



# **L'armement du futur : pression sur la recherche**

*Présence militaire dans le secteur des nanotechnologies*

**Antonin Reigneaud**

*Juin 2006*

## Introduction

### **Les nanotechnologies, une nuisance au progrès de l'homme ? Où le détournement de la recherche à des fins militaires...**

Les nanotechnologies vont révolutionner le monde de l'armement dans les prochaines années. Miniaturisation, intégration de l'homme aux systèmes d'armes, robotisation, tout est fait pour rendre le matériel militaire plus performant. Le soldat deviendra alors un des éléments du système d'arme, il ne sera pas ainsi équipé mais « intégré » comme, par exemple, dans le système-combattant FELIN. L'homme ne sera plus ainsi le seul décideur...

Le Fantassin à liaison intégrée (FELIN) est le soldat français de demain (les premiers systèmes seront livrés à partir de septembre 2006). Bourré de microélectronique, de capteurs, senseurs, de fibres nano-structurées, de vêtements de camouflage actif à absorption des ondes lumineuses.

La plupart de ces innovations technologiques sont le fait de sociétés privées comme *Sagem DS* ou *ST Microelectronics*, qui est le leader mondial des semi-conducteurs et des systèmes sur puce. Mais, pour conduire leurs recherches, les entreprises ne peuvent se passer des recherches amont faites par les organismes publics comme le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) ou le CNRS...

Cette réalité a été bien comprise par la DGA (Délégation générale pour l'armement) qui investit chaque année de plus en plus dans le privé. C'est donc le plus en amont possible que le ministère de la Défense tente d'exploiter les applications potentielles de ces technologies, comme le montre ce nouveau rapport, réalisé par Antonin Reigneaud, diffusé par l'Observatoire des transferts d'armements : « ***L'armement du futur : pression sur la recherche. Présence militaire dans le secteur des nanotechnologies*** »

Le pôle MINATEC — inauguré le vendredi 2 juin 2006 à Grenoble — est le premier exemple d'un complexe dédié aux technologies du futur, en grande partie financé par le ministère de la Défense. En effet, derrière la soit disant recherche civile, se cache une vulgarisation de la recherche à des fins sécuritaires (micro puce, microdrônes de surveillance) et militaires (drône de combat, intégration dans le corps du soldat de puces pour renforcer ses capacités physiques). Cette militarisation de la science se retrouve également avec le laser mégajoule dont les applications participeront à la fabrication d'ogives nucléaires.

Ainsi derrière ce financement militaire, se pose la question de la liberté de la recherche et de sa responsabilité dans les conflits actuels et futurs.

#### **CONTACT :**

Observatoire des transferts d'armements/CDRPC, 187, montée de Choulans, 69005 Lyon.

Tél. 04 78 36 93 03 • courriel : [cdrpc@obsarm.org](mailto:cdrpc@obsarm.org) • Internet : [www.obsarm.org](http://www.obsarm.org)

## ***PREMIÈRE PARTIE***

### **QUI PENSE L'ARMEMENT DU FUTUR ?**

# LA DÉLÉGATION GÉNÉRALE POUR L'ARMEMENT (DGA) :

## PREMIER ACTEUR

### DANS LE DÉVELOPPEMENT DE L'ARMEMENT FUTUR

**La DGA est le premier investisseur de l'État.** Chaque année, de l'ordre de onze milliards d'euros sont investis par elle pour financer les activités de recherche et développement de nouveaux équipements militaires, ainsi que l'acquisition et le soutien de tous les matériels ou logiciels destinés à être mis en œuvre par les armées.

#### En chiffre

En 2004, la DGA employait 17 979 personnes, dont environ 15 000 civils, et conduisait 77 programmes d'armement. Elle a passé 9,9 milliards d'euros de commandes à l'industrie.

La DGA est une direction du ministère de la Défense, elle doit agir dans le but « *d'assurer la défense ultime des intérêts vitaux de la Nation contre toute menace quelle qu'en soit l'origine, la défense des intérêts stratégiques du pays ainsi que ceux correspondant à ses responsabilités internationales et à sa position dans le monde* ».

Elle a deux missions :

- équiper les forces armées : **piloter la réalisation des matériels militaires, les acquérir, les évaluer et les tester ;**

- préparer l'avenir : **imaginer les futurs possibles, garantir la disponibilité des technologies et des savoir-faire.**

**Elle présente bien plus le caractère d'une administration chargée d'études et de recherches que d'une force armée.**

#### Anticiper...

Les agents de la DGA travaillent en relation très étroite avec les états-majors, depuis l'identification des besoins futurs jusqu'au suivi de la satisfaction des militaires. Pour imaginer les systèmes d'armes futurs, la DGA se projette à trente ans. Naturellement, il n'est pas possible de prévoir l'avenir à cet horizon. En revanche, il est possible de formuler des hypothèses, sur la base d'analyses géostratégiques, militaires ou technologiques, et d'en déduire des scénarios pour le futur. Ces scénarios sont actualisés chaque année et guident l'ensemble des travaux de préparation de l'armement.

#### ... et faire les bons choix

La DGA pilote les actions de recherche pour pouvoir disposer des technologies nécessaires à la réalisation des futurs armes. Pour cela, les technologies clés sont identifiées : celles qu'il est indispensable de maîtriser dans le futur pour pouvoir être en mesure de lancer alors la réalisation des armements qui apparaîtront nécessaires.

**Aujourd'hui, la DGA prépare le modèle de l'armée 2015**, modèle introduit par la loi de programmation militaire 1997-2002 avec comme objectif de « *permettre à la France de tenir son rang sur la scène internationale et d'être un acteur reconnu lorsque le recours aux forces armées s'avérera nécessaire* ».

Les recherches se concrétisent par la réalisation de démonstrateurs pour en tester et valider les résultats dans des conditions proches de la réalité.

## Une interface entre l'État et les industriels de l'armement

Une fois le besoin d'armement défini, la DGA établit le cahier des charges, orchestre l'appel d'offre et la mise en concurrence des industriels pour trouver le meilleur fournisseur. La relation commerciale public/privé est particulière : la DGA doit faire primer les intérêts nationaux sur toutes autres considérations. Ainsi, **elle fait en sorte que la France puisse accéder en toutes circonstances aux capacités industrielles nécessaires à l'équipement des armées.**

Au niveau européen, la DGA travaille à la constitution d'une industrie européenne de l'armement.

### Interopérabilité

L'interopérabilité est le fait que plusieurs systèmes, qu'ils soient identiques ou radicalement différents, puissent communiquer sans ambiguïté et opérer ensemble. La loi de programmation militaire 2003-2008 appuie fortement sur ce point, dans le cadre d'alliance et de coopération européenne

### Europe de la Défense

La DGA coordonne les exportations d'armement, les programmes avec les partenaires étatiques de la France et la coopération française au sein de l'Europe.

Au service de « l'Europe de la Défense », la DGA favorise aujourd'hui une quinzaine de programmes d'armement en coopération et contribue au développement de l'Agence européenne de Défense (AED).

L'interopérabilité des forces françaises avec les armées européennes est un des principaux enjeux.

## SOURCES

- *Encyclopédie Wikipédia* : <http://fr.wikipedia.org>

- *Site Internet de la DGA* : [www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/presentation\\_de\\_la\\_dga](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/presentation_de_la_dga)  
et : [www.defense.gouv.fr/sites/dga/enjeux/recherche\\_et\\_prospective/plan\\_prospectif\\_a\\_30\\_ans/la\\_reflexion\\_prospective/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/enjeux/recherche_et_prospective/plan_prospectif_a_30_ans/la_reflexion_prospective/)

# CONCEPTUALISATION DE L'ARMEMENT FUTUR

## LE PLAN PROSPECTIF À 30 ANS (PP30)

Le PP 30 « est l'instrument principal de l'identification des besoins et de l'orientation des recherches de défense » (1)

### Une méthode d'appréhension de l'avenir

La loi de programmation militaire 2003-2008 a confirmé les orientations prises sur le modèle d'armées 2015, décidé en 1997. Cependant, la durée des programmes d'armement et les délais d'accès aux technologies futures rendent indispensable à la DGA de se projeter au-delà de l'horizon 2015.

Chaque année, une collaboration de cadres inter-armées produit et actualise le Plan prospectif à 30 ans. Ce rapport est le fruit d'une réflexion confrontant : une analyse géostratégique du monde ; la perception des futurs besoins militaires tenant compte des grandes tendances observées ; et une vision des évolutions possibles des technologies. En sont déduits les futurs systèmes d'armement envisageables, sous la forme d'équipements et de modes d'action. Cela permet de définir les actions de recherche indispensables à l'acquisition des technologies nécessaires pour leur développement.

Les résultats obtenus structurent l'action du ministère de la Défense et sert également d'instrument de dialogue avec les industriels et les partenaires étrangers.

#### **Une version publique du PP30**

Pour la première fois, en 2005, le ministère de la Défense sort une version publique du PP30, afin de mieux faire partager les grandes orientations et les perspectives de la Défense.

Les éléments présentés ci-dessous sont soit des extraits, soit des résumés partiels de cette version publique, consultable sur le site Internet de la DGA (2).

### L'avenir de la Défense

#### **Lecture de la géopolitique mondiale**

##### **« Analyse stratégique »**

Parallèlement aux progrès de la mondialisation, les disparités de développement économique et de répartitions des richesses pourraient, si elles s'accroissent, alimenter des frustrations. Une augmentation du nombre de situations conflictuelles, susceptibles de dégénérer en conflits de plus ou moins grande importance, pourrait alors résulter de ces disparités croissantes : différentiels de niveaux de vie, inégalités dans la répartition des ressources naturelles (eau, hydrocarbures, ressources agricoles, matières premières...) ou économiques (fréquences radio, positions géostationnaires...).

L'interprétation hégémonique du comportement des pays riches, en matière commerciale ou en matière d'environnement et de pollution, peut conduire certains groupes à une contestation radicale de l'économie libérale et de la mondialisation. Ces interprétations de la modernité peuvent, notamment si elles s'appuient sur des ressorts religieux, conduire à des comportements violents et alimenter le terrorisme.

La montée des potentiels militaires, la prolifération NRBC (nucléaire, radiologique, biologique et chimique), la prolifération des armes balistiques, des missiles tactiques et de croisière et, dans un autre registre, celle des armes de petit calibre, l'utilisation d'objets technologiques comme armes par destination (avions civils, par exemple), et la diffusion des savoir faire techniques multiplient les facteurs de risques pesant sur nos sociétés occidentales.

Il faut remarquer que la diffusion spectaculaire des technologies de l'information, mais ce ne sont pas les seules, et la concentration des populations dans de vastes zones urbaines accroît la vulnérabilité de nos sociétés. Les menaces non strictement militaires y trouvent des opportunités de plus en plus nombreuses de s'exercer en neutralisant les centres de décision, en agissant sur les différents réseaux de distribution et de communications, ou encore en agissant directement sur les opinions publiques par l'intermédiaire des nouvelles technologies.

En ce qui concerne les acteurs étatiques :

Les États-Unis, par leur puissance militaire et économique aujourd'hui sans équivalent, constituent le point de référence par rapport auquel se construit tout effort stratégique. Pour contenir l'émergence et l'expansion de « *peer competitors* » potentiels, ils devront maintenir dans la durée leur supériorité économique, technologique et militaire. Cette hyper puissance peut susciter également des réactions d'hostilité susceptibles à terme de faire évoluer les rapports de forces.

La Chine, devrait acquérir la stature d'un acteur mondial de premier plan. En attendant, la montée en puissance militaire du pays l'autorisera à jouer un rôle régional déterminant dans le triangle nucléaire Chine/Inde/Pakistan, où elle devra cependant compter avec l'Inde, qui affiche une ambition fondée à devenir une grande puissance.

Pour la Russie, il est peu probable, au moins dans les deux décennies à venir, et malgré les enjeux pétroliers d'Asie centrale, qu'elle soit la source de crises internationales majeures.

Quant à l'Europe, son évolution va dépendre de trois facteurs majeurs : le redéploiement stratégique des États-Unis en direction de l'Asie, les rapports entre rive Nord et rive Sud de la Méditerranée et sa capacité à intégrer les diverses étapes de l'élargissement.

Enfin le rôle de certains acteurs régionaux, dans les pays d'Asie et du Moyen-Orient par exemple, sera également déterminant pour l'équilibre de l'ensemble européen, et même du monde.

### **Types de menaces perçues**

S'appuyant sur cette vision du monde, le rapport met en avant une diversification de la nature des risques et menaces auxquels la Défense devra faire face. Il est notamment question de la variété des formes de conflits, depuis la lutte contre les organisations criminelles au combat de forte intensité en passant par la maîtrise de la violence.

Ce sont aussi les types d'agression qui évoluent : la possibilité d'attaques informatiques généralisées, l'utilisation d'actions psychologiques pour atteindre le moral des combattants comme l'utilisation par l'adversaire de boucliers humains ou de détournement, structurent les nouvelles façons de penser la guerre.

## Évolution du cadre de la guerre

Parallèlement, le PP30 liste plusieurs évolutions qui risquent d'influer considérablement sur les façons de faire la guerre dans le futur.

L'interdépendance grandissante des intérêts nationaux avec ceux d'autres États pousse à envisager des actions militaires de coalitions : les actions nationales indépendantes devraient donc être plus rares, au profit de logiques régionales.

La présence d'observateurs (ONG, médias...) ou de milices et sociétés militaires privées, combinée avec la nature diplomatique de l'action militaire fait peser de nouvelles contraintes, notamment vis-à-vis de l'opinion publique. Le rapport prend note de la nécessité de composer avec cette opinion publique qui a pour volonté d'économiser les vies humaines et de limiter la force à un niveau de stricte suffisance.

### En chiffre

- L'étude « **Analyse stratégique** » bénéficie d'un budget de 4,57 millions d'euros.

- L'étude « **Prospective des systèmes de forces** » bénéficie elle de 40,8 millions d'euros de budget, les dépenses de personnel mobilisant 16,9 millions d'euros.

