

DOCUMENT DE **PRÉSENTATION**
DE L'ORIENTATION
DE LA S&T

Période 2014-2019



MINISTÈRE
DE LA DÉFENSE

SOMMAIRE	pages
Préface	3
Introduction : pourquoi ce document ?	4
1 - L'orientation de la S&T de défense : quelle stratégie générale ?	8
2 - L'orientation de la S&T de défense : quelles priorités technologiques ?	16
2.1 - Priorités technologiques par agrégat/ensemble d'agrégats S&T (hors agrégat « soutien à l'innovation »)	17
2.2 - Priorités technologiques relatives à l'agrégat « soutien à l'innovation » (par domaine scientifique)	27
Annexe : Pour plus d'informations : des adresses et contacts utiles	37

Crédits photos de couverture, de haut en bas :

Dassault Aviation - P. Sagnes • DGA/COMM - Paco Ben Amar • Marine nationale

PREFACE

Le Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale de 2013 et la loi de programmation militaire 2014-2019 font très explicitement de l'effort en faveur de la recherche de défense une priorité.

Cet effort substantiel, avec un montant prévu de crédits d'études amont de 0,73 Md€ en moyenne annuelle sur toute la période de la loi de programmation, intervient dans un contexte de forte contrainte budgétaire et d'une compétition internationale croissante dans le secteur de l'industrie de défense.

Il traduit une ambition de notre pays : celle de disposer, avec le niveau d'autonomie requis, des technologies nécessaires pour permettre à nos forces armées d'accomplir leurs missions. Autrement dit, car cela est équivalent, d'assurer la disponibilité et la compétitivité des compétences industrielles et étatiques associées, tout en tirant parti des opportunités de coopération internationale chaque fois que cela est justifié.

Dans cette perspective, le ministère de la défense a identifié les objectifs et axes d'effort de recherche à privilégier sur la période de programmation militaire, sous la forme d'une « orientation de la S&T » approuvée par le ministre lui-même.

La direction générale de l'armement est au cœur du dispositif d'établissement de l'orientation de la S&T ainsi que de la mise en œuvre de cette dernière, qui couvre un champ s'étendant des stades de recherche très amont - avec une attention particulière à la stimulation de l'innovation - jusqu'à la réalisation de démonstrateurs technologiques. C'est ce que traduit l'acronyme S&T : « Science, Recherche, Technologie et Innovation » de défense.

Le présent document donne un aperçu synthétique de cette orientation. Les acteurs publics ou privés (organismes de recherche, industriels dont PME et ETI, pays partenaires...) susceptibles de coopérer à la satisfaction des besoins français en matière de recherche de défense, pourront ainsi trouver dans les pages suivantes un certain nombre d'informations qui, je l'espère, leur seront utiles.

Le présent document sera actualisé en cas d'évolution substantielle de l'orientation et, dans tous les cas, au plus tard à chaque nouvelle loi de programmation.

Je vous en souhaite bonne lecture.

Laurent Collet-Billon
Délégué général pour l'armement



INTRODUCTION : POURQUOI CE DOCUMENT ?

Le présent document a pour but de donner un aperçu de l'orientation retenue par le ministère de la défense français en matière de S&T de défense, pour l'actuelle période de programmation militaire.

Il est destiné aux acteurs publics ou privés (organismes de recherche, industriels dont les PME et ETI, investisseurs,...), susceptibles de contribuer à la satisfaction des besoins français dans ce domaine, sous diverses formes, par exemple par des propositions de projets technologiques, éventuellement spontanées, par des financements, pouvant être conjoints ou coordonnés, etc...

Il s'adresse en tout premier lieu, mais non exclusivement, aux partenaires effectifs ou potentiels n'ayant pas d'échanges spécifiques et récurrents avec la direction générale de l'armement (DGA) en la matière.

Sa vocation est d'informer, de nourrir le dialogue entre partenaires autour d'intérêts communs, de favoriser la coordination et de susciter les initiatives.

Il expose :

- les éléments de stratégie générale de l'orientation de la S&T (partie 1), et
- les priorités technologiques fixées par l'orientation de la S&T (partie 2).

Des points de contact et adresses internet sont fournis dans l'annexe en fin du présent document pour les lecteurs souhaitant solliciter des informations complémentaires.



De gauche à droite : nanocristaux explosifs produits par évaporation flash sous vide, modèle de munitions guidées, sabots pour projectiles de canon électrique, modèle de tête pour étude de protection contre le bruit.

Credits ISL

QU'EST-CE QUE LA S&T DE DÉFENSE ? Encadré n°1

Abréviation de « Science, recherche, technologie et innovation de défense », la S&T⁽¹⁾ de défense désigne l'ensemble des recherches et études appliquées rattachées à un besoin militaire prévisible en matière d'armement et contribuant à constituer, entretenir ou développer la base industrielle et technologique de défense (BITD) ainsi que l'expertise technique étatique nécessaires à la réalisation des opérations d'armement.

Les travaux de S&T se situent ainsi en amont des opérations d'armement et préparent la réalisation des futurs systèmes de défense. Ils ont pour vocation de faire progresser le niveau de maturité des technologies jusqu'à ce que celles-ci puissent être reprises et voir leur mise au point achevée dans le cadre des opérations d'armement, avec un risque de développement jugé suffisamment maîtrisé.

Les échéances d'application de la S&T se situent typiquement entre 2 et 15 ans. Les travaux de S&T conduits sur la période 2014-2019 ont ainsi vocation à traiter d'applications opérationnelles prévisibles jusqu'à l'horizon 2030.

La S&T de défense est mise en œuvre, au sein du ministère de la défense, par la DGA : elle recouvre les travaux dits d'« études amont » de défense ainsi que des activités menées sur subventions au sein d'organismes d'études (tels que l'ONERA, l'ISL, le CNES et le CEA), comme l'illustre le schéma 1 suivant.

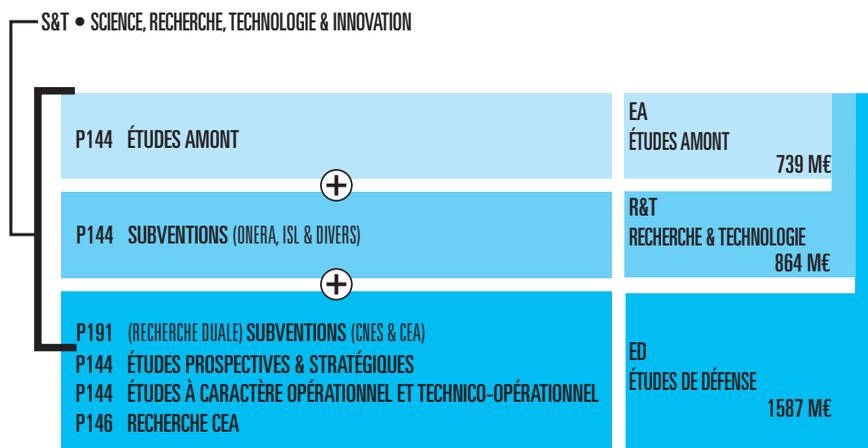
La S&T, représentant plus d'un milliard d'euros par an, fait partie d'un ensemble plus vaste d'activités, désigné sous l'appellation « Etudes de défense ».

⁽¹⁾ Le terme « S&T » a été adopté afin d'éviter toute confusion avec le terme « R&T » employé dans les documents budgétaires et qui recouvre un périmètre différent, comme l'illustre le schéma 1

LA RECHERCHE DE DÉFENSE : SOUS-ENSEMBLES BUDGÉTAIRES

Schéma 1

Chiffres PLF 2015,
suivant les périmètres croissants des études amont, de la R&T,
de la S&T et des études de défense (crédits de paiements)



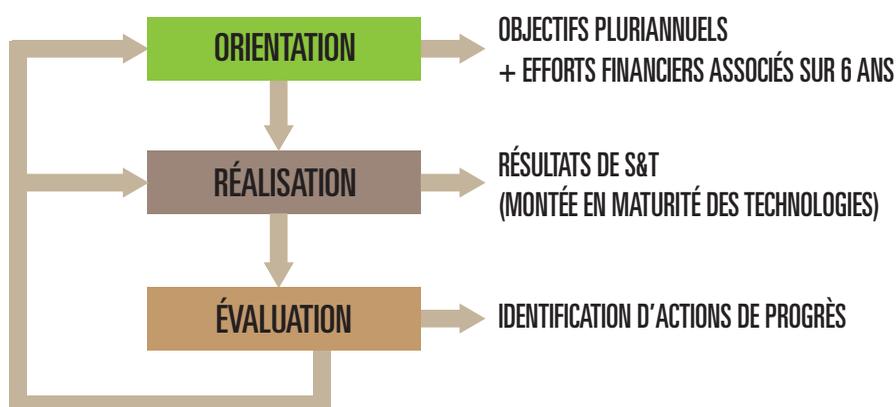
Encadré n°2 **QUE RECOUVRE L'ORIENTATION DE LA S&T ?**

La S&T est organisée selon un cycle en trois étapes : orientation – réalisation – évaluation (cf. schéma 2 ci-après). Le présent document se concentre sur la première de ces étapes.

Orienter la S&T de défense, cela signifie identifier les enjeux et les objectifs à satisfaire par les travaux de S&T et déterminer en conséquence le niveau d'effort financier qui devra y être consacré sur une période de six années.

L'orientation de la S&T est préparée sous le pilotage de la DGA, en concertation avec les autres acteurs concernés du ministère de la défense (en particulier avec l'état-major des armées et la direction générale des relations internationales et de la stratégie). Elle est approuvée par le ministre de la défense.

Elle est révisée tous les deux ans, pour couvrir une période glissante de six ans.

Schéma 2 **LE CYCLE DE LA S&T****SUCCÈS RÉCENT DE LA S&T****DECSA****Études amont**

L'objectif du projet DECSA était de développer des techniques de navigation en zone urbaine qui soient robustes à la perte du signal GNSS (radionavigation par satellite). Le principe a été de développer des fonctions de navigation et de perception combinant des techniques d'imagerie 3D à des techniques plus classiques (notamment navigation inertielle). Une campagne d'acquisition de données a été réalisée avec un mini-drone et suivant 32 scénarios combinant différents types de trajectoires, de caméras et d'environnement (vent, pluie, fumées, obstacles...), avec mise au point de divers algorithmes.

Applications potentielles : mini-drones en zone urbaine

Partenaires : Mandataire : Airbus Defence and Space

Cotraitants : Novadem et Sirehna, Spot Image France

Sous-traitants : Magellium, INRIA Grenoble et INRIA Rennes

QUE SONT LES AGRÉGATS DE S&T ? Encadré n°3

La méthode mise en œuvre pour établir l'orientation de la S&T implique une analyse par agrégats (désignés sous l'appellation « agrégats S&T » dans la suite). Ces agrégats S&T constituent une grille de répartition des travaux de S&T en sous-ensembles cohérents (cf. schéma 3), bien adaptés pour permettre aux décideurs d'apprécier l'impact, sur les plans industriel et technologique, des choix possibles.

Les agrégats S&T sont utilisés sur tout le cycle de la S&T, en particulier pour le pilotage de la réalisation de la S&T.

