passif ou actif ; protection contre l'environnement ...
  - Aide à l'efficacité opérationnelle en lien avec l'axe « Hommes et systèmes »
  - Dispositifs de détection et d'identification des menaces BC-E
- **Détecteurs et écrans innovants répondant aux besoins d'intelligence et de miniaturisation des systèmes optroniques.**

- **Composants innovants pour l'amélioration et la miniaturisation des chaînes hyperfréquences et de communication.**
- **Packaging innovant et thermique associée:** SiP (System-In-Package)...
- **Nano-structuration de surface** permettant l'obtention de propriétés spécifiques et multi-physiques pour le traitement des optiques, des tissus...
- **Fabrication additive pour la réalisation de composants, d'antennes, de modules électroniques 3D performants** - Intégration poussée (composants enterrés, « stackés » ...) - Gestion de la thermique ...