### Des nouvelles capacités sont donc à développer Réflexion par « systèmes de force »

Face à ces considérations, de nouveaux besoins apparaissent. Ces besoins, traduits en capacités à acquérir par les armées, sont étudiés au sein du ministère de la Défense qui a défini pour cela cinq « systèmes de forces » rationalisant les activités militaires :

- Dissuasion
- Commandement et maîtrise de l'information
- Projection - Mobilité - Soutien
- Engagement - Combat
- Protection - Sauvegarde

Il apparaît, après avoir exprimé point par point les besoins spécifiques à chaque système de forces en tenant compte des analyses géostratégiques et des grandes tendances observées, que quatre principes se détachent :

**La globalité, l'adaptabilité, la complémentarité et la réactivité.**

**La modernisation de la doctrine de la Défense s'articule autour de ces quatre principes. Ils définissent le futur des armées, leurs équipements comme leur organisation.**

### Modernisation : prospective technologique de la DGA

Par son travail de veille technologique au sein de tout le réseau de recherche scientifique français, dans les secteurs privé et publique, mais aussi au regard de ce qui est fait à l'étranger, la DGA recherche à être au fait constant de toutes les innovations et avancées technologiques susceptibles d'être utilisées pour la modernisation des systèmes de force.

Après avoir identifié des technologies répondant à ses attentes, des démonstrateurs les intégrants sont mis en place, sortes de tests grandeur nature permettant de valider tel ou tel nouveaux matériels pour ensuite passer à la production industrielle.

### Expertise et démonstrateurs

La DGA comprend en son sein les activités d'essais et d'expertise des matériels et technologies militaires. Ainsi, dispersés sur toute la France, des centres d'essais interviennent dans les tests des technologies de pointe, que ce soit dans le domaine aéronautique et missiles (Centre d'essais en vol des bases d'Istres, Bretigny, Cazaux et Toulouse, Centre d'essais de lancement de missiles des sites de Biscarosse, des îles du levant et de Gâvres, le Centre d'expertise LRBA de Vernon), électronique, informatique et sécurité des systèmes d'informations (CELAR à Rennes, CTSN à Toulon...).



## Quelle offre technologique pour quel type d'armement ?

### Grandes tendances susceptibles de marquer l'armement

La DGA liste certaines évolutions technologiques qui structureront l'avenir de l'armement :

<b>La miniaturisation</b> : le développement de micro et nano systèmes devrait permettre le développement d'architectures innovantes de systèmes d'armes.	<b>La robotisation</b> : dans le but d'épargner les vies humaines, les efforts pour rendre les systèmes de plus en plus autonomes seront poursuivis (robots terrestres, drones...).
<b>La conception de métasystèmes</b> : l'interconnexion généralisée de systèmes (de communication, d'information, de décision...) conduira à développer des systèmes de systèmes, à l'image du concept d'opérations réseaux-centrées.	<b>L'électrification</b> : la tendance est la généralisation du recours à l'électricité pour toutes les fonctions des systèmes d'armes ; nécessitant des progrès importants dans le domaine de la génération et du stockage de l'énergie.
<b>Le recours généralisé aux technologies numériques</b> : il permet d'étendre le domaine des techniques informatiques avec le développement de fonctions de reconfiguration automatique du signal numérique et de résistance aux pannes.	<b>L'intégration de l'homme</b> : à terme, le soldat fera partie du système, grâce à des capteurs et des calculateurs intégrés au plus près de lui et des sources d'énergie miniaturisées (mariage des biotechnologies et des nanotechnologies, prothèses sensorielles...).
<b>La mise en réseau</b> : la généralisation des communications sans fils (type Wi-Fi) aura un fort impact sur la gestion des fréquences radios et sur leur sécurité (lutte informatique défensive, technique de cryptage...).	<b>Le recours accru à l'espace</b> : les spécificités de l'espace (invulnérabilité, couverture mondiale, utilisation en toute souveraineté sans enfreindre le droit des États) en accentuent l'intérêt.

À ces tendances correspondent deux domaines identifiés comme stratégiques :

### Les bio et nano technologies

Ces deux domaines attirent spécialement l'attention de la DGA qui souligne l'importance de ces technologies comme source forte d'innovation. Les ruptures technologiques et évolutions qu'elles promettent s'intégreront donc dans les futurs programmes d'armement. D'ors et déjà, de nombreuses applications intéressant la Défense sont perçues.

[NDR] Dans le jargon scientifique est utilisé un terme générique pour évoquer ces deux technologies de pointe, les **nanobiotechnologies**.

La caractéristique majeure des nouvelles technologies en est la convergence dans le monde de l'infiniment petit : il est de plus en plus dur d'isoler telle ou telle technologie comme technologie à part entière.

## Nanotechnologie

La nanotechnologie est l'ensemble des techniques visant à produire, manipuler, et mettre en œuvre des objets et des matériaux à l'échelle du nanomètre, soit  $10^{-9}$  mètre. Il s'agit donc de manipuler directement les atomes.

## Intérêt des nanotechnologies pour la DGA :

- Allègement et diminution de la vulnérabilité du matériel, par l'utilisation de matériaux plus légers, plus résistants et « intelligents » ;
- Développement de matériaux énergétiques innovants ;
- Augmentation des performances humaines via des systèmes de surveillance physiologique ou par l'intégration de microsystèmes biologiques ;
- Amélioration de la maîtrise de l'information par l'utilisation accrue de capteurs abandonnés (capteurs de détection, d'acquisition et de traitements des informations...) ;
- Robotisation accrue sur le champ de bataille ;
- Amélioration des soins médicaux en collaboration étroite avec le domaine des biotechnologies : sang artificiel, traitement des brûlures, biomatériaux, neuroprotection...

Ainsi, le domaine des nanotechnologies offre un spectre d'applications qui s'étend à la quasi-totalité des domaines techniques.

## Intérêt des biotechnologies pour la DGA :

## Biotechnologie

Les biotechnologies, sont le mariage entre la science des êtres vivants - la biologie - et un ensemble de techniques nouvelles alliant ainsi de nombreuses autres disciplines telles que la microbiologie, la biochimie, la génétique, la biologie moléculaire, l'informatique.

- Des capteurs incluant des molécules biologiques (biocapteurs) sont actuellement à l'étude et devraient déboucher à court terme sur des applications de détection d'agents biologiques.
- Les technologies de synthèse de molécules « bio inspirées » ou « biomimétiques », encore du domaine du laboratoire, offrent des perspectives intéressantes, pour des applications comme la décontamination des équipements et l'élimination des produits neurotoxiques, les adhésifs d'origine biologique, les peintures marines anti-salissures, les fibres de haute résistance (soies d'araignée), les matériaux pour le blindage...
- Par ailleurs, l'électronique biomoléculaire pourrait conduire, à moyen ou long terme, à la conception de nouveaux composants électroniques basés sur des structures moléculaires tridimensionnelles (mémoires 3D). De même, l'optoélectronique pourrait bénéficier de progrès dans ce domaine, avec le développement de mémoires holographiques basées sur des molécules biologiques photosensibles.
- À plus long terme, on peut espérer simuler le comportement naturel de certains invertébrés pour piloter des essaims de microdrones de reconnaissance ou offensifs.
- Enfin, sur le long terme, des ordinateurs utilisant la structure de la molécule ADN comme support d'information pourraient être mis à contribution pour résoudre des algorithmes complexes.

- Au-delà du développement de nouveaux moyens thérapeutiques et préventifs, des applications sont envisageables pour l'amélioration des performances du combattant et pour sa protection. On citera les neuroprothèses, les exosquelettes, les biosources d'énergie...

### **Un rapprochement civil/militaire**

Pour conduire ses programmes, la Défense souhaite que l'ensemble des domaines cités tire parti de la dualité civilo-militaire. Compte tenu du niveau technologique de plus en plus élevé des produits civils, et de leur courte durée de développement au regard de celle des produits militaires, le domaine civil est aujourd'hui souvent moteur dans l'innovation. C'est donc le plus en amont possible que la Défense devra exploiter les applications potentielles de ces technologies, afin d'obtenir des performances accrues, des réductions de coûts et de délais, tout en garantissant la disponibilité des meilleures technologies du moment.

Parallèlement, le rapport fait état d'une modification de la problématique de la prolifération. L'utilisation croissante de technologies civiles dans les systèmes militaires nécessite donc une adaptation des moyens de la combattre.

### **NOTES**

(1) Paragraphe : *Le plan prospectif à 30 ans* du rapport fait au nom de la commission des finances, de l'économie générale et du plan, sur le projet de loi de finances pour 2006, à l'Assemblée nationale le 12 octobre 2005.

Consultable sur : [http://www.assemblee-nationale.fr/12/budget/plf2006/b2568-09.asp#P179\\_7940](http://www.assemblee-nationale.fr/12/budget/plf2006/b2568-09.asp#P179_7940)

(2) Synthèse du Plan prospectif à 30 ans consultable sur le site Internet de la DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/defense/enjeux\\_defense/politique\\_de\\_defense/objectifs/synthese\\_du\\_plan\\_prospectif\\_a\\_30\\_ans?\\_&ispopup=1](http://www.defense.gouv.fr/sites/defense/enjeux_defense/politique_de_defense/objectifs/synthese_du_plan_prospectif_a_30_ans?_&ispopup=1)

## **CONCLUSION**

### **DE LA PREMIÈRE PARTIE**

Par son travail de prospective, la DGA fait des avancées et ruptures que les nanobiotechnologies promettent un élément constitutif des futurs envisageables pour l'armement. Intégrées à ses programmes, leur maîtrise se pare de l'enjeu stratégique. Mais cette maîtrise semble impossible par les seuls militaires, qui souhaitent pour cela se placer le plus en amont possible de la recherche civile.

Comment cela se concrétise-t-il dans le tissu de la recherche en France ? Et au-delà, un rapprochement militaire/civil ne se fait pas sans conséquences. La Défense identifie déjà une modification des problématiques de prolifération due à l'utilisation accrue de technologies civiles dans le militaire. Mais la question de l'orientation des recherches qui peut être donnée par les militaires au contact du civil n'est pas posée.

En effet, il est difficile de savoir à quel point « l'offre technologique » française est ou sera influencée par le positionnement en amont de ceux-ci. Par répercussion, c'est dès l'amont que la définition de la nature des recherches, civile, militaire ou duale, se fait.

Le rôle des industriels n'est pas à négliger. Leur secteur de R&D ainsi que le poids de leur spéculation entrent aussi en jeu dans ces problématiques.

### **Orientation de la démarche**

De quel armement parle-t-on ? Aux grandes tendances évoquées dans le PP30, nous tenterons de faire correspondre certains projets militaires. Plus que l'image réelle de l'activité de la DGA, le but recherché est d'en avoir un aperçu concret pour pouvoir donner suite au contenu de ce plan :

La Bulle opérationnelle aéroterrestre (BOA) illustre la « mise en réseau », ou de façon globale comment les armées françaises s'organiseront dans le futur par « méta-système ».

Le recours généralisé aux technologies numériques et le nouveau concept d'intégration de l'homme dans son système d'arme s'illustre de la meilleure façon par le projet du FELIN.

Enfin, l'évolution des drones, de nos jours aux projets les plus lointains, permet d'identifier la tendance à la miniaturisation et à la robotisation évoquée par la DGA. Le nano drone libellule donnera lui naturellement du contenu à un vocabulaire comme le biomimétisme.

NDR : La prise d'information est faite par la consultation de sources ouvertes. Les informations tirées des sites de la DGA, des industriels de l'armement, des laboratoires scientifiques et du gouvernement permettent par recoupement de se faire une idée suffisamment claire pour être exposée ici, mais reste bien en deçà de la réalité.

*DEUXIÈME PARTIE*

**QUEL ARMEMENT POUR LE FUTUR ?**

**TROIS PROJETS DE LA DGA**

# LA BULLE OPÉRATIONNELLE AÉROTERRESTRE (BOA)

## RÉSEAU DES RÉSEAUX

« Nous assistons aujourd'hui, dans les domaines de la stratégie et de la défense, à une tendance lourde : tout savoir, sur tout objet, à tout moment, où qu'il se trouve.

**Omniscience, omniprésence, omnipotence. »**

M. Xavier PASCO, chargé de recherche à la Fondation pour la recherche stratégique (FRS), illustrant la doctrine militaire française devant le Sénat, le 20 juin 2002 (1).

### Le concept de BOA

#### Réseau des réseaux

C'est dans la continuité de cette tendance que Madame la ministre de la Défense a annoncé pendant l'exposition internationale d'Eurosatory 2004 le lancement du démonstrateur de la Bulle opérationnelle aéroterrestre (BOA).

La BOA est l'application française du *Network Centric Warfare* (NCW) anglo-saxon, ou **la mise en place d'un réseau numérique d'information et de communication « temps réel »** auquel serait branché le simple soldat comme l'état-major.

Le principe essentiel repose sur une mise en réseau de capteurs de tous types dédiés au renseignement qui faciliteront l'action combinée de l'ensemble des armées (hommes, véhicules, satellites, drones). Ceux-ci pourront à la fois communiquer, observer, renseigner avec une connaissance accrue du terrain en s'appuyant sur les technologies existantes (communication sans fils) et sur de nouvelles à développer.

Le processus militaire peut se décomposer en différents systèmes : renseignement, décision, action. Ces systèmes bénéficient chacun de réseaux spécifiques. Reliés autour d'une coordination centrale, tous ces niveaux de réseaux s'articuleront ensemble pour donner à chacun le maximum d'information.

Concernant à la fois les aspects offensif et défensif de la logique militaire, ce réseau des réseaux sera présent sur le sol français et hors de celui-ci.

**Sa mise en place complète est prévue à l'horizon 2025.**

#### Système de forces C3R

La logique interne de la constitution d'une BOA est concrétisée dans la conceptualisation du système de force C3R élaboré par la défense : commandement, conduite, communications et renseignement.

Le rôle de ce système est la maîtrise de l'information et sa protection vis-à-vis de l'adversaire. Cette maîtrise de l'information recouvre le recueil, le traitement, la diffusion et le stockage des informations nécessaires au niveau politique jusqu'aux commandements sur le terrain (données, textes, images, sons...).

#### Coordination du renseignement : numérisation du champ de bataille

Les informations issues des satellites, des drones, et du combattant par l'intermédiaire de la visée de son arme, ainsi que les données relevées par les réseaux de capteurs, par les radars et autres engins robotisés seront retransmises sur différents réseaux puis recoupées pour former une « image » du champ d'opération.

**Projet BOA**  
Pour plus d'information sur le projet BOA, il est utile de consulter le dossier de presse *Projet BOA* (2) édité par la DGA en juin 2002 ainsi que le travail sur la guerre en réseau de Thierry Duquesne. Un film d'animation sur la Boa réalisé pour Thales est disponible (3).