LES AGRÉGATS DE S&T Schéma 3

Aéronautique de combat

Soutien à l'innovation

Hélicoptères de combat et aéronefs de transport



Compétences transverses

Missiles et bombes



Missiles balistiques



L'humain (défense NRBC, santé et facteurs humains)



**CONSTRUISONS ENSEMBLE
LA DÉFENSE DE DEMAIN**

Cybersécurité



Sous-marins et propulsion nucléaires



Communications et réseaux



Combat naval et lutte sous la mer



Systèmes d'information et C2



Systèmes terrestres et munitions



Renseignement et surveillance

1 L'ORIENTATION DE LA S&T DE DEFENSE : QUELLE STRATEGIE GENERALE ?

LES FINALITES ASSIGNEES A LA S&T

Les finalités assignées à la S&T découlent des documents de haut niveau que sont le Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale et la loi de programmation militaire. Elles peuvent s'exprimer en trois volets, liés les uns aux autres :

- disposer des technologies nécessaires pour la réalisation ou l'évolution de systèmes de défense pour lesquels la France entend s'assurer une autonomie, soit strictement nationale, soit en lien avec des partenaires européens dans le cadre de dépendances mutuellement consenties,
- préserver le niveau d'excellence mondiale des compétences de l'industrie de défense et sa compétitivité, afin de disposer le moment venu de la capacité à réaliser les futurs systèmes de défense avec le niveau d'autonomie souhaité,
- anticiper et être en mesure d'intégrer dans les futurs systèmes les innovations d'origine civile ou militaire nécessaires pour disposer à l'avenir d'un appareil de défense moderne.

La S&T est un outil de souveraineté au service de la satisfaction des besoins opérationnels prévisibles et caractérisé par trois points clés : innovation, progression technologique, compétences industrielles.

UN EFFORT DE S&T DEPLOYE DE MANIERE EQUILIBREE SUR TOUTE LA CHAINE DE MONTEE EN MATURITE DES TECHNOLOGIES

L'orientation de la S&T a pour champ d'application l'ensemble des niveaux de maturité technologiques (cf. encadré 4), depuis les stades de recherche très amont jusqu'aux tests de démonstrateurs en environnement opérationnel.

L'effort consacré à la S&T de base, c'est-à-dire aux technologies en voie d'émergence, est indispensable pour préparer le long terme. Il doit permettre à la défense de bénéficier des avancées scientifiques, qui sont parfois spécifiquement militaires mais le plus souvent duales.

SUCCÈS RÉCENT DE LA S&T



LOCTAMBUL



L'objectif du projet LOCTAMBUL était de mettre en œuvre un circuit intégré de modulation ultra-large bande pour réaliser un système de mesure de distance très précis doublé d'un outil de communication très difficile à brouiller et à intercepter. Le produit obtenu a conduit à un record du monde de portée en modulation ultra large bande impulsionnelle.

Applications potentielles : Blue Force tracking (suivi des forces amies) pour le fantassin y compris dans les zones sans GPS, vol en essaim pour les drones, aide à l'appontage d'hélicoptères par gros temps ; perspectives également dans le domaine civil (électronique grand public, sécurité, logistique...).

Partenaires : BeSpoon, CEA LETI

LES NIVEAUX DE MATURETE TECHNOLOGIQUES (TRL) Encadré n°4

Pour évaluer le niveau de maturité atteint par une technologie, un référentiel international dit « échelle des TRL » (Technology Readiness Level) à 9 niveaux est utilisé (cf. schéma 4). Toute étude de S&T est caractérisée par un TRL initial et par un TRL visé.

A partir de cette échelle, il est possible de distinguer trois grandes subdivisions au sein des travaux de S&T :

- La S&T de base (TRL visé de 1 à 3), qui explore le champ des technologies émergentes susceptibles d'applications dans le domaine de la défense ; ce stade se limite à des travaux théoriques ou en laboratoire sur des éléments composant la technologie,
- Les études technologiques (TRL visé de 4 ou 5), qui visent à permettre la mise au point de composants réunissant les différents éléments de la technologie, d'abord en laboratoire, puis dans un environnement préfigurant leur utilisation future,
- Les démonstrateurs technologiques (TRL visé de 6 ou 7), qui ont pour but de valider un ensemble de technologies dans un environnement en laboratoire représentatif de l'environnement opérationnel, puis dans l'environnement opérationnel lui-même.

Les TRL supérieurs à 7 concernent la validation du fonctionnement de la technologie dans sa forme finale et dans les conditions d'emploi prévues : la S&T n'a pas vocation à aborder ces travaux, qui correspondent à des étapes de maturation ultérieures, traitées dans le cadre des opérations d'armement.

L'échelle de TRL est à considérer comme un moyen de mesurer la réduction progressive des risques technologiques permise par la S&T, en préparation des opérations d'armement.

NIVEAUX DE MATURETE TECHNOLOGIQUE ÉCHELLE DES TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL) Schéma 4

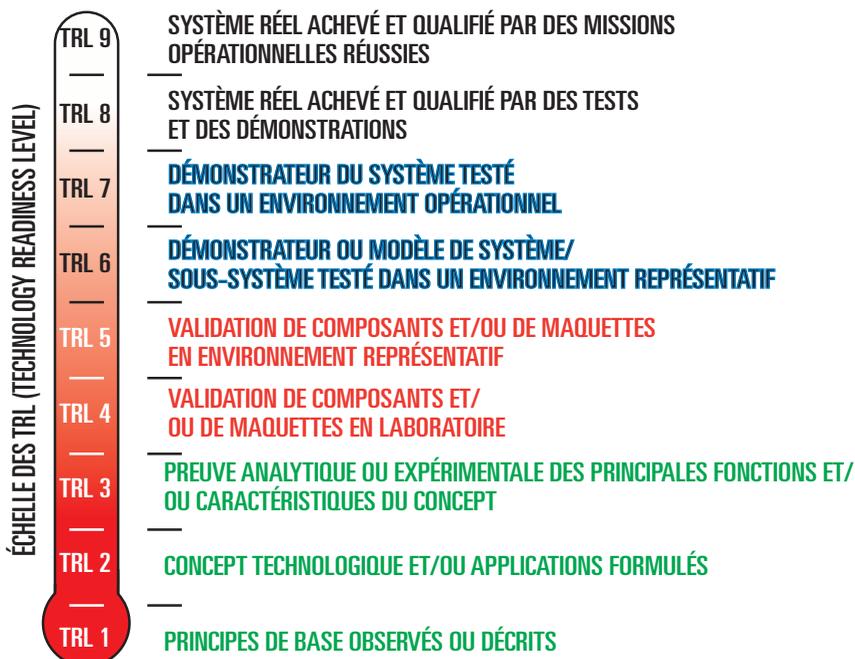
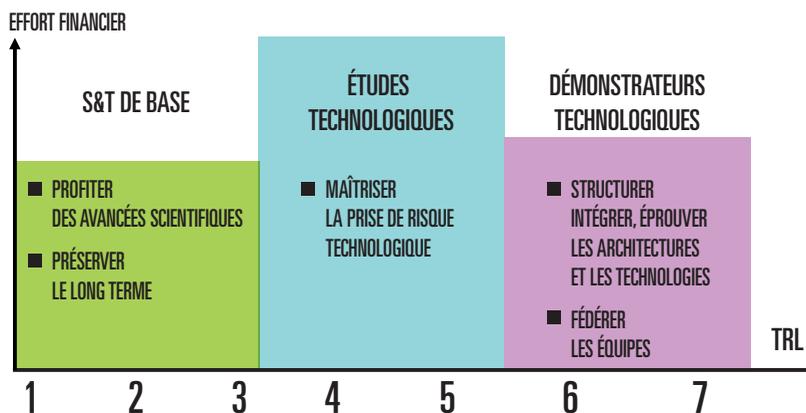


Schéma 5 **LES TROIS GRANDES SUBDIVISIONS DE LA S&T**

A l'autre extrémité de la chaîne de montée en maturité technologique, il s'agit d'assurer, par des démonstrations en environnement représentatif ou opérationnel, les levées de risques qui permettront aux technologies requises pour les opérations d'armement d'être disponibles pour une reprise et une intégration dans ces dernières à une échéance compatible avec leur calendrier.

La transition entre les deux extrémités de cette chaîne doit être menée de manière équilibrée : l'enjeu dans cette zone intermédiaire est, d'une part, qu'un flux suffisant de technologies passe du stade de la S&T de base à celui d'une application testable en laboratoire, d'autre part qu'un flux, nécessairement moindre mais pour autant substantiel, de ces technologies parvienne ensuite au stade de la démonstration en environnement représentatif.

Sans suivre une règle rigide et précise de répartition de l'effort financier annuel entre ces trois phases, la démarche prévue par l'orientation de la S&T est de consacrer à la phase intermédiaire une fraction majoritaire des ressources (cf. schéma 5). Cette phase est en effet marquée par le passage des technologies à un stade applicatif et est confrontée à un risque d'enlisement.

L'orientation de la S&T vise à assurer la continuité et la cohérence de la chaîne de montée en maturité des technologies.

TIRER PARTI DE LA COOPERATION AVEC LE MONDE DE LA RECHERCHE CIVILE ET L'INDUSTRIE DUALE, EN PARTICULIER AUX STADES AMONT

Les technologies intéressant la défense, lorsqu'elles se situent à un faible niveau de maturité, sont très souvent duales. Les travaux et compétences du secteur civil, aussi bien ceux des organismes publics de recherche et établissements académiques que de l'industrie, constituent de ce fait une source d'opportunités pour la S&T de défense.

Une démarche de coopération avec le monde civil est donc résolument poursuivie, sous plusieurs formes.

La DGA apporte ainsi un financement dans le cadre de différents dispositifs de soutien à des projets innovants intéressant la défense (cf. encadré n°5).

Ces dispositifs ont vocation à être appliqués à des projets qui, s'ils ne bénéficiaient que de financements du secteur civil, ne pourraient atteindre les objectifs intéressant

LES PRINCIPAUX DISPOSITIFS DE SOUTIEN A L'INNOVATION DE LA DGA Encadré n°5

Les principaux dispositifs de soutien à l'innovation financés par la DGA consistent en l'attribution de :

- bourses de thèses et le financement de post-doctorats et de stages pour chercheurs confirmés à l'étranger, ces projets étant en général cofinancés avec des organismes extérieurs (organismes de recherche, universités, régions...),
- subventions dans le cadre d'appels à projets menés en partenariat avec l'agence nationale de la recherche (ANR), au bénéfice de laboratoires de recherche, éventuellement associés en consortium avec des entreprises (programme ASTRID, contribution à certains défis sociétaux et challenges de l'ANR),
- subventions dans le cadre d'appels à projets menés en partenariat avec le ministère de l'industrie (DGE), à destination des PME et ETI (programme RAPID) ainsi qu'une implication dans les pôles de compétitivité (contribution au Fonds Unique Interministériel).

Le recours aux compétences du secteur civil ne concerne pas que les stades de recherche très amont : ainsi, les projets duaux soutenus par le programme RAPID au sein des entreprises innovantes vont en large majorité jusqu'à la validation de briques technologiques en environnement représentatif voire jusqu'à des démonstrations en laboratoire.