Les relevés de positions ennemie et ami, les relevés chimique et biologique du terrain, ou encore des traces d'explosif pourront apparaître sur des cartes numérisées embarquées par les soldats et dans les véhicules.

#### **Wi-Fi Ultra Wide Band (UWB)**

Le Wi-Fi (Wireless Fidelity) est une technologie de réseau informatique sans fil, mise en place pour fonctionner en réseau interne et, depuis, devenue un moyen d'accès à haut débit à Internet.

La technologie UWB est dix fois plus rapide que celle du Wi-Fi, consomme moins d'énergie et supporte plus de spectres de fréquence. Il permettrait une meilleure qualité pour la diffusion en direct de fichiers vidéo et audio.

La technologie UWB, utilisée à l'origine par l'armée américaine pour les radars et les outils de surveillance, a la capacité de traverser les objets physiques. Parmi les exemples d'utilisation figurent la détection d'objets à travers les murs ou la localisation de victimes sous des décombres.

#### **Un nouvel Internet tactique**

Les ondes hertziennes Wi-Fi « Ultra Wide Band » seront les voies privilégiées pour le transport de l'information. Au sein de ce nouvel Internet, elles permettront une rapidité de transmission créant de nouvelles possibilités tactiques.

**La notion de tir « au-delà de la vue directe » apparaît :** la détection et localisation précise de la cible par l'intermédiaire de capteurs déportés, ainsi que la transmission d'images en temps réel rendent possible le guidage à distance d'une munition.

Un blindé léger pourra **visualiser une cible cachée par des aspérités** du terrain et l'atteindre sans s'exposer.

Les soldats agiront avec **l'image du champ de bataille reconstituée** sur l'écran d'un ordinateur type PDA (Personal Digital Assistant) ou directement visualisable sur l'écran de leur casque, dans le cas du FELIN. La notion de « tir déporté » est développée : grâce aux viseurs/caméras numériques des FAMAS FELIN, le combattant n'aura pas à s'exposer lors de tirs pour autant précis.

L'utilisation de certains appareils robotisés sera rendue possible par la transmission vidéo à haut débit : ces engins pourront être maniés à distances sur des écrans de contrôle portables.

Les drones et leur miniaturisation joueront un rôle important. Du renseignement au guidage laser en passant par le brouillage de radiocommunication ennemie. La miniaturisation des drones permettra d'en faire des outils transportables par le soldat (1,5 kg) pour leur utilisation sur le terrain, en milieu urbain tout particulièrement.

La BOA pourrait se résumer à **l'apparition en force d'un intermédiaire dans la guerre : le numérique**, qui permet d'atteindre l'ennemi par son image.

Les systèmes microélectronique deviennent une des caractéristiques principales de la constitution de la BOA, comme leur miniaturisation.

*« La confiance que l'homme doit pouvoir accorder à ces moyens est un facteur essentiel de leur efficacité. »*

M. François Magne, directeur-adjoint de la recherche du groupe Thales devant le Sénat (4).

#### **Un défi relevé dans les laboratoires et avec les industriels de l'armement**

Il s'agit pour la DGA de mettre en place les équipements nécessaires au passage de la théorie à la pratique. Du matériel électronique, aux puces et autres transistors, comme pour le textile ou les matériaux composites, **les problèmes constants de la miniaturisation et de l'intégration se posent.**

Le 14 juin 2004, les industriels Thales, Giat Industries et Sagem Défense Sécurité ont annoncé la création d'un consortium pour proposer à la DGA d'assurer la construction du prototype de l'architecture réseau de la BOA (5).

Le 8 décembre 2005, le consortium se voit notifier le marché de 129 millions d'euros sur sept ans pour les études relatives à la mise en place d'un démonstrateur BOA (6).

#### **Le démonstrateur de la BOA**

Le marché du démonstrateur BOA comprend la mise en place du premier Laboratoire technico-opérationnel (LTO) qui permet dans un environnement réaliste simulé (*battlelab*) de modéliser l'architecture du système.

Les besoins opérationnels sont définis en collaboration entre militaires et industriels.

Une étude est menée pour identifier les technologies appropriées pour finalement créer le démonstrateur des Technologies et architectures du combat aéro-terrestre info-valorisé au contact (TACTIC) qui sera l'outil test pour l'application réelle de la BOA.

Différentes étapes sont indépendamment prévues dans la mise en place progressive de la BOA. Nous pouvons d'ors et déjà évoquer une partie du nuage de projet de la Défense.

- L'élaboration du combattant du futur, le FELIN (Fantassin à équipement et liaisons intégrées), cœur du projet BOA, verra sa première version développée par Sagem Défense Sécurité disponible fin 2006 (7).
- L'EBRC (Engin blindé à roues de contact) devrait être opérationnel en 2011.
- La période 2003-2008 verra l'acquisition du système de drone MALE (Moyenne altitude longue endurance). Les micros drones MEMS (Micro-electro-mechanisms systems) sont à l'étude en laboratoire.
- Il existe déjà un prototype de véhicule robot, le SYRANO (Système de reconnaissance et d'acquisition de cibles pour la neutralisation d'objectifs).
- Les satellites HELIOS et SYRACUSE...

### **LA BOA DANS LE CIVIL**

#### **Un outil : l'organisation paramilitaire**

La conception et l'optimisation de l'organisation dans une BOA en fait un outil tout indiqué dans certains domaines civils.

Incendies, inondations, catastrophes météorologiques et incidents industriels ; de telles catastrophes supposent l'intervention d'équipes dont l'organisation est paramilitaire. Pompiers, gendarmeries ou sécurité civile, tous utilisent plus ou moins des outils de communication en réseaux sécurisés, des outils d'observation et de relevés de situation, des modes d'intervention minutés : d'une organisation en réseau et d'une coordination centrale.

L'évaluation des dégâts peut se faire par hélicoptère, par avion ou par drone. Dans les cas de recherche et de sauvetage, les moyens d'observation doivent donner des informations exploitables directement, de jour comme de nuit par les chercheurs à pieds ou motorisés. Les mêmes systèmes d'observation militaires peuvent permettre à un Canadair de procéder à des bombardements d'eau au travers des fumées, etc.



Les pompiers pourraient être équipés, au même titre que les militaires, de combinaisons issues de textile nanostructuré, d'une mise en réseau permanente et des outils de communication qui vont avec.

On peut imaginer à terme que les technologies développées par les militaires serviront dans ce type de situation.

### **BOA et sécurité du territoire ?**

Les possibilités de développement de BOA sont diverses. Les zones aéroportuaires en sont un autre exemple. Les communications sécurisées entre les tours de contrôle et l'ensemble des appareils en vol, avec les autres aéroports et les techniciens sur place, comme l'observation radar du ciel se rapprochent de l'organisation d'une BOA.

C'est notamment en abordant la protection radioélectrique de tels réseaux aéroportuaires que Sagem DS évoque la sécurité intérieure et ses différents aspects comme étant proche d'une BOA.

### **L'exemple de l'industriel Sagem DS**

Extrait de la page web du site de Sagem Défense Sécurité, « Homeland Security » :

*« Les tentatives de franchissement d'une frontière ou d'une limite d'espace sensible, qui s'apparentent à des actions de commando, ou le déclenchement de pollutions en mer, par exemple, ou l'incivilité dans la conduite automobile, se traitent par les moyens d'observation aéroterrestre et aéro-maritime et de communication qu'on utilise aussi contre les catastrophes naturelles. [...] On notera que les moyens qui viennent d'être énoncés s'appliquent aussi au cas d'une menace humaine "ouverte" : approche de personnes pour un passage illégal de frontière ou pour effraction dans une zone sensible, etc. Là aussi, il est question d'observation (et tout particulièrement de nuit) et de guidage des interventions. Les moyens optroniques, de navigation et de communication sont la clé principale de l'action, et on n'est pas très loin d'une opération de commando telle qu'elle peut se dérouler dans un contexte de "Bulle opérationnelle aéroterrestre" avec un équipement de fantassin FELIN. »*

La Défense n'évoque à aucun moment l'intégration de la sécurité intérieure dans une BOA. Sagem DS voit plus loin : le contrôle d'accès au territoire et sa surveillance, la lutte contre l'immigration clandestine, l'usurpation d'identité, les réseaux terroristes, les menaces informatiques et radioélectriques. Cela nécessite des mises en réseau d'outils de renseignement et d'observation, le recoupement d'informations numériques, l'intervention d'acteurs différents et une coordination centrale.

#### **Biométrie**

La biométrie est couramment utilisée afin d'identifier des personnes sur la base de caractéristiques physiques individuelles. Elle touche à la gestion des droits des populations : du citoyen (carte d'identité, passeport, vote, accès aux soins), du voyageur (immigration, droit d'asile), des accès à des domaines réservés (zones sensibles, aéroports, bâtiments ou encore site Internet) (10).

**Dans ce rapprochement du civil et du militaire**, il est intéressant de retenir que Sagem DS, qui est en étroite relation avec la DGA, faisant partie du consortium précédemment cité (nous le retrouverons aussi largement impliqué dans le programme FELIN et dans les programmes de drone) est le leader mondial, avec sa filiale Sagem Morpho (9) des solutions biométriques (voir encadré). Ces solutions sont largement évoquées en France dans le cadre de la sécurité intérieure, avec l'apparition en 2007 de la carte d'identité biométrique INES (Identité nationale électronique sécurisée) et le passeport électronique, qui sera lui disponible en octobre 2006.

## L'atelier Techno-vision : capteurs vidéos

Ce programme de recherche concerne la prise d'information par l'intermédiaire de capteurs (ici vidéos), le traitement et la diffusion des informations recueillies. Le but de la vidéosurveillance étant une surveillance globale accrue, ce programme se rapproche des thèmes développés dans le concept d'une BOA.

C'est effectivement dans le cadre du soutien aux technologies duales que les ministères de la Recherche et de la Défense ont lancé ce programme, visant la création d'une dynamique de l'évaluation de technologies de vision par ordinateur.

Un appel à projets, lancé en juin 2004, a permis d'en retenir 10 qui ont débuté début 2005, le programme se terminant en 2007. 23 sociétés privées et 30 laboratoires de recherche sont engagés dans les différents projets.

### Exemple de projets retenus :

ARGOS : émissions TV et vidéosurveillance, <http://www.irit.fr/argos>

ETISEO : vidéosurveillance, <http://www.silogic.fr/etiseo/>

IMAGEVAL : indexation d'images, <http://www.imageval.org/>

IV2 : biométrie (iris et visages), <http://lsc.univ-evry.fr/techno/iv2/PageWeb-IV2.html>

MESSIDOR : imagerie médicale (ophtalmologie rétinienne), <http://messidor.crihan.fr/>

RIMES : documents manuscrits, <http://www.int-evry.fr/rimes/>

ROBIN : imagerie terrestre et aéroportée, <http://robin.inrialpes.fr>

### NOTES

(1) Intervention au Sénat le 20 juin 2002 de M. Xavier PASCO, chargé de recherche à la Fondation pour la recherche stratégique (FRS) Actes du colloque consultable sur :

[http://www.prospective.org/upload/WORD/20\\_juin\\_2002\\_Nanotechnologies\\_vivier\\_du\\_futur.doc](http://www.prospective.org/upload/WORD/20_juin_2002_Nanotechnologies_vivier_du_futur.doc)

(2) Dossier consultable sur :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre\\_espace/presse/dossiers/presentation\\_de\\_boa/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre_espace/presse/dossiers/presentation_de_boa/)

(3) Vidéo disponible sur : <http://www.multipass.fr/article68.html>

(4) Intervention au Sénat le 20 juin 2002 de M. François Magne, directeur-adjoint de la recherche du groupe Thales. Actes du colloque consultable sur :

[http://www.prospective.org/upload/WORD/20\\_juin\\_2002\\_Nanotechnologies\\_vivier\\_du\\_futur.doc](http://www.prospective.org/upload/WORD/20_juin_2002_Nanotechnologies_vivier_du_futur.doc)

(5) Plaquette de la Délégation générale pour l'armement *Projet BOA*, 6 juin 2002.

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre\\_espace/presse/dossiers/presentation\\_de\\_boa/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre_espace/presse/dossiers/presentation_de_boa/)

(6) Communiqué de presse datant du 14 juin 2004 du consortium Thales, Giat Industries, Sagem.

Consultable sur : [http://www.sagem-ds.com/fra/bds\\_communiques2004.htm#13](http://www.sagem-ds.com/fra/bds_communiques2004.htm#13)

(7) Communiqués de presse datant du 8 décembre 2005 du consortium Thales, Giat Industries, Sagem.

Consultable sur [http://www.sagem-ds.com/fra/bds\\_communiques2005.htm#08122005](http://www.sagem-ds.com/fra/bds_communiques2005.htm#08122005)

(8) Communiqué de presse 2004 de la DGA, consultable sur

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre\\_espace/presse/communiques/contrat\\_pour\\_la\\_realisation\\_des\\_systemes\\_felin/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre_espace/presse/communiques/contrat_pour_la_realisation_des_systemes_felin/)

(9) Site de Sagem Morpho <http://www.morpho.com/>, « première entreprise mondiale dans son domaine, cette filiale de Sagem Défense Sécurité propose des solutions pour de nombreuses applications : maintien de l'ordre, santé, sûreté aéroportuaire, sécurité du territoire, gestion des populations, etc. »

(10) Définition issue du site de Sagem Défense Sécurité, consultable sur :

[http://www.sagem-ds.com/fra/bds\\_secur\\_01\\_00.htm](http://www.sagem-ds.com/fra/bds_secur_01_00.htm)

## Le projet FELIN ou Fantassin à liaison intégrée

*L'infanterie désigne l'ensemble des unités militaires devant combattre à pied, le soldat étant appelé fantassin. Le mot est emprunté de l'italien *infanteria*, dérivé de *infante* (enfant) qui prit au XIV<sup>e</sup> siècle le sens de « jeune soldat, fantassin ».*

### L'étude ECAD (Équipement du combattant débarqué)

Elle a été conduite de 1997 à 2000. Un démonstrateur FELIN permettant d'équiper un groupe de combat a fait l'objet de plusieurs expérimentations opérationnelles réalisées au sein des 110<sup>e</sup> et 35<sup>e</sup> régiments d'infanterie. L'étude a consisté à comparer l'efficacité de deux groupes de combat (un groupe "standard" et un groupe "ECAD") lors de multiples exercices. Cette étude a largement mis en évidence un gain de capacité opérationnelle apporté par le système, alors même que le démonstrateur n'avait pas été optimisé en masse ni en volume. Informations consultables sur le site : <http://www.ixarm.com/-FELIN->

### DES « JUNGLES » AUX FELINS

#### Évolution du combat débarqué

Le Fantassin à liaison intégrée (FELIN), est le produit d'une étude lancée par les militaires français pour prendre en compte les **leçons tirées de la guerre du Golfe, des Balkans et de la guerre en Afghanistan**. Ces guerres n'ont pas mobilisé dans les rangs adverses des armées de métiers, ni de grande manœuvres et au mis au jour le manque de réactivité et les limites du matériel des armées occidentales. Manque d'adaptabilité ajouterons-nous pour reprendre les termes du PP30.

La lecture de ces échecs stratégiques a mené les penseurs de la guerre à replacer le fantassin et l'infanterie légère comme une force de frappe primordiale. **Les combats menés se font dans des « jungles », naturelles ou urbaines** ou les caractéristiques des milieux sont à l'avantage des adversaires qui les connaissent. Dans de tels contextes, les frappes aériennes comme l'utilisation de chars d'assaut sont difficiles et limitées, notamment par une forte présence civile. Dans des situations où les ennemis s'apparentent à des résistants fondus dans un pays, que leur menace est diffuse, qu'il peut s'agir de militaires comme de civils utilisant des techniques de frappe diverses (armes blanches, explosifs, attaques chimiques ou bactériologiques, tireurs isolés...), l'armée a développé le concept de FELIN, aux compétences multiples, par analogie aux jungles où il évoluera.

#### **Le mode opératoire de ces soldats FELIN se rapprochera alors des actions commandos**

Ces considérations ne sont pas franco-françaises, même si la France sera le premier pays européen à être doté d'un tel système-soldat. Les États-Unis ont été les premiers à conceptualiser le soldat du futur et à lancer les recherches en créant notamment un institut dédié : l'Institute for Soldier Nanotechnology (*voir encadré*). L'Allemagne et la Grande-Bretagne ont aussi lancé des programmes similaires.

#### **Intégration du FELIN dans la loi de programmation militaire**

En France, l'Assemblée nationale a voté en décembre 2002 la loi relative à la programmation militaire pour les années 2003-2008 (1). Les budgets sur cette période sont alloués pour une grande part à l'acquisition de nouveau matériel. L'armée française a fait le choix d'échelonner son programme en deux parties distinctes : d'abord le FELIN V1 pour version 1 et FELIN V2 pour version 2. **Le programme comprend la livraison des premiers systèmes FELIN V1 en septembre 2006** et la mise en route opérationnelle en juin 2008. Ces systèmes seront évolutifs et intégrables à la BOA dès sa mise en place.

### Institute for Soldier Nanotechnology (ISN)

En collaboration avec l'US Army, le Massachusetts Institute of Technology (MIT) donne naissance en 2002 à l'Institute for Soldier Nanotechnology (ISN). Nanotechnologie parce que le futur fantassin sera un système individuel électronique miniaturisé avec en son centre le soldat, l'intégration au plus près de l'homme étant recherchée. La limite de l'intégration n'est pas posée ; l'ISN travail sur les matériaux nanostructurés pour exosquelettes dans le but d'augmenter la force physique. Site de l'ISN : <http://web.mit.edu/isn/aboutisn/index.html>

Les ruptures technologiques nécessaires à la mise en place de la Version 2 sont attendues pour 2015. Le volet 2.4.2, intitulé *Un effort substantiel en faveur de la recherche* et annexé à la loi de programmation militaire, cadre le budget en matière de recherche. Ce volet vise essentiellement la recherche en amont et l'identification rapide des technologies appropriées.

**Les ruptures technologiques attendues des nanotechnologies prennent une place stratégique dans le programme FELIN.**

### Optronique

L'optronique est un domaine lié à l'électronique et à l'optique. Exemple de matériel optronique : caméras thermiques, systèmes de visée, guides lasers, caméras et appareil photographiques numériques.

Le site Internet de Sagem Défense Sécurité présente le type de matériel optronique développé pour FELIN.

<http://www.sagem-ds.com/fra/index.html>

### Sagem DS remporte le contrat

C'est l'industriel Sagem DS, filiale du groupe Safran, qui a remporté le contrat FELIN V1 après la mise en compétition des industriels de l'armement français orchestrée par la DGA. Le contrat de 796 millions d'euros comprend le développement, l'industrialisation et la fabrication en série des systèmes V1. L'expérience en optronique (*voir encadré*) de Sagem a été l'élément principal de sa sélection.

Au total, ce seront 31 445 systèmes qui seront livrés jusqu'en 2013, pour un coût unitaire de 24 200 euros (2).

## LE SYSTEME FELIN VERSION 1

### La plate-forme électronique portable du FELIN

**En 2008, un soldat ne sera pas équipé mais « intégré » dans le système-combattant FELIN V1 (3). Il sera partie intégrante du système.** Un ordinateur/calculateur portable constituera le cœur de ce système-combattant. Il sera situé dans le « gilet électronique » porté par le soldat ; gilet composé du calculateur, d'une radio, d'un GPS, des batteries, et des câbles et connecteurs. Il servira à surveiller l'énergie disponible des batteries, à supporter les prises USB.2 dans lesquelles le soldat branchera ses équipements électroniques ainsi que la caméra de son arme, et supportera un logiciel informatique appliqué à gérer la communication. Cet ordinateur bénéficiera aussi d'une mémoire suffisante pour charger les objectifs de la mission et décharger les comptes-rendus.

**Des moyens de rechargement collectif sont prévus** pour pallier à la durée des batteries individuelles. Ces batteries collectives, basées sur la technologie des piles à combustible, seront installées dans les véhicules où les FELIN pourront s'y brancher.

### Le FAMAS FELIN : caméra vidéo et ennemis numériques

Le système d'arme est organisé autour de l'homme ; le fusil-mitrailleur FAMAS FELIN reçoit « une interface homme/machine » (un cordon USB2.0 vidéo) : ce cordon fait le lien entre la lunette de tir à fonction caméra vidéo du fusil et un écran situé sur la visière du casque. La restitution de l'image se fera de jour comme de nuit et intégrera la technologie de vision thermique. **C'est ce que la DGA appelle l'amélioration de l'acquitté visuelle** ; le soldat verra la nuit et n'aura pas besoin de regarder pour voir. Le lieutenant du 35<sup>e</sup> RI chargé de tester ce dispositif le plébiscite : « *Cela permet par exemple de rester à couvert derrière un mur et de ne sortir que l'arme. L'image est renvoyée sur un écran placé devant les yeux du soldat* » (4). **Ce système optronique est un nouveau pas dans la numérisation de la guerre : le soldat tirera sur des cibles qu'il visionnera sur son écran.**



## Le réseau de communication FELIN

Un réseau de communication sans fil sera mis en place spécialement pour les FELIN. Les combattants pourront communiquer par voies hertziennes et ainsi échanger des données numériques ou des relevés de position GPS (ennemis ou amis) sur leur carte numérisée. Le chef de groupe sera connecté avec un ordinateur portable type PDA à ses supérieurs. **L'idée est de lier le soldat évoluant sur le terrain à la source de l'information et à l'état-major avec un temps de transmission le plus réduit possible.** La procédure se nomme « du détecteur au tireur » ou *from sensor to shooter* pour l'US Army. En réduisant le temps de transmission, le soldat aura à disposition les informations issues des satellites, des radars ou des drones, directement exploitables. Il pourra recevoir ces informations sur son écran ou par radio.

Les communications radios se feront au travers d'une nouvelle évolution technique : un bandeau communicant (ostéophone) entourant la tête du soldat. Ce bandeau transmet par les os de la boîte crânienne les vibrations émises par le soldat quand il parle. Le soldat sera aussi muni d'oreillettes pour entendre les communications.

« On peut parler à voix basse et écouter sans bruit » nous informe Sagem sur son site Internet (5).

## Évolutions attendues

Les évolutions majeures attendues sont l'intégration de ces réseaux de communication dans le réseau de combat numérisé de la BOA et leur interopérabilité avec les armées européennes.

Tous ces équipements pourront être portés dans une combinaison protégeant des risques NRBC. Des filtres s'intégreront au casque et une pipette permettra de boire et manger directement dans celui-ci. Pour parer à toute éventualité.



Photo : DGA/Comm - F. Vrignaud extraite de la plaquette *Felin, le fantassin du futur* (8)

## LE SYSTEME FELIN V2 ET LES NANOTECHNOLOGIES

« Jusqu'ici l'informatisation du combattant faisait sourire, on parlait de « troufionique », l'arrivée des nanotechnologies change la donne »

Intervention devant le Sénat de M. François MAGNE, directeur-adjoint de la recherche du groupe Thales (6).

### Une miniaturisation nécessaire

La mise en place de ce système autour du combattant pose problème dès aujourd'hui et en posera demain s'il doit intégrer plus de fonctionnalités. **Sans son intégration au plus près de l'homme, toute cette technologie serait un fardeau.** La limite de l'intégration n'est pas posée ; l'ISN travaille sur les matériaux nanostructurés pour exo-muscles dans le but d'augmenter la force physique.

Le système implique l'utilisation d'un nombre important de technologies et de composants électroniques. **Leur poids, leur encombrement, leur fragilité et leur consommation d'énergie posent certaines limites.** Le FELIN doit se déplacer rapidement dans toutes les situations grâce à des équipements légers solides et ergonomiques. De plus, le nombre et la complexité des informations circulant dans les réseaux de la BOA demanderaient trop d'attention au soldat pour leur exploitation : elles seront donc auto-gérées par un logiciel supplémentaire. Des micros-composants électroniques devront être utilisés. **C'est là que les nanotechnologies sont indispensables.** Le FELIN V1 utilise les techniques de pointe de la micro technologie, le FELIN V2 intégrera lui les mini capteurs, mini calculateur, microprocesseurs et mémoires miniaturisées issues des progrès de la miniaturisation et des nanobiotechnologies. Les éléments matériels de communication prendront le même chemin ; antennes, radios, modem, source d'énergie et connectique auront leur place dans un mélange d'électronique et de fibres vestimentaires.

Le secteur de la microélectronique est largement poussé par ses débouchés commerciales, plaçant ce secteur à la pointe de la miniaturisation. Des budgets de R&D conséquents font des industriels de la microélectronique des acteurs inévitables de la politique d'armement militaire.

Trois domaines intéressant les militaires pour le programme FELIN sont directement concernés par la recherche en nanotechnologie : les matériaux textiles multifonctionnels, les sources d'énergies et les capteurs chimiques, biologiques et biochimiques.

### ST Microelectronics

ST Microelectronics est un industriel français, leader mondial dans la fabrication de semi-conducteurs, créé en juin 1987 par la fusion de la société italienne SGS Microelettronica et Thomson Semi-conducteurs pour former ST Microelectronics. En 2005, son chiffre d'affaire a atteint 8,88 milliards de dollars.

### Technologie des capteurs :

#### « System on chip », « lab on ship » et technologie des puces

Les solutions envisagées pour l'intégration des éléments de détection et de communication s'apparentent aux technologies développées pour les capteurs. La principale percée vient des « system on chip », c'est-à-dire l'organisation sur une puce des microprocesseurs, des détecteurs et des semi-conducteurs : **un modem, son routeur et son antenne ainsi que ces fils de connections organisés sur une puce en silicium de quelque mm<sup>2</sup>.**

En matière de capteurs d'éléments chimiques, biologiques et biochimiques ou de détecteurs de laser, la technique de miniaturisation « lab-on-ship » semble la plus réaliste. Transport de l'élément à analyser, analyse et lecture du résultat, effectués habituellement dans un laboratoire en plusieurs étapes, miniaturisés ici sur une puce. Le ministère de la Recherche présente cette notion sur sa plaquette *À la découverte du nanomonde* en utilisant l'exemple de l'analyse de sang, possible à partir d'une seule goutte (7).

« Nous discutons notamment avec nos amis de ST [Microélectronique, NDR] pour réaliser les architectures des fonctions de radiocommunication » lance en 2002 au Sénat le directeur adjoint de la recherche du groupe Thales (8). Ces « *system on chip* » relèvent en effet d'un présent plus palpable que les attentes suscitées par les nanotechnologies pour le textile.

STMicroelectronics, basé en France à Crolle près de Grenoble est un leader mondial des semi-conducteurs et des systèmes sur puce. ST a annoncé en janvier 2006 développer un laboratoire sur puce jetable capable de détecter les souches de la grippe aviaire en moins d'une heure. En février l'industriel présentait la mémoire flash NAND sur puce la plus rapide du monde en lecture (9).

Le rapport *Nanotechnologies : prospective sur la menace et les opportunités au service du combattant* (10) étudie pour la Défense cette technologie et les acteurs qui y travaillent. « *La France possède aujourd'hui un savoir-faire important dans le développement de capteurs chimiques/biologiques. Ce savoir-faire repose sur des laboratoires universitaires, du CNRS et du CEA [...]. La France peut aussi s'appuyer sur un tissu industriel émergent avec des PME technologiques comme Sofradir, Apibio, Tronics ou encore Alphamos.* » Citons ici aussi Sagem et Thales, cf. annexe 1.

### **Textile du futur ?**

Les opportunités qu'apportent les nanotechnologies en matière de textile et de combinaison de combat ont été aussi étudiées dans ce rapport par le cabinet d'audit Alcimed, en partenariat avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) qui y dressent des tableaux récapitulatifs après avoir identifié les attentes des militaires et des acteurs concernés. **Aux fonctions de résistance au feu, de résistance aux impacts, de barrière électromagnétique ou anti-UV, les textiles sont associés à des solutions utilisant des particules de nano-argile, des nanotubes de carbone ou des fibres nanostructurées.** Le temps de développement est estimé pour cela de 2 à 5 ans. Dans un délai de 5 à 8 ans, des technologies d'intégration des technologies dans le vêtement seront développées pour créer des fibres/vêtements sources d'énergie ou conductrices/teurs d'énergie. **Les vêtements de camouflage actif** à absorption des ondes lumineuses et électromagnétiques verraient le jour **dans 8 à 10 ans**, le rapport indiquant que les technologies d'intégration au textile restent à identifier.