De plus, un programme ASTRID Maturation créé en 2013 a pour but de favoriser le transfert des résultats des laboratoires de recherche à fort intérêt militaire vers les PME.

la défense ou, même, pour certains d'entre eux, ne verraient pas le jour (pour des raisons diverses, pouvant tenir au niveau d'investissement initial requis, au calendrier de besoin, au niveau de performances attendu...).

Cherchant à favoriser autant que possible l'inventivité et l'apparition de véritables ruptures, ces mêmes dispositifs reposent sur les initiatives des porteurs de projets eux-mêmes, les prescriptions qui leur sont faites pour délimiter le périmètre de leurs recherches étant établies de manière à leur laisser une grande latitude d'action.

SUCCÈS RÉCENT DE LA S&T

THÈSE

SYNTHÈSE ET ÉVALUATION IN VITRO DE MOLÉCULES À VISÉE ANTI-EBOLA

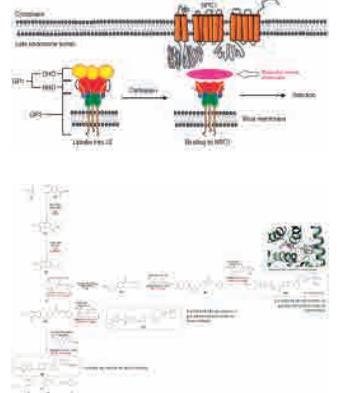
Le projet visait à étudier et mettre au point une nouvelle cible thérapeutique capable d'enrayer l'infection par le virus Ebola. 80 composés ont été synthétisés et leur activité sur le virus Ebola évaluée. Le résultat a été l'inhibition à plus de 98% de la réplication du virus sans conséquences en termes de cytotoxicité.

Perspectives envisagées : poursuite des essais pour optimisation de l'efficacité et production en quantité et qualité d'une molécule conforme à la réglementation.

Doctorant : Luigi A. Agrofoglio

Partenaires : Institut de Chimie Organique et Analytique (ICOA)

Université d'Orléans, CNRS UMR 7311



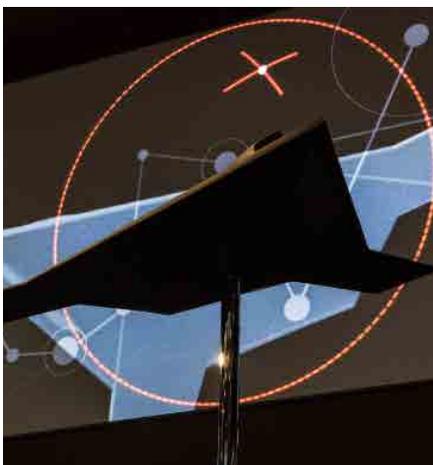
Dans la même perspective, les établissements publics de recherche menant des activités militaires ou duales et subventionnés au titre de la S&T de défense (ONERA, ISL, CNES et CEA) ont vocation à contribuer à cette incubation des technologies innovantes et à leur diffusion dans les entreprises en vue d'une application industrielle. L'association de ces établissements avec des entreprises sur des projets novateurs, notamment avec des PME et ETI, est favorisée.

Promouvoir et accompagner la transition des projets innovants d'intérêt défense du monde de la recherche civile vers l'industrie, notamment au moyen de projets en commun, est l'une des priorités de l'orientation de la S&T.

AFFECTER UNE PART DE L'EFFORT DE S&T A DES PROJETS DE DEMONSTRATION TECHNOLOGIQUE AMBITIEUX ET EMBLEMATIQUES



Intégration des boîtiers électroniques du démonstrateur ELISA dont l'objectif est de préparer le programme opérationnel ROEM, devant caractériser techniquement et cartographier des radars et émetteurs de transmission dans le monde entier. (© CNES/GRIMAUULT Emmanuel, 2010)



Maquette du démonstrateur du futur système aérien de combat (FCAS DP)
Dassault Aviation - P. SAGNES

Les briques technologiques arrivées à un certain degré de maturité seront d'autant plus rapidement et naturellement reprises dans les opérations d'armement qu'elles auront franchi au préalable des étapes substantielles de levée de risques.

Les projets de démonstration technologique sont destinés à assurer cette levée de risques. Ils doivent permettre de structurer, intégrer et éprouver, dans un environnement proche des conditions opérationnelles, les architectures et les technologies.

Indispensables à la préservation des compétences, notamment les compétences de maîtrise d'œuvre et d'ingénierie système, ils sont en outre l'occasion d'accélérer la pénétration de l'innovation dans les systèmes de défense.

L'orientation de la S&T prévoit d'allouer une part de l'effort de S&T à la réalisation de projets de démonstration emblématiques, qui sont, de par leur ambition, l'occasion de fédérer les acteurs industriels et étatiques, nationaux ou européens, autour d'objectifs majeurs en termes de performance globale du produit, d'intégration de technologies clés et de consolidation de compétences industrielles.

Les projets de démonstration d'envergure : un outil crucial pour assurer l'intégration accélérée des technologies et de l'innovation et pour catalyser la coopération entre acteurs industriels et scientifiques nationaux et internationaux.

UNE RECHERCHE DE COORDINATION AVEC LES AUTRES INVESTISSEURS NATIONAUX...

Au-delà de sa contribution financière à des projets innovants d'intérêt défense, la DGA développe et consolide son insertion dans le dispositif national de recherche et d'innovation. Ainsi, en vue de favoriser la meilleure coordination entre la recherche scientifique et technologique civile et la S&T de défense, une concertation est mise en œuvre entre la DGA et les ministères en charge respectivement de la recherche et de l'industrie.

Avec le ministère de la recherche, il s'agit pour la DGA d'apporter sa contribution à l'élaboration de la stratégie nationale de recherche (SNR) et d'établir l'orientation stratégique des travaux de S&T subventionnés auprès du CNES et du CEA (recherche duale, relevant du programme LOLF 191).

La DGA apporte son concours au ministère de l'industrie (direction générale des entreprises), qui est en particulier en charge de l'étude prospective sur les technologies clés à l'horizon 2020. La DGA entretient des partenariats avec des opérateurs publics français clés. Ainsi, elle participe aux réflexions en vue de l'élaboration des programmes de l'ANR. Au niveau des régions, elle développe également une démarche partenariale, d'une part, directement avec plusieurs régions, d'autre part avec les pôles de compétitivité. Dans ce dernier cas, elle précise ou contribue à préciser les stratégies de soutien aux compétences et technologies duales mises en œuvre dans ce cadre, notamment en tant que chef de file de plusieurs pôles. Enfin, elle anime un « club des partenaires académiques de recherche défense », qui réunit les acteurs (universités, écoles...) désireux d'inscrire une partie de leurs travaux dans les domaines intéressant la défense.

L'orientation de la S&T tient compte des développements technologiques financés en France par le programme d'investissements d'avenir (PIA).

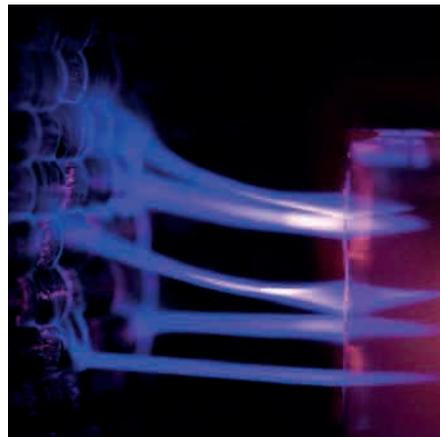
... ET DE SYNERGIE AVEC LES INVESTISSEURS INTERNATIONAUX

Dans le domaine spécifiquement militaire, le développement de partenariats internationaux en matière de S&T doit contribuer à la structuration d'une base industrielle européenne performante, cohérente et équilibrée, au sein de laquelle l'industrie française puisse faire valoir toutes ses compétences et qui permette à la France d'avoir accès, soit en national, soit en lien avec des partenaires européens dans le cadre de dépendances mutuelles, aux technologies pour lesquelles elle estime devoir s'assurer une autonomie.

La coopération avec le Royaume-Uni est dans ce contexte un axe clé de l'orientation de la S&T, compte tenu du niveau d'ambition et d'effort de ce partenaire et allié en matière de défense. Par ailleurs, pour amorcer et développer des coopérations en



Gilet tactique réalisé en tricotage 3D intégrant une antenne performante de nouvelle génération
Crédits photo : Safran/Ardeje



Dispositif multi-jets de plasma froid en contact avec une surface élastomère pour en assurer la décontamination biologique
Crédits photo : ONERA/INRA/Cerpem

matière de S&T fédérant plusieurs partenaires européens, l'agence européenne de défense constitue un cadre privilégié.

L'orientation de la S&T de défense tient compte des développements technologiques d'intérêt défense financés en Europe par le programme cadre Horizon 2020 piloté par la Commission européenne.

Avec les autres pays, la démarche adoptée sera celle d'une approche de la coopération au cas par cas, en fonction des opportunités et intérêts particuliers, a priori ciblée sur une compétence très spécifique.

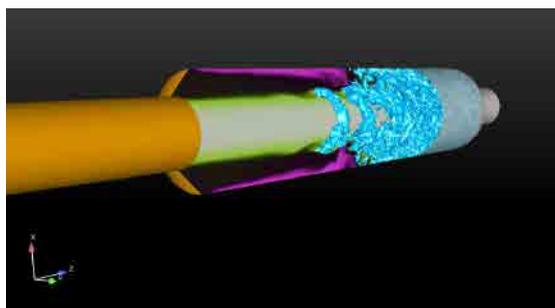


CEA – NRBCE - BIODOSI

Biocollecteur individuel Biodosi développé par le CEA (destiné à surveiller l'exposition des personnes à des aérosols biologiques) dans le cadre du programme 191 « Recherche duale » (photo CEA)



Illustration d'un futur système d'observation optique (post Pleiades) (CNES/PHOTON/REGY Michel, 2012)



Calcul de la transition turbulente dans le moteur à propergol solide à échelle réduite C1xb de l'ONERA. (photo : ONERA)

DES ECHANGES AVEC LES FOURNISSEURS DE S&T

La mise en œuvre de l'orientation de la S&T donne lieu à une action d'information et de dialogue de la DGA vis-à-vis de l'industrie.

Le but est, en premier lieu, de donner à cette dernière une visibilité sur la stratégie retenue et sur les priorités de la défense, notamment en termes de thématiques technologiques. Le présent document participe de cette démarche, en particulier auprès des PME et ETI afin de leur donner une capacité d'anticipation plus grande et de faciliter leur accès à la commande publique de travaux de S&T.

En second lieu, le dialogue vise à identifier et à mettre en place les conditions permettant la meilleure mise en œuvre possible de l'orientation de la S&T (par exemple, pour inciter à l'intégration rapide des innovations dans les systèmes de défense, tirer parti au mieux des recherches civiles...).

L'orientation de la S&T explicite également les attentes de la défense vis-à-vis des établissements publics de recherche qu'elle subventionne (ONERA, ISL, CNES, CEA). Elle sert de support pour la concertation avec ceux-ci sur leurs modèles d'intervention dans l'écosystème de la recherche de défense, pour la valorisation de leurs pôles d'excellence et pour la pérennisation de leurs compétences et moyens jugés indispensables à la préparation des futurs systèmes de défense.