Il est ici intéressant de souligner que le rapport fait état de déclarations provenant de PME issues du textile interrogée dans cette étude. En raison de la concurrence forte des producteurs asiatiques ou indiens, « *des projets "nano" portés par des applications militaires pourraient ainsi leur permettre de résister à la concurrence étrangère et maintenir leur savoir-faire en France* ».

L'annexe 2 présente le tableau des nanotechnologies envisagées pour ces nouveaux textiles techniques.

### **Batteries et mobilité**

**La batterie** dans le système combattant FELIN est un point crucial : elle **conditionne toute l'utilisation du matériel électronique et surtout l'autonomie du combattant et le poids qu'il devra supporter.** Les nanotechnologies apportent des solutions de miniaturisation aux batteries traditionnelles, mais aussi de nouveaux matériaux pour la fabrication des piles à combustibles et une amélioration du stockage de l'hydrogène, envisagé comme nouvelle source d'énergie.

Une multitude de centres de recherche travaillant en amont de la filière Energie ainsi que **deux grands centres de recherche appliquée, le CEA LITEN et l'ICMCB du CNRS**, positionnés sur l'ensemble de la filière énergie. « *Le CEA est en particulier un acteur reconnu au niveau mondial. Il travaille en collaboration avec l'ensemble des acteurs de la chaîne industrielle et étudie les nanotechnologies comme solution à part entière pour l'amélioration ou le développement de nouvelles sources d'énergie* ».

Pour ce qui est de l'intégration de ces nouvelles technologies, le rapport identifie trois acteurs potentiels : le CEA, HEF/CEA, Sagem et Thales.

D'autres part, il existe dans les secteurs microélectronique civile un fort développement (suppression) de solution à base de nano composants (technologies portables, du téléphone au baladeur MP3 en passant par les appareils photos) du fait du « *besoin croissant exprimé par les utilisateurs de sources d'énergie plus autonomes.* »

Les perspectives de commercialisation de source d'énergie à base de nanotechnologies sont de l'ordre de deux à trois ans pour les batteries et de cinq à huit ans pour les piles à combustible.

L'annexe 3 présente les acteurs du domaine, dans la recherche et dans l'industrie ainsi que leur secteur intéressant le domaine des batteries.

## **NOTES**

La première photo, représentant la tête d'un militaire, est issue du site Internet de la DGA.

Les définitions de fantassin et d'interopérabilité sont issues de l'encyclopédie Wikipédia.

(1) Texte et annexe de loi n° 43 adopté par l'Assemblée nationale le 4 décembre 2002. Consultable sur <http://www.assemblee-nationale.fr/12/ta/ta0043.asp/>

(2) Communiqué de presse de Sagem Défense Sécurité au sujet du contrat consultable sur [http://www.sagem-ds.com/fra/bds\\_communiques2004.htm#20/](http://www.sagem-ds.com/fra/bds_communiques2004.htm#20/)

(3) Plus d'informations sur ce thème disponibles sur le site de la DGA à l'adresse : [http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/enjeux/les\\_programmes\\_d\\_armement/systemes\\_des\\_forces/la\\_maitrise\\_du\\_milieu\\_aeroterrestre/felin/le\\_fantassin\\_a\\_equipement\\_et\\_liaisons\\_integrees\\_felin/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/enjeux/les_programmes_d_armement/systemes_des_forces/la_maitrise_du_milieu_aeroterrestre/felin/le_fantassin_a_equipement_et_liaisons_integrees_felin/)

(4) Citation tirée du site [http://www.armees.com/articleimp.php?id\\_article=49/](http://www.armees.com/articleimp.php?id_article=49/)

Le 35<sup>e</sup> régiment d'infanterie a participé au projet ECAD (*voir encadré en début de partie*).

(5) Présentation du bandeau communiquant sur le site de Sagem Défense Sécurité :

[http://www.sagem-ds.com/fra/bds\\_optro\\_06\\_01\\_00.htm](http://www.sagem-ds.com/fra/bds_optro_06_01_00.htm)

Le site présente aussi différents équipements développés dans le cadre de FELIN V1.

(6) Rencontres internationales de prospective du Sénat du 20 juin 2002 intitulé *Les nanotechnologies vivier du futur*. Actes du colloque consultables sur :

[http://www.prospective.org/upload/WORD/20\\_juin\\_2002\\_Nanotechnologies\\_vivier\\_du\\_futur.doc](http://www.prospective.org/upload/WORD/20_juin_2002_Nanotechnologies_vivier_du_futur.doc)

(7) Plaquette du ministère de la Recherche *À la découverte du nanomonde* consultable sur :

[http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr/docs/plaq\\_nanomonde.pdf/](http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr/docs/plaq_nanomonde.pdf/)

(8) Intervention au Sénat le 20 juin 2002 de M. Xavier PASCO, chargé de recherche à la Fondation pour la recherche stratégique (FRS) Actes du colloque consultable sur :

[http://www.prospective.org/upload/WORD/20\\_juin\\_2002\\_Nanotechnologies\\_vivier\\_du\\_futur.doc/](http://www.prospective.org/upload/WORD/20_juin_2002_Nanotechnologies_vivier_du_futur.doc/)

(9) Information consultable sur :

<http://www.pcinpact.com/actu/news/26477-ST-Microelectronics-annonce-la-NAND-la-plus-.htm>

et : <http://www.eetimes.fr/semi/news/showArticle.jhtml?articleID=177101372/>

(10) Rapport *Nanotechnologies : prospective sur la menace et les opportunités au service du combattant* consultable sur :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/das/dossiers/nanotechnologies\\_au\\_service\\_du\\_combattant/](http://www.defense.gouv.fr/sites/das/dossiers/nanotechnologies_au_service_du_combattant/)



## LES DRONES

Pour s'affranchir des contraintes inhérentes à l'avion piloté, qui tiennent pour l'essentiel aux dangers pesant sur la vie de l'équipage et aux limites physiques de ce dernier, tout en bénéficiant des atouts du renseignement aérien, les militaires ont d'abord eu recours aux satellites d'observation. Cependant, le caractère périodique des informations ainsi fournies a poussé les militaires à l'utilisation d'outils plus maniables.

C'est le domaine des drones qui prend ainsi le plus d'ampleur ; là encore, les évolutions techniques sont constitutives de nouvelles stratégies et de nouvelles utilisations.

### Définition

Un système de drone est un ensemble de moyens permettant la surveillance et l'observation ; il se compose de :

- un ou plusieurs véhicules aériens équipés de diverses charges ;
- stations de contrôle ;
- moyens de communication ;
- moyens de lancement, de récupération, de maintenance.

Le drone est un véhicule aérien sans équipage à bord, autonome, pouvant être programmé ou télécommandé en vol, et récupérable en fin de vol.

### Source de renseignement privilégiée

En assurant en permanence des missions d'observation, de surveillance et de reconnaissance au-dessus des forces ennemies, ils permettent aux différents niveaux de commandement de composer avec une image plus claire des intentions adverses. On estime que, de 1991 lors de l'opération « Tempête du Désert » en Irak, à 2003 avec l'intervention anglo-américaine dans ce pays, la « boucle » de décision séparant l'observation des forces en présence sur le terrain de la riposte définie par l'autorité militaire s'est réduite de 48 heures à quelques minutes (1). Toujours dans l'idée d'augmenter le rythme de l'action, il devient un outil stratégique dans les logiques d'anticipation et d'action préventives.

**Aujourd'hui, ce sont les drones miniatures ou drones portables qui retiennent le plus l'attention de la DGA.** Issus des technologies de miniaturisations, leur première version livrée en 2006 fait 12 kilos. Transportables dans un sac à dos, montables sur le terrain, ils sont le prolongement naturel de l'équipement du FELIN. À terme, l'objectif est d'arriver à des systèmes de drones d'observation de l'ordre de 1,5 kilo. Les versions miniatures des drones d'observation seront d'une grande utilité dans des conflits urbains ; **ils pourraient servir de prolongement à la vue directe.** Leur coût de production est dans l'état actuel de la technologie déjà un avantage pour une industrialisation en quantité.

### Les différents types de drone : classification

#### Les drones miniatures

Micro-drones inférieur à 50 cm d'envergure, nano-drones inférieur à 15 cm. Ils sont principalement destinés à une utilisation en milieu urbain pour l'observation.

#### Les drones tactiques

Drones à court rayon d'action d'une envergure de 0,5 à 2 mètres, ne pesant que quelques kilos, ces drones sont destinés à voir de « l'autre côté de la colline ».

Les drones tactiques les plus répandus sont pour le moment les drones à moyen rayon d'action. Ils sont utilisés pour des missions de surveillance et de reconnaissance, avec utilisation de différents capteurs optiques. Ils pèsent de 100 à 800 kilos.

#### Les drones MALE (Moyenne altitude et longue endurance) et HALE (Haute altitude et longue endurance)

Ils sont destinés à l'observation, principalement par radar, de l'ensemble du théâtre d'opération. Ils disposent d'une grande autonomie et un rayon d'action large. Ils peuvent mesurer de 15 à 40 mètres et peser de 1 tonne à 15 tonnes.

#### Les drones de combat UCAV (Uninhabited Combat Air Vehiculs)

Les caractéristiques des UCAV en développement se rapprocheront de celles des drones tactiques (2).

## LES DIFFÉRENTS TYPES DE DRONES UTILISÉS AUJOURD'HUI ET DANS UN FUTUR PROCHE

### Loi de programmation militaire 2003-2008 en matière de drone

Les armées françaises utilisaient depuis 1995 les drones tactiques CRECELLE. Ceux-ci ont été retirés du service en 2004 au profit des systèmes SDTI (Système de drones tactiques intérimaire) livrés dans le cadre de la précédente loi de programmation.

La loi de 2003 prévoit une première commande de 12 drones MALE qui seront livrés à partir de 2009 ainsi que la commande de 40 drones MCMM (Multi capteurs multi missions) pour une livraison de 10 premiers exemplaires en 2008. La France se dotera également de drone HALE ainsi que de drone très courte portée (3).

**L'ambition de la France est donc de se doter de systèmes de drones du plus petit au plus grand** permettant de réaliser le plus large spectre de mission. Elle est la seule en Europe à avoir directement affichée cette ambition.

### Les drones SDTI : la fonction ciblage

Le système de drone SDTI (Système de drones tactiques intérimaire) est utilisé depuis 2005 pour des missions de surveillance du champ de bataille, d'observation et de désignation d'objectifs pour l'artillerie. Le processus de ciblage assure :

- la détection et la localisation d'un objectif ;
- la désignation à l'artillerie de l'objectif et le réglage des tirs ;
- l'observation des tirs et l'évaluation des dommages.

C'est Sagem DS qui assure la construction du système. La station de contrôle embarquée dans un véhicule reçoit l'imagerie en instantané par liaison radio et renvoie directement les informations dans les différents réseaux de commandement auxquels elle est connectée.

Le SDTI doit être retiré des forces en 2011 : un projet de drone MCMM avait vu le jour pour lui succéder, mais l'état-major des armées l'a abandonné en 2004, considérant que le futur EUROMALE fournirait un plus large spectre de capacités. Quand aux missions de guerre électroniques, elles semblent désormais dévolues aux micro drones ou drones portables (5).

### L'EUROMALE

C'est en collaboration avec Thales, Dassault Aviation et avec Sagem DS pour le système optronique que EADS compte mettre au point l'EUROMALE. Celui-ci disposera d'outil de renseignement électromagnétique, de détection électro-optique nouvelle génération et pourra servir de relais de communication pour les unités sur le champ de bataille. **Un nouveau capteur dit PLS pour Personnel Locator System sera installé. Ce capteur permettra la recherche d'individus isolés.** Il n'existe d'équivalent qu'aux États-Unis et en Israël.



## Le drone de combat européen : l'UCAV NEURON

La France est à l'initiative du premier projet européen de drone de combat, le projet NEURON. Annoncé en 2003, ce projet a réuni autour de la France l'Italie, la Grèce, l'Espagne, la Suède et la Suisse.

L'objectif affiché est la réalisation d'un drone s'insérant dans un réseau renseignement- communication-commandement pour une intégration dans une future BOA. C'est aussi la réalisation d'une plate-forme furtive, tant dans le domaine de la signature radar que dans celle infrarouge.

Les premiers vols du NEURON sont prévus au début de l'année 2010. Les pays participants rejoindront alors les États-Unis dans le « club » des pays ayant fait voler un UCAV : en effet, l'intérêt de ce drone se concrétise plus dans une logique de démonstrateur technologique. Il servira à démontrer la maturité et l'efficacité de solutions technologiques et la capacité industrielle européenne à réaliser un véhicule sans pilote d'une taille équivalente à celui d'un avion de combat.

La DGA a notifié à Dassault Aviation en février 2006 la maîtrise d'œuvre de ce projet pour un montant total de 405 millions d'euros.

Ce projet constitue une rupture avec la doctrine antérieure du ministère de la Défense qui considérait ces engins trop coûteux pour la France. Il vise à ne pas laisser les États-Unis maîtriser seuls cette technologie. **Il permet ainsi à Dassault de maintenir son excellence technologique et à assurer en France la continuité technologique nécessaire à la réalisation des futurs avions de combat (7).**



### Survey-Copter

Entreprise située dans la Drôme, créée par des chercheurs en 1996. Elle travaille en robotique sur les systèmes d'incrustation photo/vidéo, d'acquisition sur trame GPS d'information de tous types de capteurs (gyro, accéléro, pression, magnétique...) ainsi que sur la transmission vidéo.

Elle commercialise son offre auprès des militaires (Héli-drone SCORPIO d'EADS) ainsi qu'à la Sécurité civile. Ses mini-hélicoptères sont utilisés pour la recherche topographique ou pour l'inspection des ponts difficiles d'accès. Elle espère étendre son marché aux agriculteurs pour la surveillance des cultures.  
<http://perso.wanadoo.fr/survey-copter/findex.htm>

### Premier pas dans la miniaturisation : le DRAC (Drone de renseignement au contact)

Né du besoin de voir « au-delà de la colline » sur le champ de bataille, il sera fin 2006 le premier drone miniature transportable par le soldat et lançable manuellement. « *L'armée de terre voulait pour ses escadrons un système rustique, c'est-à-dire robuste, facile à mettre en œuvre et à prendre en main pour le fantassin et ne demandant pas de maintenance lourde, qui lui serve de jumelles déportées* », explique François L'AZOU, responsable technique du DRAC au service des programmes nucléaires et de missiles (SPNum) de la DGA.

Le soldat pourra s'en servir pour pallier un manque de visibilité. Il recevra en temps réel sur un PC les images prises en vol par le capteur du drone pour ainsi déceler la présence ennemie, surveiller une zone, localiser une présence ou un objectif, renseigner sur la praticabilité d'un pont, d'une route ou évaluer des dommages. Il pourra aussi permettre la poursuite de cible mouvante en temps réel.

« *Les progrès techniques de miniaturisation et de capacité de stockage électrique nous ont permis de concevoir le DRAC* », précise François L'AZOU (8).

C'est EADS qui a remporté le marché en 2004 pour la livraison de 160 systèmes issus de son programme TRACKER. Le système à voilure fixe **fait moins de 12 kilos** au décollage, est démontable et permet l'observation de jour comme de nuit. Sa mise en œuvre pour le fantassin est de 10 minutes pour un rayon d'action supérieur à 7 km.

Il n'y a pas encore eu de publication du montant du contrat et EADS se montre très discret sur le sujet. On sait seulement que l'industriel a sous-traité la réalisation de l'engin à la PME Survey-Copter. Une des caractéristiques du TRACKER, selon les recommandations techniques de l'armée de terre, sera son très faible coût d'exploitation et d'entretien.

### LES MICRO ET NANO DRONES : DRONES D'AVENIR

En 1997, la Darpa, l'agence fédérale pour les projets de recherches avancées de défense américaine, lance un programme pluriannuel pour la réalisation d'un engin de taille maximale de 15 centimètres dont le poids oscillerait entre 50 et 100 grammes avec une autonomie de 20 minutes à 1 heure pour un rayon d'action de quelques kilomètres, et ceci à bas coût.

Selon Christophe Köll, architecte drones miniatures au service du SPNum à la DGA : *« Une multitude de produits a été présentée. Cet appel d'offres a permis tout d'abord de donner la définition du micro-drone, mais surtout de faire de grandes avancées dans le domaine de la miniaturisation et de l'intégration en espace restreint. Toutefois la Darpa a conclu que les limites de la technologie empêchaient d'obtenir un produit abouti. Les recherches se sont donc réorientées plus modestement vers les drones miniatures, dont les caractéristiques dimensionnelles sont moins pénalisantes (8). »*

Une évolution envisagée serait de les utiliser en essaim pour des opérations coordonnées. Le faible coût qu'ils représenteraient permet d'imaginer des opérations de saturation des défenses ou des stratégies de diversion.

Rapport *Le renseignement par l'image*, Assemblée nationale, juillet 2001 (9).

#### SCÉNARIOS D'UTILISATION DES MICRO-DRONES À USAGE MILITAIRE

Missions	Scénarios
<b>Reconnaissance</b>	Le MD (micro-drones) sert d'éclaireur discret pour s'assurer qu'une route n'est pas contrôlée par des forces ennemies. Il est utilisé pour évaluer les dommages causés par les combats.
<b>Observation de cible fixe</b>	Utilisé comme vigie, l'engin est chargé de surveiller une cible unique (usine, dépôt, pont, etc.). Les images sont transmises en temps réel.
<b>Instrumentation</b>	L'engin est capable de poser des micro capteurs acoustiques, des micro caméras ou des rétines artificielles à des endroits stratégiques.
<b>Opérations en site urbain</b>	Pour ces missions réputées dangereuses, un MD est employé pour choisir un axe de pénétration sûr en localisant des tireurs embusqués ou en visualisant la situation derrière un bloc d'immeubles. Sa taille réduite lui permet d'opérer à l'intérieur des bâtiments. Il peut permettre l'inspection des bâtiments à travers les fenêtres.
<b>Aide à l'acquisition et la désignation de cible</b>	Le MD « pose » des dispositifs actifs ou passifs de désignation de cibles.
<b>Reconnaissance de l'environnement</b>	Doté de capteurs adéquats, le MD a la capacité de détecter des substances chimiques, nucléaires ou bactériologiques.
<b>Brouillage</b>	La coopération de plusieurs MD pourra permettre de leurrer et rendre inopérants les radars ennemis.

<b>Sabotage</b>	Les MD se logent dans les réacteurs d'avions afin de les endommager.
<b>Télécommunication</b>	Relais de transmission temporaires.

De nombreux obstacles techniques existent, mais les projets américains suscitent l'attention des militaires français. Outre la miniaturisation des drones actuels, dans le but de disposer de drones d'observation de moins de 1,5 kilo, la DGA finance déjà la recherche dans le domaine des micros et nano drones.

Le DRAC représente la première génération des drones miniatures qui évolueront en espace découvert. La deuxième génération (2010) devra être capable d'évoluer en zone urbaine et la troisième (2015-2020) à l'intérieur de bâtiments. Plusieurs concepts sont envisageables : les ailes fixes, les voilures tournantes type hélicoptère, les ailes battantes (inspiré du vol des oiseaux ou des insectes)...

### **Principaux obstacles**

- L'énergie et son stockage se dresse comme l'obstacle majeur. Nous l'avons vu, le secteur civil est sur ce plan très dynamique. Mais ces avancées restent insuffisantes, voir très insuffisantes.

- Dans le cas de tels « micro-engins » et de leurs futures évolutions urbaines, les contraintes de pilotage sont très importantes. **La DGA travaille déjà à les pourvoir d'autonomie décisionnelle**, l'Intelligence artificielle en étant le stade ultime. Cette autonomie consiste pour l'instant à créer des programmes de modélisation instantanée des espaces pour une adaptation directe du vol de l'engin (10).

### **Grandes écoles : principal vivier pour la DGA**

Depuis l'année universitaire 2002-2003 et sur une durée de 3 ans, l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) a organisé un concours international universitaire de drones miniatures (11), ouvert aux écoles d'ingénieurs et universités préparant au minimum à un diplôme du deuxième cycle. Ce concours était subventionné par la DGA.

Une première sélection a été faite durant le concours mini-drones de l'ENSAE et l'ENSICA et en décembre 2005 a eu lieu la remise de prix finale.

Une vingtaine de participants ont présenté leur réalisation à la DGA qui a ainsi pu mesurer l'étendu des possibilités, et leur validité. **L'épreuve consistait à survoler un « village de combat » reconstitué.**

### **Résumé de la délibération du jury**

*Projet Quadricoptère*, École Centrale de Paris/École nationale supérieure des Mines de Paris

Grâce à ses capacités de vol aux instruments, de suivi de terrain et d'atterrissage automatiques, le Quadricoptère a retenu l'attention du jury et des personnalités invitées (notamment l'armée de terre très intéressée par ces innovations).

*CPX4*, Institut national polytechnique de Grenoble

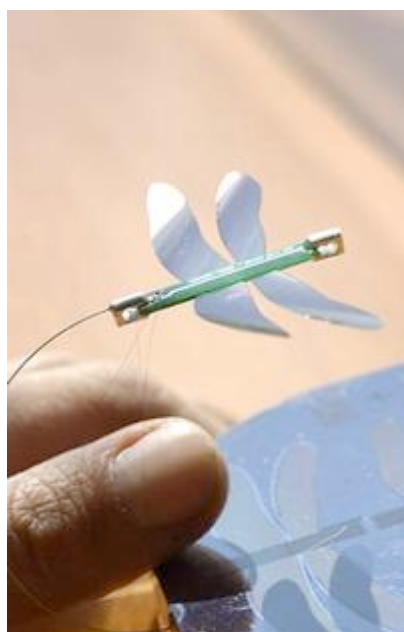
L'équipe de l'INPG a développé un astucieux quadrirotor que l'on peut replier et ranger dans un sac à dos. Bonne aptitude à voler et ergonomie : autant de qualités qu'un fantassin attend d'un drone miniature.

Institut national des sciences appliquées (INSA) de Strasbourg

Aile cylindrique et moteur thermique pour ce drone développé par l'INSA de Strasbourg. Les cigognes » est la seule équipe à avoir survolé le village de combat et détecté des obstacles (uniquement les véhicules blindés).

École nationale supérieure des mines de Paris/École Centrale de Paris

Ce drone n'a pas montré tout ce qu'on attendait de lui. Mais la somme des innovations qu'il représente (à l'image du « pilote » qui peut recevoir en direct les informations dans son casque) lui ont valu un quatrième prix.



### **Mouche ou libellule ? Le nano drone libellule**

Initié en 2003, le projet libellule démontre toute la capacité d'anticipation de la DGA. Il a pour objectif d'étudier la faisabilité d'un drone de 4<sup>e</sup> génération.

La libellule est le premier nano drone développé en France : **il pèse 20 milligrammes** pour une envergure de 6 centimètres. Il est le fruit de la société SilMach, spin-off du CNRS et de l'université de Franche-Comté, sous contrat de Recherche exploratoire innovante avec la DGA.

L'objectif : réaliser un nanosystème bio-inspiré, c'est-à-dire un système de très petite échelle possédant les mêmes caractéristiques mécaniques que l'original biologique, l'insecte libellule.

### **Une rupture technologique...**

Pour l'heure le démonstrateur se résume à quatre fines ailes argentées décollées de la surface d'un « Wafer », sorte de disque composé de 4 couches différentes essentiellement à base de silicium. Chacune d'elles est actionnée par 180 000 « muscles » répartis et distribués en réseaux sur toute la surface de l'aile. Excités par une tension électrique, les « nanomuscles » s'affaissent, se contractent et se redressent pour produire un battement conforme au modèle animal.

### **... et encore des solutions à inventer !**

Les « yeux » de la libellule sont eux issus de recherche du CNRS sur le flux optique, basé sur l'observation de la mouche. Ces recherches ont permis « d'extraire » chez l'insecte le neurone détecteur de mouvement. De ce neurone a été fabriqué un petit robot qui, sur un bras articulé, est capable de faire du suivi de terrain. **Ce prototype n'est pas opérationnel** et SilMach ne dispose pas encore d'assez de crédit pour le développer.

**La micro source d'énergie capable d'alimenter l'ensemble n'a pas encore vu le jour.** Des tractations sont en cours avec différents partenaires, dont le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), pour étudier les piles qui seront le cœur de la machine. Le problème de l'énergie est de taille ; sur les 120 milligrammes que pèsera la libellule, 100 seront consacrés aux batteries.

Patrice Minottier, PDG de la spin-off et directeur de recherche au CNRS, explique :  
« *Le déficit entre le modèle biologique et son clone artificiel est irrémédiable. Un insecte en vol brûle des graisses animales ayant une capacité énergétique voisine de l'essence, soit environ 50 000 joules/g, tandis que les meilleures batteries au lithium actuelles ne peuvent fournir que 360 J/g. On est donc loin du compte. Notre but n'est pas de combler ce gouffre. Développer une batterie miniature et ultra-légère embarquée est déjà un challenge suffisamment difficile à relever pour les chercheurs du CEA* ».

### À quoi pourrait servir cette « rupture technologique » ?

De taille réduite, léger, **le fantassin pourrait embarquer plusieurs de ces nano drones dans son paquetage**. Son faible coût pourrait en faire un outil consommable. Utilisé comme **œil déporté du fantassin**, il irait fureter en zone hostile ou inconnue pendant que celui-ci resterait sagement embusqué. Sa petite taille et le peu de bruit qu'il produit en volant en fait un engin furtif. Et difficilement atteignable, même par un tireur d'élite.

Les applications pourraient être très larges, notamment dans le domaine des capteurs. Elles pourraient alors devenir l'instrument permettant de donner accès à des mesures jusqu'ici infaisables.

L'intérêt premier de cette recherche est de maintenir les connaissances de la DGA au niveau le plus élevé du progrès technologique. Ce drone s'avère être est la première structure en mouvement 100 % MEMS, technologie qui s'avère être la concrétisation des attentes de la DGA.

#### **MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)**

Les MEMS sont des systèmes comprenant un ou plusieurs élément(s) mécaniques, utilisant l'électricité comme source d'énergie, en vue de réaliser une fonction de capteur et/ou d'actionneur. Le terme MEMS s'applique lorsque le système possède au moins une structure présentant des dimensions micrométriques, et que la fonction du système est en partie assurée par la forme de cette structure.

C'est un domaine de recherche relativement récent qui combine l'utilisation des techniques électroniques, informatiques, chimiques, mécaniques, optiques. Les microsystèmes sont le plus souvent à base de silicium, mais on utilise également d'autres matériaux suivant l'adéquation de leurs propriétés physiques à certaines applications, comme les métaux, les matériaux piézoélectriques, divers polymères, etc.

#### Crédits des photos :

- la photo de l'EUROMALE est issue du site Internet de EADS ;
- les photos du NEURON et de la libellule sont elles tirées du site Internet de la DGA.

## NOTES

(1) *Le rôle des drones dans les armées*. Sénat, annexe au procès-verbal de la séance du 22 février 2006  
<http://www.senat.fr/rap/r05-215/r05-2150.html/>

(2) *Les drones en France*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/base/articles/les\\_drones\\_en\\_France/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/base/articles/les_drones_en_France/)

*Les drones, une grande famille*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/les\\_drones\\_une\\_grande\\_famille/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/les_drones_une_grande_famille/)

(3) Projet de loi adopté par l'Assemblée nationale relatif à la programmation militaire pour les années 2003 à 2008 : <http://www.assemblee-nationale.fr/12/ta/ta0043.asp/>

(4) Tableau réalisé à partir des chiffres rencontrés dans les différents documents cités.