Une approche partenariale vis-à-vis des principaux acteurs concernés par la S&T, investisseurs ou fournisseurs est mise en œuvre afin d'ajuster les stratégies scientifiques et technologiques respectives en fonction des risques et opportunités envisageables et de développer une coopération mutuellement profitable.

LES MODES D'ACTION DE LA S&T

Encadré n°6

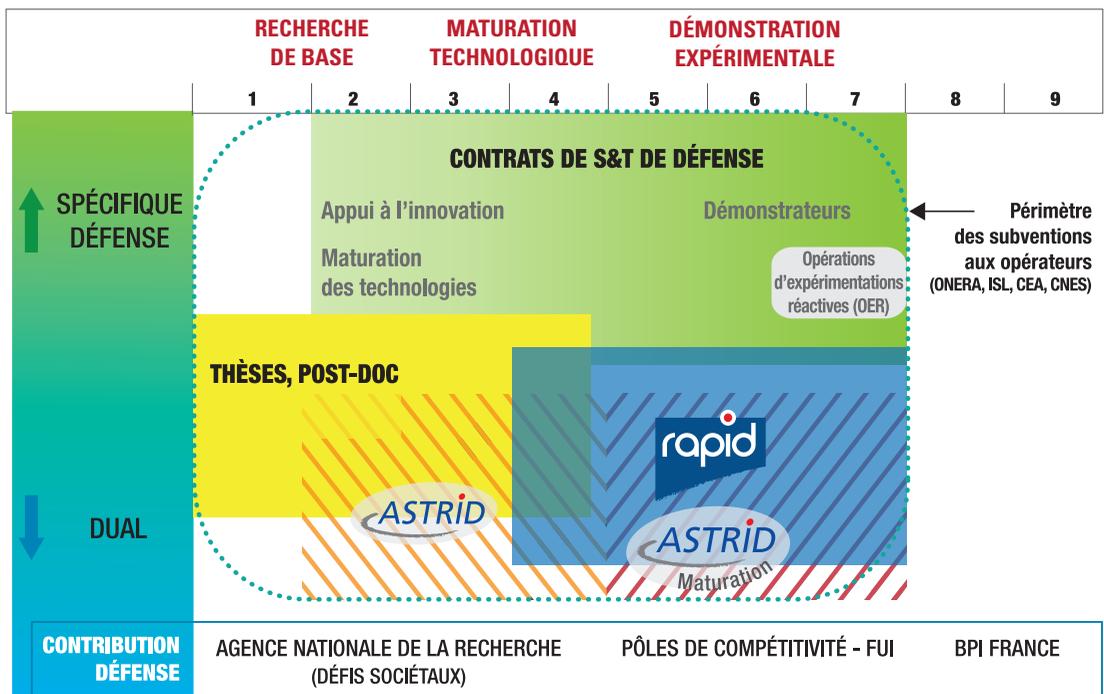
La mise en œuvre de la S&T relève, au sein du ministère de la défense, de la direction générale de l'armement (DGA). Elle dispose pour cela des principaux modes d'action suivants :

- les marchés publics⁽²⁾, instruments mobilisant la majeure partie du montant financier consacré à la S&T et utilisés à tous les niveaux de maturité, en particulier pour commander les études technologiques et les travaux relatifs aux démonstrateurs,
- les subventions, parmi lesquelles peuvent être distinguées :
 - les subventions versées annuellement aux organismes publics de recherche (ONERA, ISL, CNES, CEA) et permettant à ces derniers de réaliser un programme de recherche interne après concertation avec la DGA ; ces activités couvrent des niveaux de maturité technologique variables selon les établissements, mais leur importance est à souligner particulièrement pour les recherches S&T de base (travaux à bas TRL), qui ont ensuite vocation à se diffuser et à avoir un effet de fertilisation au sein de l'industrie,
 - les subventions versées dans le cadre d'un certain nombre de dispositifs (thèses, ASTRID, RAPID, FUI,...) et qui visent majoritairement à faire émerger l'innovation (S&T de base) et à la développer (études technologiques).
- les partenariats ou coordinations, au plan national et international, européen au premier chef, avec les entités ou organismes traitant de la recherche et technologie civile ou militaire.

⁽²⁾ Pour les travaux de S&T menés en coopération internationale, l'acquisition peut être réalisée par un organisme étranger, sous couvert d'un accord international auquel la DGA est partie prenante.

SYNTHESE : UNE VUE D'ENSEMBLE DES DISPOSITIFS ET MODES D'ACTION DE LA S&T

Schéma 6



2

L'ORIENTATION DE LA S&T DE DEFENSE : QUELLES PRIORITES TECHNOLOGIQUES ?

Les priorités technologiques définies par l'orientation de la S&T sont exposées ci-après, sous forme de fiches thématiques.

Les neuf premières fiches (partie 2.1, ci-après) présentent les priorités technologiques par agrégat S&T ou regroupement cohérent d'agrégats S&T (hors agrégat "soutien à l'innovation"). Elles sont destinées à guider des travaux visant à atteindre des niveaux de maturité technologiques relativement avancés, correspondant pour l'essentiel à la moitié droite du schéma 6 ci-avant (niveaux de maturité de 4 à 7).

Les neuf fiches suivantes (partie 2.2) explicitent quant à elles des priorités technologiques concernant des recherches plus amont, dont les visées applicatives ultimes ne sont pas différentes de celles exposées dans les fiches précédentes mais qui présentent néanmoins un caractère plus exploratoire. Elles correspondent à un ensemble de travaux menés au sein de l'agrégat "soutien à l'innovation". Ces travaux correspondent à la moitié gauche du schéma 6 précité.

2.1) PRIORITÉS TECHNOLOGIQUES PAR AGRÉGAT OU ENSEMBLE D'AGRÉGATS S&T



(HORS AGRÉGAT « SOUTIEN À L'INNOVATION »)

DÉFENSE NRBC & SANTÉ DU COMBATTANT

LE DOMAINE

Le domaine couvre les études relatives à la défense nucléaire- radiologique-bactériologique-chimique (NRBC) passive (détection, identification, protection, décontamination, contre-mesures médicales) et à la préservation de la santé du combattant avant, pendant et après les opérations militaires

ENJEUX MAJEURS

- Maintenir et développer la capacité souveraine à évaluer les risques NRBC et apporter la preuve d'une agression
- Concevoir l'architecture et lever les risques technologiques dans la perspective d'un futur système de défense NRBC, adapté à l'ensemble des menaces et risques et intégrant les diverses capacités requises (détection, protection individuelle et collective, décontamination, contre-mesures médicales NRBC, interfaces avec les autres systèmes...)
- Maintenir une compétence nationale pour le traitement des urgences vitales en opérations extérieures
- Consolider la résilience individuelle et collective des Forces (maîtrise des risques sur l'Homme)¹

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Simulation technico-opérationnelle (modélisation des équipements, wargame), bio-informatique et séquençage ADN, études toxicologiques par voie inhalée
- Immunothérapie pour lutter contre les agents NRBC
- Réparation tissulaire, traitement d'urgence des hémorragies
- Technologies innovantes ou de rupture recherchées : identification et contre-mesures médicales large spectre d'agents biologiques, détection de surface de toxiques chimiques, micro-technologie de détection pour équipement individuel avec une sensibilité en lien avec les seuils toxicologiques, nouveaux matériaux filtrants améliorés avec indicateur de performance

¹ Connaissance des risques autres que NRBC spécifiques au domaine militaire (risques physiques - balistiques, liés au bruit, à l'exposition aux ondes électromagnétiques... - et ceux relevant des sciences cognitives : traumatismes psychiques, effets liés à la fatigue...)

Culture de micro-organismes



Simulation numérique des risques B & C

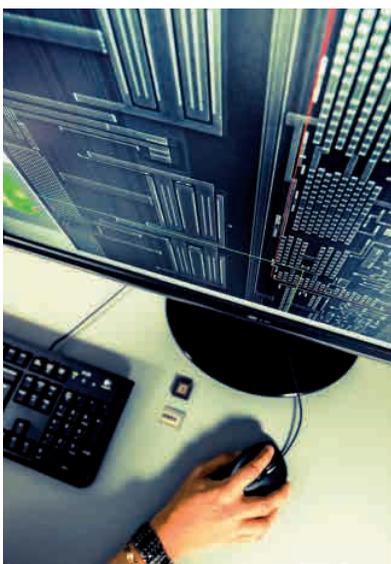
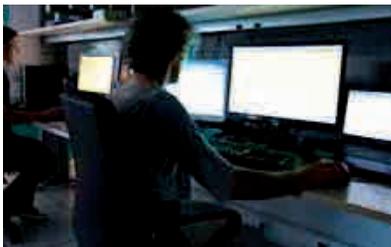


Mannequin pour test de tenue de protection NRBC

■ Expertise de composants cryptographiques



Laboratoire dédié à la mise au point d'outils de supervision de la sécurité des systèmes informatiques (DGA Maîtrise de l'information)



Expertise de composants cryptographiques

CYBERSÉCURITÉ

LE DOMAINE

Le domaine de la cybersécurité comprend 3 volets :

- Le **volet protection** qui consiste à concevoir, réaliser, adapter, déployer et administrer des produits de sécurité au sein de systèmes architecturés pour la sécurité
- Le **volet défense** qui consiste à gérer dynamiquement la sécurité des systèmes afin de détecter les attaques et de réagir tout en continuant à opérer. Cette approche impose de disposer de produits de lutte informatique défensive (LID) dans les systèmes correctement protégés par ailleurs
- Le **volet continuité** doit garantir la résilience des systèmes aux agressions et le rétablissement du fonctionnement nominal

ENJEUX MAJEURS

- La réalisation de gammes de produits cohérentes notamment dans les domaines de la LID, du chiffrement et de la mobilité, du multiniveau, de l'identité numérique
- La sécurisation des systèmes industriels
- La prise en compte de la menace cyber sur l'ensemble des systèmes d'informations et des systèmes d'armes, en termes d'architectures et de produits

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

■ Dans le domaine de la protection :

- Disposer des algorithmes et des composants cryptographiques
- Disposer des briques logicielles pour les programmes d'armement
- Disposer des produits nécessaires à la sécurisation des réseaux militaires et interministériels : dans le domaine du chiffrement IP (très haut débit), de la téléphonie et de la mobilité
- Étendre la protection SSI à l'ensemble des systèmes de défense

■ Dans le domaine de la défense :

- Disposer des outils et produits pour la défense des systèmes d'information
- Disposer d'architectures systèmes performantes en matière de lutte informatique défensive et de résilience

AÉRONAUTIQUE

LE DOMAINE

Le domaine couvre les études relatives à l'aéronautique de combat (y compris les drones de combat), aux hélicoptères (de combat, de manœuvre, de transport) et aux avions de transport

ENJEUX MAJEURS

- Préparation des prochains standards du Rafale
- Mise en service du système de combat aérien futur à l'horizon 2035
Enjeux majeurs : adaptation aux nouvelles menaces, niveau d'autonomie, fonctionnement en réseau
- Préparation des technologies susceptibles d'être intégrées dans un futur standard du Tigre
Enjeux majeurs : modernisation du système de combat et de mission, combat collaboratif