(5) *La DGA teste le premier système de drone intégré*, décembre 2003 :

[http://www.defense.gouv.fr/portal\\_repository/124644415\\_0001/fichier/getData/](http://www.defense.gouv.fr/portal_repository/124644415_0001/fichier/getData/)

(6) *EUROMALE, l'observation en temps réel*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/euromale\\_lobservation\\_et\\_laction\\_en\\_temps\\_reel/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/euromale_lobservation_et_laction_en_temps_reel/)

Page produit sur le site de EADS :

<http://www.eads.com/web/lang/fr/1024/content/OF00000000400005/2/64/40851642.html/>

(7) Programme NEURON :

[http://www.dassault-aviation.com/defense/neuron/n\\_programme.cfm/](http://www.dassault-aviation.com/defense/neuron/n_programme.cfm/)

*Le démonstrateur d'UCAV européen*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/neuron\\_le\\_demonstrateur\\_ducav\\_europeen/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/neuron_le_demonstrateur_ducav_europeen/)

(8) *Le drone de reconnaissance au contact (DRAC)*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/le\\_drone\\_de\\_reconnaissance\\_au\\_contact\\_drac538/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/le_drone_de_reconnaissance_au_contact_drac538/)

(9) Rapport d'information de l'Assemblée nationale du 4 juillet 2001, *Le renseignement par l'image* :

<http://www.assemblee-nationale.fr/legislatures/11/pdf/rap-info/i3219.pdf/>

(10) *L'autonomie des systèmes de drone : pour demain ?* ONERA :

[http://www.cert.fr/dcsd/RESSAC/pres\\_senat.pdf/](http://www.cert.fr/dcsd/RESSAC/pres_senat.pdf/)

*Du drone miniature au micro-drone il n'y a qu'un pas*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/du\\_drone\\_miniaature\\_au\\_micro-drone\\_il\\_ny\\_a\\_quun\\_pas/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/dossiers/du_drone_miniaature_au_micro-drone_il_ny_a_quun_pas/)

(11) Site Internet du concours international universitaire de drones miniatures :

<http://concours-drones.onera.fr/>

(12) *Microdrone libellule pour mini révolution*, site DGA :

[http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre\\_espace/presse/articles/microdrone\\_libellule\\_pour\\_mini\\_revolution/](http://www.defense.gouv.fr/sites/dga/votre_espace/presse/articles/microdrone_libellule_pour_mini_revolution/)

*Le « nanodrone » libellule sera le troisième œil du fantassin*, site de l'armée de terre :

[http://www.armees.com/actualite\\_militaire\\_armee\\_1862.html/](http://www.armees.com/actualite_militaire_armee_1862.html/)



## CONCLUSIONS

### DE LA DEUXIÈME PARTIE

Œil déporté, vision indirecte, prolongement de la vue ou nouvelle « peau » résistant au feu et aux impacts. L'intégration de l'homme à son système d'arme prend sens dans cette rhétorique. La technologie, au plus près du soldat, devient le prolongement direct de ses capacités physiques.

La conceptualisation qu'ont les militaires de leur organisation accentue ce phénomène d'intégration. Dans un système de force, drones, satellites, capteurs et soldats se retrouvent au même niveau, comme composant. Cette conception répond à un système encore plus vaste décomposé en agrégats rationalisés tel Information, Décision, Action.

La prochaine étape de l'intégration, avec les exo-muscles ou les biomatériaux, touchera au corps même du soldat qui sera ainsi « intégré » au processus de guerre technologique.

On peut dès lors imaginer des scénarios dans lesquels le corps du soldat, entré dans la logique de courses technologiques, se verra amélioré constamment.

Les **nanobiotechnologies** semblent l'outil qui permettra l'interface homme/machine et la réalisation d'un vieux rêve, celui du bio-mimétisme, reproduction des « *mécanismes complexes de la nature* ».

Elles entrent aussi dans la robotisation, dans la conception des drones et dans tous les composants micro et donc, nano électroniques. L'utilisation de l'image numérique — et celle poussée de l'information — relève elle aussi d'un vieux rêve : faire la guerre sans perdre de soldats.

Les futurs armements ne peuvent résolument pas être mis au point sans que la DGA ne s'investisse dans les recherches civiles amont. Différentes interactions entre civil et militaire illustrent déjà leur position dans le tissu de recherche français.

Par l'intermédiaire des grandes écoles et de l'organisation du concours sur les micro-drones, la DGA se fournit en éléments neuf de réflexion et de conception en matière de miniaturisation.

Dans la conception des batteries du FELIN ou de la libellule, les recherches civiles du CEA en la matière en font un acteur majeur de l'évolution des programmes, sur lequel les militaires compte fortement.

Le contrat de sous-traitance passé entre EADS et Survey-Copter, PME du civil, fait de celle-ci, par répercussion, l'acteur qui permettra à la DGA d'acquérir son drone miniature.

L'exemple de Survey-Copter alimente la question de la « prolifération » des technologies militaires dans le civil. En effet, cette PME veut se diversifier dans l'agriculture. Mais avant tout, son existence est-elle possible sans les contrats qu'elle passe avec des industriels de l'armements et la DGA ? Peut-on imaginer que le développement de tels outils technologiques (mini drones hélicoptères) soit financé par des agriculteurs ou par le ministère de l'Agriculture ? C'est pour l'instant dans la sécurité intérieure que cette PME se diversifie, nous permettant au passage d'évoquer le rapprochement qui semble exister entre Défense et Sécurité intérieure, au moins au niveau industriel.

Sagem Défense Sécurité est peut être un des exemples les plus flagrant. Cet industriel omniprésent dans les contrats avec la DGA conçoit très bien que les logiques de commando du FELIN ou celles de la BOA avec ses outils de surveillance et d'organisation soient utilisées dans le domaine de la sécurité civile. Sagem en a d'ailleurs fait son credo, leader avec sa filiale MORPHO des solutions biométriques.

Si l'amont doit être assuré, il ne servirait à rien sans sa maîtrise par les industriels. La Défense mobilise donc des capitaux dans le but d'assurer un haut niveau technologique des acteurs industriels militaires, niveau qui lui est indispensable pour pouvoir s'équiper des meilleurs armements. En comprenant dans ses contrats des budgets alloués spécifiquement à la R&D, la DGA permet à Sagem de rester à la pointe des technologies optroniques. Ou encore, en investissant dans un projet sans avenir sur le champ de bataille (le drone de combat NUERON), la DGA maintient pour des contrats futurs la capacité technologique de l'industriel Dassault. Mais qui a besoin de qui ? La Défense peut-elle compter sur la dépendance qu'ont ces acteurs envers elle pour exister ? Aux « *intérêt supérieurs de la Nation* » se mélange ainsi l'intérêt économique de ces industriels : les sommes en jeu étant considérables, il est dans l'intérêt de ceux-ci d'investir d'eux-mêmes dans la R&D pour remporter les appels d'offre.

L'attraction que produit le budget de la Défense est tel, que ces industriels s'allient pour anticiper sur les besoins de la DGA, s'assurant ainsi le futur contrat (ici, celui du démonstrateur de la BOA).

Face à la concurrence, des acteurs du secteur textile témoignent : des projets « nano » portés par les militaires pourraient leur permettre de résister à la pression étrangère.

Le rapport *Nanotechnologies : prospective sur la menace et les opportunités au service du combattant* sonne lui comme un appel : le CEA au travers des solutions envisagées pour répondre aux besoins militaires ainsi que dans les recommandations finales sollicite vivement la Défense à investir dans la recherche amont, c'est-à-dire entre autre chez lui.

Finalement, tout le monde semble d'accord : nous retiendrons les discours « passionnés » de M. François MAGNE, directeur-adjoint de la recherche du groupe Thales aux côtés de M. Xavier PASCO de la Défense qui accordent leur voix devant le Sénat pour plaider en faveur de la recherche en nanotechnologies.

Ces multiples interactions du privé et du public, du militaire et du civil ainsi que la convergence des intérêts sur la recherche amont poussent à appréhender de plus près cette recherche.

Le choix est donc fait de finir ce dossier par l'étude des complexes et réseaux qui rendent possible ce futur de l'armement, notamment ceux en rapport avec les nanosciences et nanotechnologies.

### **Nanosciences et nanotechnologies**

Les scientifiques ne sont pas unanimes quant à la définition de «nanoscience » et de « nanotechnologie ». C'est un domaine de recherche pluridisciplinaire concernant la physique, la chimie, la biologie...

On peut néanmoins retenir que la nanoscience concerne l'étude des phénomènes observés dans des objets, des structures, des systèmes dont la taille est de quelques nanomètres dans au moins une des dimensions de l'espace, et dont les propriétés découlent spécifiquement de cette taille nanométrique (c'est-à-dire qu'elles sont différentes de celles d'un objet, système ou d'une structure similaire de taille plus importante).

Les nanotechnologies sont quant à elles le domaine qui s'intéresse aux applications de ces phénomènes.

Nous nous appliquerons à suivre dans ces réseaux la présence des industriels de l'armement, de la DGA ainsi que les technologies et techniques nécessitées et utilisées par les militaires, ce qui nous permettra d'en identifier les possesseurs. Pour cela, il est utile de retenir certains points :

- L'importance des capteurs chimiques, biologiques ainsi que les technologies des puces et l'implication de STMicroelectronics dans ce domaine.
- L'importance du développement des textiles techniques intégrant la micro-électronique.
- L'utilisation massive de l'optronique et des technologies thermiques jour/nuit dans les drones, la BOA ou FELIN.
- L'existence de spin-off de la haute technologie comme SilMach, créateur de la libellule.

***TROISIÈME PARTIE***

**NATURE DE L'OFFRE TECHNOLOGIQUE  
POUR L'ARMEMENT FUTUR**

## NANOSCIENCES ET NANOTECHNOLOGIES EN FRANCE

*À l'heure actuelle, les experts s'accordent sur la capacité des nanosciences et nanotechnologies à produire au cours du XXI<sup>e</sup> siècle une troisième révolution industrielle et économique, sans précédent dans le monde car elle affectera tous les secteurs d'activité économique.*

Extrait du discours du Ministre délégué à la recherche, à Grenoble, décembre 2004 (1)

### RÉSEAUX ET PRÉSENCE MILITAIRE

#### **Le Réseau de recherche en micro et nano technologies (RMNT)**

D'après une étude de la Commission européenne, la France se classe au cinquième rang mondial en terme de nombre de publications dans le domaine des nanosciences et son « effort financier public » la place au deuxième rang européen derrière l'Allemagne. Depuis les années 1970, le CNRS et le CEA, les deux principaux organismes de recherche en France, se sont forgés une réputation internationale de premier plan dans le domaine des nanotechnologies. Pour dynamiser la position de la France au niveau mondial, les pouvoirs publics ont renforcé et réorganisé la recherche publique française en micro et nano technologies dès 1999 avec la mise en place du Réseau national de micro et nano technologies (RMNT).

L'objet principal de ce réseau a été de soutenir la collaboration entre recherche publique et industrielle. De 1999 à 2004, son Comité d'orientation a examiné 146 projets, en a labellisé 59 représentants à eux tous un investissement de 200 millions d'euros et il leurs a versé 50 millions d'euros d'aides publiques. Résultats : 20 brevets déposés, 180 publications acceptées, 5 entreprises créées et 10 projets pour lesquels une industrialisation est en cours.

Le réseau a donc contribué à structurer et fédérer le potentiel français de R&D en micro et nano technologies, qu'il soit public ou privé. Il a surtout diffusé au tissu industriel « les informations sur l'importance que représente les micro et nano technologies pour le futur » (2).

Dans le Comité d'orientation, qui a donc été le moteur de ce réseau, sur les huit membres industriels, deux sont des filiales de Thales, et un, STMicroelectronics, est un « ami » (3) de Thales. Quand à la DGA, elle y siège en tant qu'administration (4).

#### **Le Réseau national en nanosciences et en nanotechnologies (R3N)**

Dans le même temps, le programme *National Nanosciences* associant le ministère de la Recherche, le CNRS, le CEA, et la DGA (présente là aussi dans le comité de coordination (5)) a démarré fin 2002 afin de soutenir et de coordonner les projets de recherches menés dans les laboratoires publics.

Piloté par l'Agence nationale de la recherche, ce programme est mis en œuvre dans le cadre du Réseau national en nanosciences et en nanotechnologies (R3N), dont les trois axes principaux sont :

- le financement de plates-formes scientifiques et technologiques dites « grandes centrales » ;

- le financement des meilleurs projets « amont », mettant en réseau les laboratoires académiques ;
- le financement des meilleurs projets « aval », mettant en réseau des laboratoires publics, des centres de recherche privés de grandes entreprises et des PME innovantes.

Avec ce programme, « *la France se donne ainsi les moyens et les structures nécessaires pour conforter sa position de tête en Europe* » (6).

### **Le CEA comme structure support du programme *National Nanoscience***

Pour l'animation scientifique et la gestion opérationnelle du programme, l'Agence nationale de la recherche a décidé de s'appuyer sur le CEA, en tant que structure support.

Un autre organisme peut être également cité ici, l'Observatoire des micro et nano technologies (OMNT), qui a pour partenaires : la DGA, METIS (collaboration entre recherche et industrie du textile), la Direction des applications militaires du CEA (DAM), ainsi que deux organisme d'investissements dont le CEA Valorisation. Cet organisme donne principalement des conférences où des experts viennent exposer leur point de vue sur les potentialités de leurs recherches.

### **Les « grandes centrales » de nanotechnologie**

Ces plates-formes de nanotechnologies financées en partie par le ministère délégué à la Recherche se situent dans cinq sites différents. Elles ont chacune un domaine qui leur est spécifique et forment en commun un ensemble cohérent, auquel il faut ajouter des compétences dans des domaines connexes (biotechnologies, biopuces, microsystèmes...) (7).

- Grenoble, autour de MINATEC, sur le thème premier de la microélectronique, avec le rôle central du CEA-LETI, des laboratoires en réorganisation de l'Université Joseph-Fourier, de l'Institut national polytechnique de Grenoble (INPG) et du CNRS, et une participation également de laboratoires lyonnais (dont le P4 de Biomérieux).
- la Franche-Comté, autour du nouvel Institut « Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies » (FEMTO-ST), qui regroupe depuis 2004 cinq laboratoires franc-comtois pour mener des activités de recherche pluridisciplinaire en électronique, optique, mécanique et énergétique, avec une spécificité sur la relation entre « la mécanique et l'optique ».
- Toulouse, structurée autour du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS), laboratoire CNRS à Toulouse avec une spécificité sur la micro-électronique de puissance.
- Lille avec l'Institut d'électronique, de micro-électronique et de nanotechnologie (IEMN), créé dans le courant des années 1990 en regroupant les moyens du CNRS, de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, de l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, et de l'Institut supérieur d'électronique du Nord (ISEN), et les élargissant dans le cadre du nouvel Institut de recherche sur les composants logiciels et matériels pour l'information et la communication avancée (IRCICA), avec une spécificité sur les micro-ondes.
- l'Île-de-France, secteur Sud, avec deux laboratoires : l'Institut d'électronique fondamentale (IEF), à Orsay, et le Laboratoire de photonique et de nanostructures (LPN), à Marcoussis, avec une spécificité sur les nanostructures.