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

■ Pour l'aéronautique de combat :

- Les technologies associées à la discrétion (conception plateforme, matériaux...), à l'aérodynamique et au contrôle du vol, et à l'intégration d'armements
- Les systèmes avioniques modulaires ouverts et évolutifs
- L'autonomie décisionnelle et les nouvelles interfaces homme-machine
- Les technologies de détection et de guerre électronique (architecture et modularité, antennes, nouveaux modes radar, brouillage et leurrage...)
- Les capteurs multifonctions, les techniques de fusion de données, de traitement d'images et la coopération multi-plateformes
- Les capteurs optroniques de nouvelle génération
- Les technologies spécifiques des moteurs d'avions de combat

■ Pour les hélicoptères :

- Les technologies associées à la détection (optronique, radar, acoustique) et à l'identification (imagerie active, source laser multifonctions, traitements d'image)
- L'aide au pilotage par faible visibilité (imagerie pénétrante, fusion de données, réalité augmentée, optique / optronique)
- Les technologies associées à la discrétion (réduction des signatures optique, électromagnétique, acoustique) et à la protection (blindage transparent)

■ Pour les hélicoptères et les avions de transport :

- L'autoprotection (détection, localisation et leurrage)

■ Démonstrateur de drone de combat Neuron

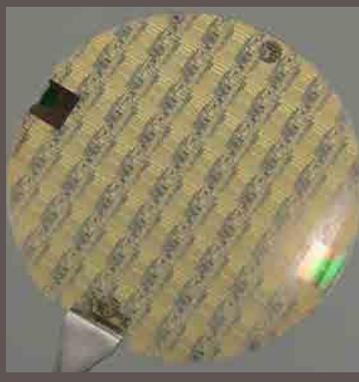


Leurres infrarouge

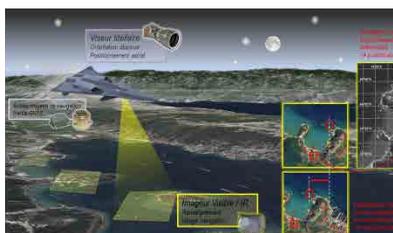


Radar RBE2 à antenne active équipant un avion Rafale

■ Composant électronique filière GaN



Concept de navigation par hybridation de moyens inertiels et optroniques



Démonstrateur technologique d'un bloc de détection infrarouge SWAP optimisé en température de fonctionnement (et donc en cryogénie)

Crédits photos - DE HAUT EN BAS :
UMS, DGA, SOFRADIR

TECHNOLOGIES TRANSVERSES

LE DOMAINE

Le domaine couvre principalement les études relatives aux matériaux, composants électroniques et capteurs par nature transverses aux systèmes d'armes. Il couvre aussi les études visant à améliorer les méthodes et outils nécessaires à la maîtrise des systèmes complexes et des systèmes de systèmes (ingénierie système, architecture, sûreté de fonctionnement...)

ENJEUX MAJEURS

- Garantir la performance et la disponibilité des constituants transverses nécessaires aux systèmes d'armes, ainsi que des méthodes et outils permettant de spécifier, concevoir et maîtriser ces derniers
- Porter à maturité les technologies transverses émergentes

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Détecteurs infrarouges refroidis à haute résolution et sensibilité fonctionnant à des températures plus élevées, détecteurs infrarouges non refroidis à haute résolution, imageurs à bas niveau de lumière
- Composants optroniques : fonctions au plus près du détecteur, rétine artificielle programmable, détecteur hyper-spectral...
- Composants hyperfréquence : amplificateurs de forte puissance ou large bande, convertisseurs analogique-numérique, synthèse de fréquence et composants associés (résonateurs, oscillateurs), circuits imprimés, packaging, composants opto-hyperfréquence...
- Composants et sources laser : fibres, cristaux non-linéaires, interaction lumière-matière...
- Traitements radars évolués : émission colorée, large bande instantanée en réception...
- Technologies inertiels hybridées vision
- Matériaux pour la réduction des signatures IR et radar
- Matériaux de blindage, opaques (à bas coût) et transparents (pour verrières)
- Armes à faisceaux de particules
- Résilience des systèmes de systèmes
- Analyse et comparaison d'architectures système
- Sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques embarqués
- Optimisation de l'occupation spectrale
- Protection contre la rétro-conception

MISSILES

LE DOMAINE

Le domaine couvre les études relatives à tous types de missiles ainsi qu'aux bombes guidées, et à leurs équipements. Il couvre également les études relatives aux matériaux énergétiques de défense (poudres, propergols et explosifs)

ENJEUX MAJEURS

- Préparation des futurs programmes de missiles permettant de renouveler les capacités et de les adapter à l'évolution des cibles et des menaces
- Disposer de technologies modulaires permettant de satisfaire un large panel de besoins et de réduire les coûts globaux, en s'appuyant sur une base industrielle et technologique européenne

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Chaînes d'autoguidage prenant en compte l'évolution des cibles et des contre-mesures, à coût maîtrisé ; autodirecteurs multimodes permettant une plus grande flexibilité d'emploi
- Architecture robuste des chaînes de guidage/pilotage et navigation, résistance au brouillage des signaux GNSS, senseurs inertiels micrométriques à hautes performances
- Compacité de l'ensemble des équipements, incluant la propulsion et la charge militaire ; gestion de l'échauffement du missile en cours de mission
- Systèmes de préparation de mission optimisés pour la réactivité et maximisant la pénétration des défenses
- Hautes vitesses
- Matériaux furtifs avec des caractéristiques pérennes et compatibles avec la sévérité des environnements subis
- Liaisons de données bidirectionnelles, à haut débit et élongation au-delà de la vue directe
- Matériaux énergétiques ayant un meilleur compromis performances/sécurité/coût, avec un cycle de vie plus respectueux de l'environnement et permettant la conception d'équipements pyrotechniques aux effets contrôlés
- Charges militaires polyvalentes
- Outils de simulation

Exocet MM40 Block3



Missile de croisière naval (MDCN)



Missile air-air Mica

SYSTÈMES TERRESTRES & MUNITIONS

■ Nanodrone bio-inspiré (modèle de la libellule)



Famille de minirobots destinés à l'appui du combattant débarqué en zone urbaine



Système d'artillerie CAESAR

LE DOMAINE

Le domaine couvre les études relatives aux systèmes d'armes terrestres, depuis l'architecture de haut niveau des systèmes de systèmes opérant en réseau jusqu'aux équipements, armes et munitions des véhicules de combat et du combattant

ENJEUX MAJEURS

- Renforcement du combat collaboratif
- Préparation des futurs systèmes complexes tels que le système principal de combat et l'artillerie future
- Amélioration de la protection
- Adaptation des effets
- Apports de la robotique

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Détecteurs d'alerte et moyens de protection des véhicules
- Matériaux de blindage allégés
- Technologies de détection et de neutralisation des engins explosifs improvisés
- Technologies de camouflage actif et adaptatif
- Senseurs optroniques multifonctions pour la veille, l'observation, la détection, l'identification, la localisation et la désignation précise d'objectifs
- Micro-robotique pour le fantassin et robotisation des véhicules
- Technologies nécessaires au partage et à la valorisation de l'information disséminée, localisation précise ami/ennemi
- Sources laser compactes à haute énergie
- Charges militaires à effets variables
- Munitions d'artillerie et de mortier guidées à précision métrique

RENSEIGNEMENT & SURVEILLANCE

LE DOMAINE

Le domaine couvre les études relatives aux capteurs de renseignement pour tous milieux, à leur orientation (préparation de mission...), à l'exploitation des informations recueillies et à la chaîne de renseignement. Il couvre aussi les études sur les drones aériens de renseignement

ENJEUX MAJEURS

- Préparation des futurs systèmes de recueil et d'exploitation du renseignement d'origine électromagnétique (ROEM) et du renseignement d'origine image (ROIM)
- Préparation des futurs systèmes de traitement automatique de l'information massive d'origine ROEM, ROIM, ROHUM (Renseignement d'Origine Humaine) et ISO (sources ouvertes).
- Architecture de la future chaîne de renseignement en contexte interallié
- Intégration des futurs drones aériens de renseignement dans la chaîne de renseignement

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Technologies pour les systèmes ROIM spatiaux: remplacement CCD par CMOS pour les détecteurs et plans focaux, miroirs allégés de grande dimension...
- Détection, reconnaissance, identification et localisation des objectifs et émetteurs dans les domaines visibles, IR, hyperspectral et EM
- Imagerie SAR et moyens d'exploitation automatiques associés
- Détection, reconnaissance, identification des cibles difficiles (furtives, petite taille) à très basse altitude
- Techniques de similarité d'images, de détection de falsification d'images
- Traitement automatique de la langue et des données écrites, traduction, résumé automatique avec reconnaissance vocale
- Indexation, recherche, extraction des données multi-modales (image, vidéo, texte, audio) dans des flux d'informations
- Inférence et analyse des données multi-modales pour extraction de connaissances (contexte « big data »)
- Insertion des drones dans la circulation aérienne (fonction « voir et éviter », liaisons de données, détection des risques météo...)

Démonstrateur ROEM Elisa

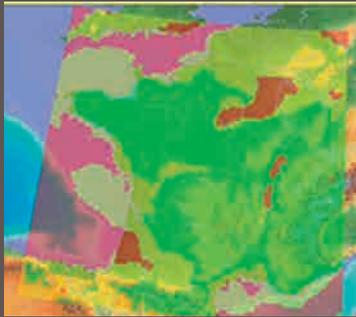


Image issue d'un radar à ouverture synthétique (SAR)

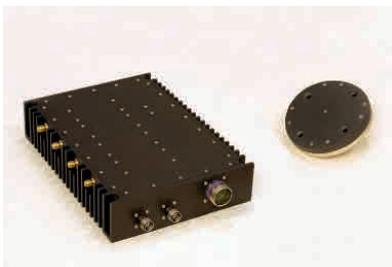


Boule optronique hautes performances

■ Carte d'impact de la météo sur les systèmes guidés par infrarouge



Antenne pour liaison de données haut débit pour drones



Chaîne de réception positionnement par satellite en environnement brouillé

Crédits photos- DE HAUT EN BAS :
DGA, THALES

SYSTÈMES D'INFORMATION & DE COMMUNICATION

LE DOMAINE

Le domaine couvre les études relatives aux moyens de communications sécurisés (tous milieux), au segment utilisateur de radionavigation par satellite, aux systèmes d'information (SI) opérationnels et aux moyens de production et de diffusion de données d'environnement (GHOM : géographiques, hydrographiques, océanographiques et météorologiques)

ENJEUX MAJEURS

- Préparer le segment utilisateur du segment COMSAT NG et les futures composantes HF des systèmes de transmission de données
- Mise à niveau du segment utilisateur de radionavigation par satellite dans le contexte GNSS
- Préparer les futurs SI interopérables avec les pays alliés, basés sur des architectures modulaires et distribuées
- Adéquation des données d'environnement GHOM avec les besoins des systèmes clients
- Maîtriser la consommation du spectre

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Liaisons HF multi porteuses permettant d'augmenter le débit et la qualité de service
- Technologies pour le segment sol post SYRACUSE 3: liaisons « on the move » et haut débit, antennes bi-bandes X/Ka...
- Fiabilisation des services de communication sur réseaux radio « hétérogènes »
- Liaisons haut débit pour satisfaire les besoins des drones et avions
- Amélioration des performances de communications des sous-marins
- Positionnement par satellite: intégration des évolutions GNSS
- Technologies nouvelles pour les futurs SI interopérables avec les pays alliés: harmonisation des modèles de données en inter-systèmes, consolidation des modèles d'échanges, solutions d'« Identity management » et de marquage de métadonnées de sécurité...
- Architectures orientées services basées sur des technologies nouvelles: applications web, cloud, services de gestion et de supervision...
- Adaptation des technologies et algorithmes GHOM civils aux besoins des systèmes militaires
- Connaissance et modélisation des phénomènes géophysiques

SYSTÈMES NAVALS

LE DOMAINE

Le domaine aborde les thématiques relatives à la conception des navires de combat et sous-marins futurs et à la modernisation des navires de combat et sous-marins actuels. Il couvre également les études relatives à la lutte sous la mer et à la lutte au-dessus de la surface

ENJEUX MAJEURS

- Préparation des évolutions majeures des plateformes navales en service (FLF, Horizon, FREMM), préparation des navires de combat futurs (futurs frégates de premier rang)
- Préparation du futur sous-marin nucléaire lanceur d'engins de troisième génération
- Capacités de détection sous la mer et au-dessus de la surface, invulnérabilité des sous-marins, survie au combat des navires et guerre électronique (autoprotection)
- évolutivité et modularité des systèmes de direction de combat (notamment pour les capacités d'adaptation aux menaces et d'interopérabilité multiplateformes)
- Renouvellement des capacités de guerre des mines (système de lutte anti-mines futur SLAMF)

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Technologies permettant l'intégration poussée des senseurs de guerre électronique, de détection électromagnétique, infrarouge et des moyens de communication
- Systèmes de direction de combat: architectures ouvertes (capacités à intégrer à coût maîtrisé de nouveaux senseurs, intégration des drones aériens ou sous-marins et coopération multiplateformes)
- Systèmes de navigation autonomes à très hautes performances
- Technologies pour la discrétion et la furtivité
- Sonars
- Radars à antenne active
- Composants de la chaîne énergie-propulsion des sous-marins nucléaires
- Préparation du futur système de guerre des mines: autonomie décisionnelle, nouvelles technologies de capteurs pour la détection
- Exploration des technologies relatives à l'artillerie électrique et aux micro-ondes de forte puissance

Sous-marin Barracuda



Mise à l'eau d'un drone sous-marin d'identification (essais dans le cadre de la préparation du futur système de lutte anti-mines)



Drone de surface "Sterenn Du" configuré avec un drone sous-marin

2.2) PRIORITÉS TECHNOLOGIQUES RELATIVES À L'AGRÉGAT « SOUTIEN À L'INNOVATION »



(PAR DOMAINE SCIENTIFIQUE)

INGÉNIERIE DE L'INFORMATION & ROBOTIQUE

LE DOMAINE

Le domaine I2R recouvre les méthodes et techniques qui contribuent à la transformation progressive *du signal à l'information*. Au cœur des STIC, il repose sur 3 grands piliers :

- Les communications et la sécurité
- Le traitement numérique et l'analyse de l'information
- Les systèmes complexes, les robots et les systèmes cognitifs

Pour la défense et la sécurité, l'enjeu est d'exploiter le potentiel technique afin de maximiser les performances des systèmes, en tenant compte des contraintes de l'environnement opérationnel (forte complexité, environnement partiellement connu, non coopératif, délais contraints / temps réel...) et des contraintes d'interface.

Le numérique couvre ainsi un large spectre allant du tactique (ex : équipement du soldat) au stratégique (ex : grands systèmes d'infrastructure de C4ISR), avec l'absolue nécessité de garantir les performances techniques de bout en bout : senseurs, moyens de transmission, outils de traitement de l'information, jusqu'au contrôle et la supervision.

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

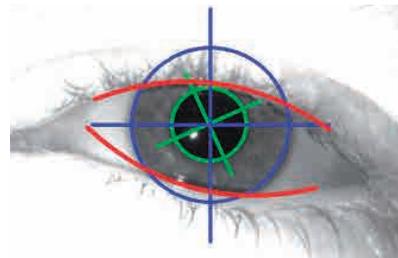
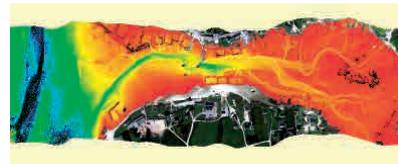
- Le traitement de l'information complexe
Sources : texte, multimédia, vidéo, flux Ip, logs, codes, imagerie multi capteurs (IR, visible, hyperspectral, Lidar, SAR...), radar, sonar...
Applications : observation, surveillance, renseignement, cyberdéfense, robotique, perception de l'environnement, de la situation ou des comportements, détection / reconnaissance / identification de cibles, alerte, navigation & localisation...
Techniques : traitement du signal, des images et du langage, fusion d'informations hétérogènes, pistage, fouille de données, traitement de données massives, classification supervisée ou non, intelligence artificielle, techniques d'apprentissage ...
- Des systèmes sûrs, fiables et robustes
 Sécurité informatique, intégrité et authentification des données et des échanges, supervision des réseaux, réseaux adhoc, sûreté de fonctionnement des logiciels, systèmes hybrides et embarqués...
- Vers une intelligence embarquée, distribuée
 Systèmes interconnectés, autonomie augmentée ou ajustable, aides à la décision, co-design « capteurs-traitements », systèmes multi-agents, simulations comportementales, jeux sérieux pour l'entraînement ou la mise en situation...

ANR Astrid - DGA. Projet VIATIC



Partenaires: VIATIC :
IRSEEM, LASTRE/EHESS & MBDA

Traitement hyper spectral
pour classification des zones littorales
(bathymétrie) - REI Hyplitt



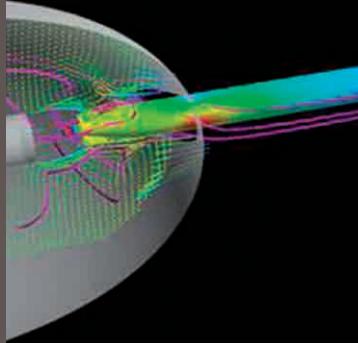
Biométrie dynamique de l'iris
Thèse/PhD : V. Nêmesin -
Dir S.Derrode (ECM - Institut Fresnel)



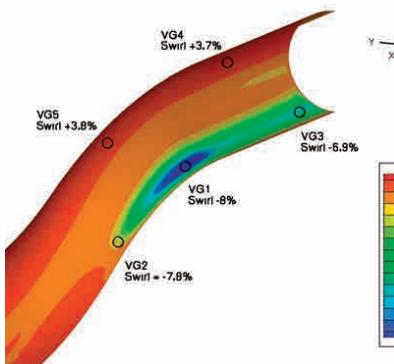
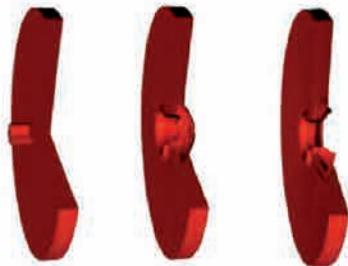
Crédits photos- DE HAUT EN BAS :
DGA-ESIGELEC, ACTIMAR - INSTITUT FRESNEL,
DGA/ECM, DGA

FLUIDES & STRUCTURES

Simulation de sorties d'armes



Simulation de la perforation par méthode des interfaces diffuses



Contrôle du décollement par générateurs de vortex

LE DOMAINE

Le domaine a pour objet d'étude, les fonctionnalités et performances physiques et mécaniques, de véhicules, infrastructures et systèmes de défense tous milieux (terrestres, maritimes, aéronautiques et spatiaux). Les principaux enjeux pour la défense concernent les problématiques suivantes: mobilité, propulsion des engins, conception et résistance structurelles, furtivité et discrétion dans l'environnement, sécurité des plateformes et maîtrise des dysfonctionnements.

Dans un contexte opérationnel exigeant, les objectifs visés pour ces systèmes sont d'améliorer les performances, de développer de nouvelles capacités, de définir des moyens et concepts de protection et de lutte contre les effets des agressions et enfin de traiter les dysfonctionnements induits sur les matériels embarqués par les écoulements fluides ou les sollicitations physiques.

Le périmètre scientifique est segmenté en 3 champs disciplinaires :

- Les écoulements fluides
- La conception et le dimensionnement des structures
- La propulsion et les écoulements énergétiques

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Maîtrise des régimes complexes d'écoulements fluides ou réactifs :
 - Aérodynamique des formes complexes
 - Simulation numérique des écoulements multiphasiques, multifluides
 - Contrôle d'écoulements (simulation, technologies d'actionneurs)
- Tenue des structures aux sollicitations sévères :
 - Modélisation des sollicitations en conditions sévères (explosions, impacts solides)
 - Ruine des structures (effets dynamiques, endommagement, rupture, résistance ultime)
 - Systèmes de protection (concepts, simulation)
- Bruits mécaniques (fluides, solides) en milieu sous-marin :
 - Bruit propre des systèmes sous-marins (écoulement, vibration, vibro-acoustique interne)
 - Bruit rayonné (sources vibratoires, vibrations induites par les mouvements, phénomènes transitoires)

ONDES ACOUSTIQUES & RADIOÉLECTRIQUES

LE DOMAINE

Le domaine englobe le spectre s'étendant du continu au THz ; il fédère les activités liées à :

- La génération et la mesure des rayonnements
- La propagation des ondes
- La détection et l'imagerie
- La guerre électronique et les agressions électromagnétiques
- La compatibilité électromagnétique et le bio-électromagnétisme

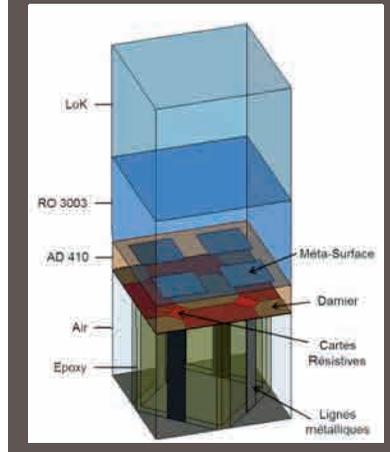
Les perspectives opérationnelles pour la défense sont de :

- Communiquer le plus loin possible, discrètement, sûrement, en milieux perturbés et agressifs
- Détecter, localiser, visualiser, identifier, classifier, tout en restant discret
- Protéger nos systèmes d'armes contre l'ensemble des menaces comprises dans le spectre
- Neutraliser ou perturber l'électronique des systèmes adverses

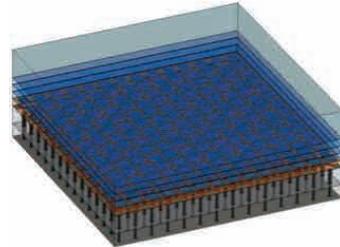
THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Systèmes antennaires embarqués et/ou multi-fonctions : Intégration, discrétion, miniaturisation, autocalibrage, réseaux, agilité, reconfigurabilité, adaptativité...
- Modélisation des équations des ondes : Optimisation précision/ temps de calcul - Couplages avec l'environnement - Structures composites, multi-échelles, multi-physiques...
- Détection/Communication en environnement complexe/ perturbé : Formes d'ondes et traitements adaptatifs à l'environnement - MIMO - SATCOM *on the move* - Traitements STAP, SAR, polarimétrique, GMTI, retournement temporel, détection sous couvert (FOPEN) - Architectures radar intégrant le numérique au plus près de la tête hyperfréquence - Réseaux de capteurs pour détection et communication longue portée en acoustique sous-marine...
- Maîtrise des rayonnements : Nouveaux matériaux pour optimiser le rayonnement des antennes et la furtivité des plateformes - Réduction des perturbations radioélectriques dans les systèmes complexes - Dosimétrie - Contrôle des sources de bruits acoustiques impulsionnels pour contrer les sonars basés sur la détection de bruits transitoires...

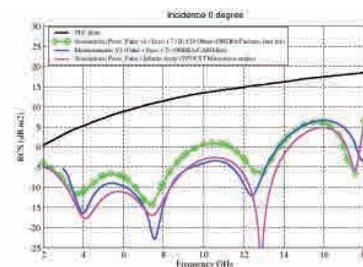
Cellule élémentaire du réseau SAFAS



Vue en transparence d'un réseau 7X7 cellules



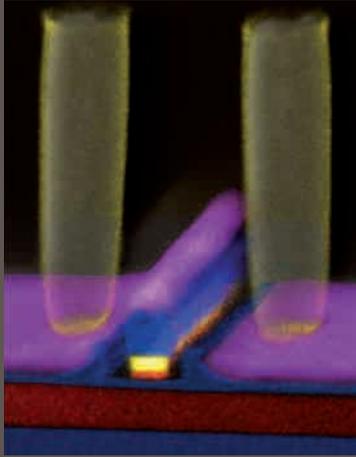
Réseau SAFAS composé de 28x28 cellules



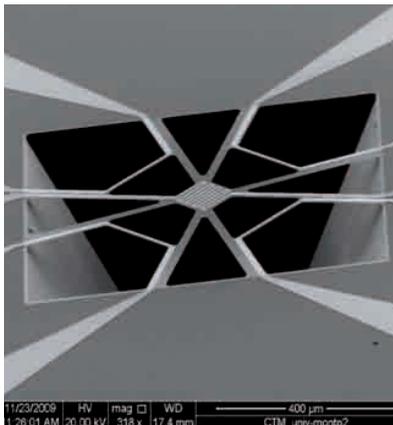
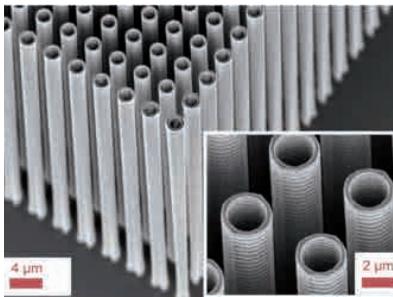
SER du réseau (mesure et calcul)

Crédits photos- DE HAUT EN BAS :
TÉLÉCOM PARIS TECH - SART - ONERA

■ Technologie 28 nm FD-SOI
(Fully Depleted Silicon On Insulator)



Microtubes gravés sur Silicium pour dispositifs 3D de stockage d'énergie -
Projet ASTRID 2012 MECANANO



Accéléromètre thermique
à convection 2D
Plage d'accélération : 5000 à 20 000g
Projet ASTRID 2011 RAGE

Crédits photos : DE HAUT EN BAS :
STMICROELECTRONICS, IEMN/IMN,
IES MONTPELLIER/ISL

NANOTECHNOLOGIES

LE DOMAINE

- L'équipement du combattant : protection contre la menace RBC-E, vision nocturne, textiles intelligents...
- Le guidage/navigation : miniaturisation et obtention de performances accrues en environnement sévère; localisation indoor
- La détection des menaces : simplification et amélioration des systèmes radar et guerre électronique
- Les communications : accroissement du débit, de la portée, de l'agilité et de la furtivité

ENJEUX MAJEURS

L'objectif est d'améliorer, grâce aux micro-nanotechnologies, les composants, matériaux et surfaces, utilisés dans les équipements des forces : performances, miniaturisation, consommation électrique, coûts. De nombreuses disciplines scientifiques sont concernées : micro-nanoélectronique, nanosystèmes, nanophotonique, nanomatériaux, nanobio-technologies.

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Nouvelles technologies pour l'équipement du combattant :
 - Dispositifs de détection et d'identification des menaces RBC-E, préparation rapide et fiable d'échantillons complexes ; technologie innovante pour le séquençage haut débit compatible d'une utilisation terrain
 - Imageurs CMOS très bas niveau de lumière. Intelligence embarquée au plus proche du pixel
 - Textiles fonctionnalisés : protection, filtration, auto décontamination, camouflage, intégration d'antennes, de capteurs...
- Nouveaux composants pour chaînes hyperfréquences et communications :
 - Composants miniaturisés, de flexibilité accrue, allant jusqu'aux fréquences sub-mm, composants opto-hyperfréquences innovants
 - MEMS RF et packaging associé. Supraconductivité
 - Impression 3D et matériaux spécifiques correspondants
- Nouveaux Composants pour l'inertiel : nouveaux matériaux, design innovant. Classe de moyenne performance au minimum
- Intégration de Nano dispositifs :
 - Capteurs autonomes et communicants, nanodrones
 - Micro/nano-antennes reconfigurables en fréquence, directivité
 - Centrale inertielle ultra miniaturisée
- Nano structuration de surface : réalisation de propriétés spécifiques pour composants ou systèmes : furtivité contrôlée, antireflet performant, (super) hydrophobie...

PHOTONIQUE

LE DOMAINE

Les perspectives scientifiques dans le domaine de la photonique sont nombreuses et suscitent un intérêt important de la part de la DGA. Les études menées dans les laboratoires se caractérisent par une grande richesse et présentent un potentiel d'impact important pour beaucoup d'applications militaires.

On observe, d'une part, des progrès qui s'inscrivent dans la continuité des approches « traditionnelles ». Cette catégorie rassemble, par exemple, l'amélioration des composants de base comme les sources lasers et les détecteurs permettant d'accroître les performances actuelles. Les progrès technologiques conduisent, d'autre part, à l'accès vers des bandes spectrales peu exploitées jusqu'à maintenant (THz, rayons X et γ), pour aboutir à des dispositifs offrant de nouvelles fonctionnalités.

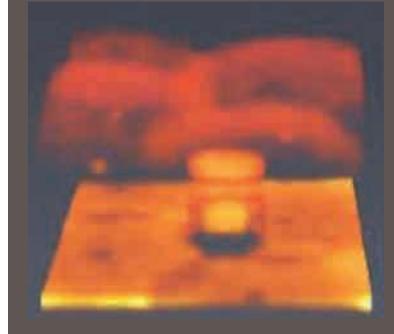
DOMAINES COUVERTS

- Sources et systèmes laser
- Systèmes d'imagerie
- Matériaux pour l'optique
- Métrologie temps-fréquence
- Information et calcul quantique.

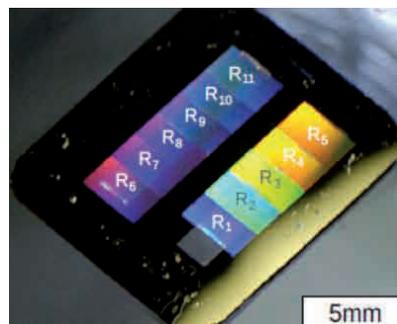
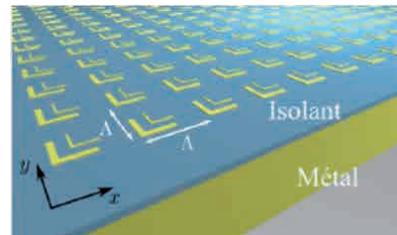
THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Technologies innovantes pour la détection de matières dangereuses :
 - Source laser et imagerie pour détection, identification et diagnostic : UV, SWIR, hyperspectrales, polarimétrie
 - Filière III-V, IV-IV, II-VI, SR, multi-puits quantique, MCT avalanche, QCL
 - Spectrométrie active/passive ; QCL, LIBS, Raman, fluorescence...
- Nouveaux matériaux pour l'optique :
 - Semi-conducteur, VCSEL/VECSEL
 - Céramiques laser : CaF_2 , YAG pour source laser de forte puissance
 - Chalcogénures pour verres et fibres
 - Cristaux pour l'optique : oxyde, fluorures, cristaux diélectriques
 - Couches minces optiques
 - Cristaux photoniques et fibres nanostructurées
- Utilisation des lasers à impulsions courtes :
 - Laser Téravatts pour contrôle destructif / non destructif à distance
 - Contre-mesures IR (IRCM, DIRCM) pour autoprotection des systèmes

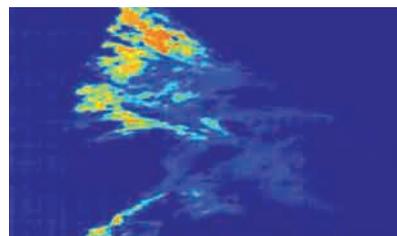
■ Détection d'un objet sous canopée



Réseau bipériodique de micro-antennes en L pour conversion de polarisation



Matrice de composants nanostructurés pour filtrage IR

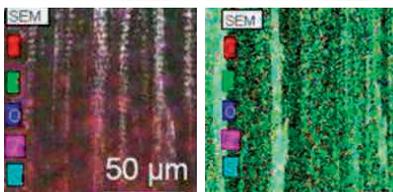
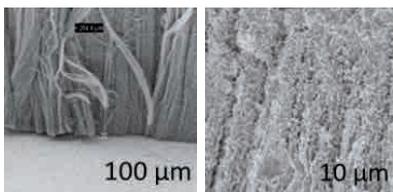


Cartographie à distance d'un nuage de particules fluorescentes par LIDAR

■ Réalisation d'un carter en magnésium (Projet FUI : Carters aéronautiques innovants à bénéfice environnemental)



Désensibilisation de nanothermites par ajout d'additifs
La formulation n-Al, n-WO₃ permet l'amélioration de la vitesse de combustion et du délai d'allumage
Thèse d'Arnaud Bach (ISL)



Supercondensateurs hybrides de haute énergie à base de nanotubes de carbone alignés

MATÉRIAUX, CHIMIE & ENERGIE

LE DOMAINE

Il aborde les thématiques permettant d'établir des relations entre la structure, les propriétés physicochimiques et mécaniques, les procédés d'élaboration et la durabilité, en associant des travaux expérimentaux avec des approches de modélisation et de simulation numérique. Il associe des approches multiphysiques et multi-échelles pour proposer des solutions innovantes et pertinentes, en revenant aux concepts de base que sont les matériaux, la chimie et l'énergie. Il couvre le développement de matériaux et des procédés pour des produits de hautes performances, permettant d'apporter de la multifonctionnalité aux systèmes d'armes, et répondant à des notions de développement durable.

ENJEUX MAJEURS

- Disposer de moyens de protection des hommes et des moyens avec le meilleur compromis coût- efficacité - mobilité
- Assurer le comportement en conditions extrêmes et les propriétés fonctionnelles spécifiques des plateformes, tout en améliorant leur mobilité/autonomie
- Maîtriser la maintenance et assurer la durée de vie des matériels
- Assurer l'autonomie énergétique (mobilité) en agissant sur le stockage de l'énergie, sur l'efficacité des nouveaux procédés et sur le génie électrique

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Matériaux multifonctionnels, relations structure/propriétés/mise en œuvre/durabilité
- Matériaux pour allègement des structures
- Concepts avancés pour blindage et perforants
- Procédés d'élaboration (SPS, fabrication additive, projection thermique, dépôts sol-gel...)
- Traitements de surface et procédés catalytiques
- Propergols et matériaux hautement énergétiques
- Récupération d'énergie renouvelable en environnement non coopératif
- Stockage de l'énergie
- Sécurisation des filières d'approvisionnement, écoconception, procédés alternatifs durables

Crédits photos :

ARNAUD BACH, PROJET ANR ASTRID H2E CAP

BIOLOGIE & BIOTECHNOLOGIES

LE DOMAINE

Il couvre :

- Les risques Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique (NRBC) actuels et émergents d'origine provoquée, accidentelle ou naturelle
- Des recherches en biologie qui contribuent à améliorer la santé du militaire en opération. Ces travaux devront se positionner en complément des développements civils existants et porter sur des spécificités liées à l'environnement militaire

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

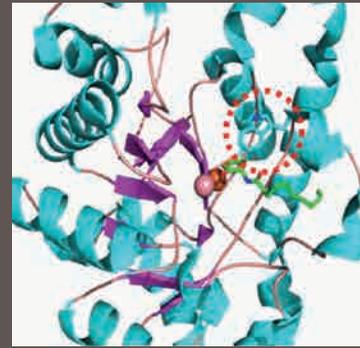
RISQUES NRBC

- Analyse et modélisation des risques
 - connaissance et caractérisation des agents RBC
 - outils de modélisation-simulation et de prédiction des risques
- Alerte, détection, identification
 - technologies multiplexes, rapides, sensibles, spécifiques et portables : systèmes intégrés miniaturisés, sur tenue, portatifs, de terrain ; nouvelle technologie de séquençage ADN miniaturisée
 - collecte, conservation et préparation d'échantillons complexes
 - identification et caractérisation d'agents émergents
 - conservation de matériels biologiques et réactifs à température ambiante
- Protection, décontamination
 - décontamination douce (phages, biologie de synthèse, nanoparticules, techniques physiques...)
 - maîtrise/modélisation des mécanismes physico-chimiques toxique-média filtrant
- Filière de la preuve
 - séquençage haut débit appliqué à l'analyse de traces d'ADN
 - analyse de traces d'agents chimiques et toxines à partir d'échantillons cliniques ou environnementaux
- Contre-mesures médicales
 - diagnostic précoce (bio marqueurs d'exposition)
 - risque infectieux (antimicrobiens à large spectre)
 - décorporation des actinides (uranium)
 - prévention et traitement des intoxications par organophosphorés (séquelles neurologiques à long terme)

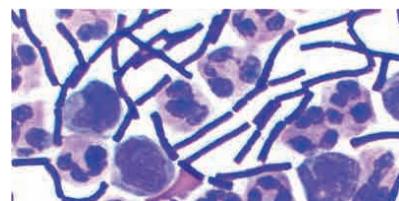
SANTÉ DU MILITAIRE EN OPÉRATIONS :

- Réparation tissulaire et osseuse (ingénierie/thérapie cellulaire)
- Toxicologie liée aux activités défense
- Médecine d'extrême urgence (choc hémorragique, oxygénation, technologies de la transfusion)

Caractérisation structurale d'une enzyme bio épuratrice contre des neurotoxiques organophosphorés



Modifications morphologiques des cellules de *Pseudomonas aeruginosa* (gauche) induites par les traitements par des antibiotiques (ticarcilline au centre et tobramycine à droite)

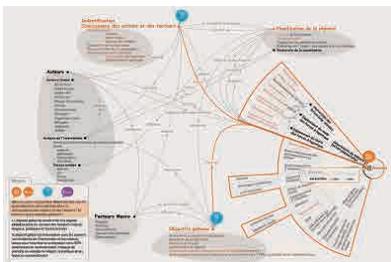
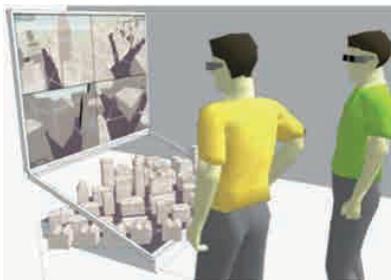


Bacillus anthracis (agent du charbon)



Maquette d'automate léger et rapide pour la détection d'agents pathogènes - RAPID DRAP

Crédits photos- DE HAUT EN BAS :
PR ÉRIC CHABRIÈRE - UNIVERSITÉ AIX-MARSEILLE,
THÈSE C. FORMOSA LAAS, GENEVAVE



Légende des illustrations :

Projet de visualisation 3D et d'interaction pour les systèmes C2

HOMMES & SYSTÈMES

LE DOMAINE

Le domaine recouvre :

- La protection de l'Homme, cognitivement, mentalement et socialement vulnérable
- Les nouveaux concepts permettant d'améliorer l'apprentissage, les processus d'ingénierie, les espaces de travail, l'efficacité des interactions et du travail collaboratif
- L'ensemble des sciences humaines et sociales (SHS) en résonance avec les systèmes de défense ou les besoins capacitaires

La recherche en SHS est une composante forte du domaine. Par des résonances à identifier et construire, les SHS doivent permettre de créer des nouveaux concepts et paradigmes, pour l'ingénierie système, pour les "big data", les interactions et les décisions en environnement complexe et dynamique. La prise en compte de ces couplages permettra de bâtir les systèmes autrement que seulement guidés par l'habitude, les techniques ou par les infrastructures.

THÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES PRIORITAIRES

- Le monitoring des activités cognitives et des interactions des opérateurs entre eux ou avec des éléments techniques pour des modes de contrôle-commande innovants (partage d'autorité, initiative mixte)
- L'amélioration des processus, moyens et usages des interactions Homme-Homme et Homme-systèmes
- Les nouvelles formes de travail individuel et collaboratif dans les grands systèmes sociotechniques (monitoring, analyse, modélisation, simulation, entraînement formation, aides au décideur, débat, réseaux sociaux...)
- Les rapports de l'Homme et de l'information complexe et massive (perception, représentation, interaction, aide à la décision, fouille de données)

Une meilleure exploitation de la connaissance latente dans les grandes masses de données de type "big data" sera recherchée, en lien avec le domaine I2R, via des concepts innovants d'interactions, de traitement, d'analyse et de représentation. Ces travaux seront enrichis par les sciences humaines et sociales (épistémologie, théories de la décision et de la connaissance, éthique, aspects juridiques...)

ENVIRONNEMENT & GÉOSCIENCES

LE DOMAINE

Le domaine *Environnement et géosciences* est défini pour répondre aux besoins militaires pendant la conduite d'opération ou en phase de planification de mission. Le fonctionnement et les performances de nombreux systèmes électroniques, tels que capteurs ou moyens de communication étant fortement conditionnés par l'état de l'environnement, il est particulièrement pertinent de caractériser celui-ci et de prévoir son évolution spatio-temporelle. Elaborer une image de l'environnement exploitable, donc synthétique, fidèle et fiable, implique la connaissance des milieux (acquisition de données, qualification et interprétation, restitution), leur modélisation ainsi que la compréhension des phénomènes physiques. Le domaine se décline en thématiques scientifiques pour les trois compartiments du « système terre » : océan, continent, atmosphère, tout en gardant à l'esprit les interactions entre eux.

THÉMATIQUES PRIORITAIRES

■ OCÉAN

- Fonds marins : gravimétrie et géomagnétisme pour la bathymétrie, géo-acoustique, cartographie, sédimentologie
- Colonne d'eau : turbidité, température, salinité
- Surface : houle, états de mer, tourbillons, courants, marées, altimétrie, glaces, température
- Impact des activités opérationnelles sur la faune et flore
- Connaissance du littoral

■ CONTINENT

- Nature, humidité, absorption, écoulements des eaux, portance, rugosité des sols
- Connaissance de l'environnement caché : sous canopée, sous pont, sous tunnel, sous-sol

■ ATMOSPHÈRE

- Météorologie solaire, impact des radiations ionisantes et neutres sur les équipements électroniques
- Météorologie et physique de l'atmosphère : turbulences, vents, cyclones
- Formation et dissipation des nuages précipitants et des brouillards
- Phénomènes électriques (foudre, orages)
- Transport des aérosols (cendres volcaniques, sables, aérosols marins...) ou gaz
- Dérèglement climatique et risques associés

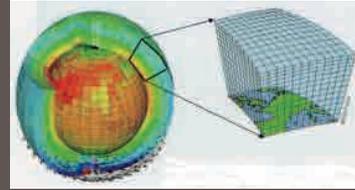


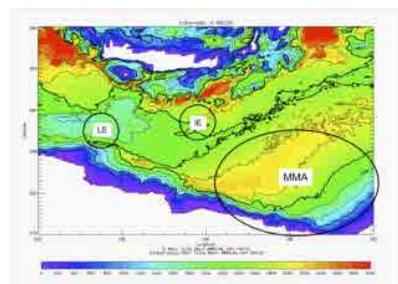
Illustration de la « descente d'échelle » obtenue par le logiciel AROM de Météo-France



Station Météo HOBO – Onset installée sur l'île de Quéménès



Enregistreur « Wildlife Acoustics » et son bâti (hydrophone destiné à détecter et à localiser les sources d'origine anthropique ou animales)



Visualisation de la salinité et de la vitesse des courants le 25 avril 2006 à 30 m de profondeur d'après une simulation de MED36 (Outil Météo-France)

Crédits photos- DE HAUT EN BAS :
MÉTÉO-FRANCE, ERWAN AMICE - CNRS,
JÉRÔME MARS, GIPSA LAB,

ALEXANDRE STEGNER, LMD ÉCOLE POLYTECHNIQUE

ANNEXE

POUR PLUS D'INFORMATIONS : DES ADRESSES ET CONTACTS UTILES

En complément du présent document, un certain nombre d'informations complémentaires peuvent être trouvées sur le site Ixarm du ministère de la défense à l'adresse suivante :

<http://www.ixarm.com> (voir les rubriques "innovation" et "espace PME")



Pour tout complément d'informations sur le présent document, vous pouvez écrire à l'adresse suivante :

dga-ds.questions-orientation-S-et-T.fct@intradef.gouv.fr



▶ www.defense.gouv.fr/dga



7 rue des Mathurins - 92 221 Bagneux Cedex - France
Tel. : +33 (0)1 46 19 50 00 - Fax : +33 (0)1 46 19 50 01