Par comparaison avec les technologies évoquées dans l'étude des trois projets de la partie deux, la DGA a intérêt à être présente dans ces plates-formes pour les recherches amont qui y sont effectuées. Nous ne développerons pas plus ici, mais peuvent être retenu :

- le thème de la micro électronique, prépondérant voir central dans la conception du matériel militaire en général ;
- le thème de l'électronique thermique et optique, rentrant dans la conception du matériel optronique et des capteurs infrarouge ; voir la nuit pour un FELIN ou un drone ;
- les sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC), c'est-à-dire le département auquel est rattaché le CNRS et qui donne corps au LAAS. Ce département, sous la coupe d'une approche d'architecture réseau correspond tout à fait aux attentes de la DGA quand aux technologies nécessaires à la constitution d'une BOA ;
- enfin, l'IRCICA s'est fait une spécialité des micros-ondes dans la communication.

MINATEC, inauguré le 2 juin 2006 à Grenoble, est la grande centrale la plus importante en France, ainsi que le premier pôle européen en micro et nano technologies. La dynamique qui existe autour du CEA-LETI, du CEA-Grenoble, de nouveaux pôles comme Crolles2 ou Minalogic fait de Grenoble une ville à la pointe de l'Europe en matière de recherche en micro et nanotechnologies.

Le dernier point de ce dossier sera donc consacré à MINATEC et au CEA-Grenoble, éléments centraux dans la compréhension des relations qui existent entre l'industrie, les nanotechnologies et les projets militaires.

## LES FINANCEMENTS

### DES COMPTES QUI NE REFLÈTENT PAS LA RÉALITÉ DE LA DÉFENSE

#### **Les financements publics des micros et nanotechnologies : comparaison**

Dans le tableau suivant, pour donner une idée des ordres de grandeur, sont pris en compte pour la France les financements mis en œuvre par les trois ministères (Recherche, Industrie, Défense) et par les quatre établissements publics (CNRS, CEA, INSERM, ANVAR) intervenant dans le champ des nano et micro technologies.

#### **TABLEAU DE SYNTHÈSE DES FINANCEMENTS PUBLICS NANO/MICRO**

Chiffres tirés du rapport du ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche :

*Le financement des nanotechnologies et des nanosciences.*

*L'effort des pouvoirs publics en France.*

*Comparaisons internationales (8)*

	FRANCE	USA	JAPON
<b>2001</b>	445,9	489	484,8
<b>2002</b>	486,7	698	740
<b>2003</b>	551,6	770	1192,8
<b>2004</b>	594,5	849	non disponible

Chiffres en millions d'euros

## Le financement de la recherche en nanotechnologies par le ministère de la Défense

Toujours selon le rapport cité plus haut, la DGA, par son département « composants », mène essentiellement des actions de deux types :

- passation de marchés dans le cadre de « plans d'études amont », qui ne concernent aujourd'hui que des technologies matures et critiques pour la défense nationale ou à très fort potentiel de rupture : la DGA consacre à ces actions 80 millions d'euros sur les années 2003-2006, soit environ 20 millions d'euros par an en moyenne ;
- octroi de bourses de thèse qui peuvent viser des sujets situés plus en amont : la DGA consacre actuellement environ 0,35 M€ par an au soutien de thèses en cours sur des thèmes relevant de ce domaine, pour une durée moyenne de 17 mois par action.

### *Évolution du budget de la NNI\* (États-Unis) depuis sa création en 2001 et répartition des crédits entre les différentes agences (9)*

AGENCY	2001	2003	2004	2005
National Science Foundation	150	221	254	338
Defense	125	322	315	257
Energy	88	134	203	210
Health and Human Services (NIH)	40	78	80	145
Commerce (NIST)	33	64	63	75
NASA	22	36	37	45
Agriculture	0	0	1	3
Environmental Protection	5	5	5	5
Justice	1	1	2	2
Homeland Security	0	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>464</b>	<b>862</b>	<b>961</b>	<b>1081</b>

\*NNI. La recherche et le développement dans le domaine des nanotechnologies aux États-Unis sont coordonnés au niveau fédéral par la National Nanotechnology Initiative mise en place en 2001.

Montants en millions de dollars

**Aux États-Unis la Défense a donc, en 2003 et 2004, bénéficié du premier budget en nanotechnologies et du deuxième en 2005 avec 257 millions de dollars.**

La France, qui occupe le deuxième rang européen dans le domaine des financements publics des nanotechnologies, ne dépenserait, en matière de Défense, que le dixième du budget des États-Unis pour le même domaine ?

Le besoin de recherche généré par les programmes de la DGA ne s'exprime pas dans les chiffres donnés.

Le rapport d'où sont tirés les chiffres « plans d'études amont », fait à l'Assemblée nationale en octobre 2005, donne plus de détails sur la manière dont la Défense appréhende l'innovation technologique.

*« L'innovation technologique est largement favorisée par la vigueur du tissu des PME innovantes. Si l'État, qui agit par la commande publique, et les grands groupes industriels — qui agissent par leur recherche et développement — sont bien conscients de cet enjeu, il n'en demeure pas moins que cet effort n'est pas optimal. [...] L'État et les acteurs économiques doivent donc concentrer leur attention sur quelques PME, en pointe sur des technologies dont la maîtrise relève de la protection de la souveraineté. Sans volontarisme politique et industriel, le tissu de PME ne pourra être renforcé. [...]*



*Pour préserver l'avenir de l'industrie européenne de technologie, des fonds d'investissement doivent être capable d'intervenir pour consolider le développement des "champions" nationaux ou européens choisis jusqu'au stade de maturité. [...] Il faut s'assurer que ces technologies, très souvent développées par des PME, demeurent en France et en Europe en toute indépendance de l'étranger. »*

C'est donc comme une administration active, jouant de son poids financier ainsi que des intérêts supérieurs qui la guident que la DGA se dessine, à l'opposé d'un organisme passif se limitant à une simple veille ou attente de voir des technologies l'intéressant poindrent.

## **LA DÉFENSE : PILIER DANS LA VALORISATION DES TECHNOLOGIES**

### **Valorisation, spin-off et technologie militaire**

*« De nombreuses entreprises ont déjà engagé, sur le territoire français, des programmes de recherche et développement dans le domaine des nanotechnologies, tels que STMicroelectronics, Philips, Freescale, Thales, EADS, Biomérieux, Alcatel, Saint-Gobain, Rhodia, ou encore de petites entreprises comme Tracit, Xenocs, etc. » (10)*

Les deux dernières entreprises, Tracit et Xenocs, sont le fruit de l'essaimage du CEA et de l'Institut Laue-Langevin c'est-à-dire dans le langage anglo-saxon, des *spin-off*.

#### **Essaimage et spin-off**

L'essaimage désigne la démarche consistant pour une entreprise à aider un ou plusieurs de ses salariés à créer sa propre société. Il s'agit d'une mesure d'accompagnement de départ. L'aide apportée peut être matérielle (l'entreprise fournit les technologies nécessaires), financière, logistique ou encore commerciale (l'entreprise s'engage à passer des commandes).

Une *spin-off* est une structure créée à la suite de l'essaimage d'une grande entreprise, en général technologique ou innovant, et qui est amenée à prendre son indépendance en contrepartie d'une participation au capital.

L'étude de ces entreprises issues de la recherche publique permet d'une part de saisir la mince limite qui peut exister entre recherche publique et intérêt privé, mais aussi les liens que la Défense crée avec ces entreprises de haute technologie.

### **La *spin-off* Soitec : du militaire au civil**

En 1984, la France se distingue par un effort de recherche particulièrement suivi : le silicium sur isolant (SOI), meilleure solution pour obtenir des circuits intégrés résistants aux rayonnements radioactifs, nécessaires pour les ogives nucléaires françaises.

Le CEA-LETI est le premier au monde à mettre au point une technique de SOI, le SIMOX.

C'est à cette époque que se décide la création de la *spin-off* Soitec, à l'initiative de deux chercheurs qui travaillent sur le SOI au CEA. Il s'agit pour eux et certains cadres du CEA, par l'intermédiaire de Soitec, de vendre le SOI mis au point au point à Thomson TCS (armement) pour les développements militaire et spatiale que cet industriel veut en faire.

Par rapport au silicium ordinaire, le SOI permet de fabriquer des puces beaucoup plus rapides et beaucoup moins gourmandes en énergie électrique. Ce constat relance d'autant plus

les travaux du CEA-LETI et de Soitec, et aujourd'hui, cette technologie originalement issue de nécessités militaires, d'abord utilisée dans le nucléaire puis dans d'autres applications militaires, est utilisée dans la conception d'ordinateurs portables, de téléphones mobiles et d'autres outils " nomades ".(11)

### **Le CEA-Valorisation : un puit pour la Défense**

Le CEA-Leti a permis la création d'autres petites entreprises basées sur la technologie du SOI ; tel est le cas de Soisic ou encore de Tracit créée en 2003. Cette dernière produit des wafers adaptés à la fabrication de micro systèmes MEMS (12).

C'est cette technologie qui permet aujourd'hui à la *spin-off* du CNRS, SillMach, de mettre au point les ailes du nano-drone libellule, sous contrat avec la DGA.

Ces *spin-off* sont le fruit du travail de CEA-Valorisation, qui a pour « *mission de générer de la valeur en ; investissant dans des start-ups créées sur la base d'innovations technologiques issues du CEA ; commercialisant des licences d'exploitation de brevets ou de savoir-faire appartenant au CEA à d'autres organismes de recherche ou à des sociétés innovantes.* » En somme, faire passer l'innovation technologique publique directement dans le privé.

Quelques-unes de ses créations peuvent être citées, pour se rendre compte de la proximité de leur spécialité avec les attentes de la DGA (13) :

- ALCHIMER, spécialisé en électrogreffage de polymères pour la fabrication d'implants biomédicaux (**technologie attendue pour l'aide médicale des FELIN V2**) ;
- INTEXIS spécialisé dans les sous-ensembles optiques et électroniques à haut débit pour les transmissions optiques de courte et moyenne distances (**technologie de transmission haut débit nouvelle génération pour la communication sans fils et le transfert rapide de données numériques notamment, élément central d'une BOA**) ;
- TRONIC'S MICROSYSTEMS spécialisé dans les composants MEMS spécifiques à forte valeur ajoutée tels que les capteurs inertiels (accéléromètres et gyromètres), les composants optiques (miroirs), les composants radio-fréquence et les microstructures de précision pour BioMEMS et SiOB.
- ULIS, détecteurs d'image infrarouge de type microbolomètre (**optronique de nuit**).

### **TRONIC'S et ULIS : même combat**

Dans le rapport *Nanotechnologies : prospective sur la menace et les opportunités au service du combattant*, TRONIC'S est recommandé à la Défense par le CEA en ce qui concerne les technologies de capteurs nécessitées par le FELIN V2. (cf. le FELIN, partie 2).

Quand à SOFRADIS, cité dans le même rapport pour les mêmes raisons, elle est en fait la grande sœur d'ULIS, la *spin-off* du CEA.

ULIS, filiale de SOFRADIR (à 85 %) et du CEA (à 15 %), développe pour le civil la technologie militaire de détecteur infrarouge mise au point au CEA-LETI, commercialisée en son temps par SOFRADIR en direction de la Défense.

Le rapport fait par le CEA pour la Défense apparaît alors comme un catalogue de vente, ou en plus d'orienter sur ses propres travaux, le CEA vente littéralement ses entreprises.

## Des contrats types prévus par la DGA

La création de *spin-off* est l'occasion pour un scientifique de valoriser son travail. En sortant du cadre public, avec l'aide de sa structure « mère », il peut vendre le fruit de ses recherches.

Le monde scientifique semble au fait permanent des attentes de la DGA : au contact permanent avec celle-ci, par l'intermédiaire des colloques, des sujets de thèse proposés, des comités d'orientation ou de concours DGA, nul n'est besoin d'imagination pour proposer un projet cohérent à la DGA, prête à recevoir toute proposition.

Pour tirer pleinement parti du potentiel d'innovation existant dans l'industrie, et traiter avec réactivité des propositions spontanées susceptibles d'apporter une contribution significative à la Défense, une procédure spécifique est mise en place sous le nom de « REI » : Recherche exploratoire et innovation (en remplacement des anciennes « Propositions non sollicitées » - PNS), dont bénéficie le projet libellule.

Cette procédure vise à proposer aux entreprises innovantes et aux organismes publics un accès facilité aux recherches avec :

- un point d'entrée à la DGA au sein du Service des recherches et technologies de défense et de sécurité (SRTS) ;
- des critères clairs d'éligibilité des projets s'appuyant sur la Mission pour la recherche et l'innovation scientifique de la DGA et sur une commission de sélection des projets ;
- un mode de contractualisation rapide : la mise en place de « contrats types » renseignés directement par le proposant, associés à un type de contractualisation permettent d'accélérer le traitement de ces propositions (l'objectif visé étant un délai de contractualisation n'excédant pas 6 mois) (14).

## En matière de textile, METIS satisfera la DGA

<p><b>Passeports électroniques et biométriques</b></p> <p>Arjo Wiggins, l'industriel papier faisant partie de METIS, pourra bénéficier des découvertes de MINATEC en matière de puce RFID (Radio Frequency Identification), puces lisibles à distance équipant déjà les passeports biométriques américains et la futur carte d'identité biométrique INES qui sera disponible en France en 2007. Arjo Wiggins a déjà décroché le contrat pour le papier spécial des passeports électroniques français qui seront disponibles en octobre 2006.</p>
--

En matière de textile, les militaires attendent beaucoup. Le FELIN V2 ne pourra voir le jour sans les possibles intégrations à son uniforme de la micro et nano électronique comme des micro-panneaux solaires intégrés aux fils du vêtement ou des systèmes médicaux autonomes. Dans l'élaboration de la deuxième génération de ce soldat, le rapport *Nanotechnologies : prospective sur la menace et les opportunités au service du combattant* fait état de l'intégration de capteurs d'éléments chimiques, biologiques et biochimiques ou de détecteurs de laser à la tenue du FELIN V2. Des fonctions de résistance au feu, de résistance aux impacts, de barrière électromagnétique ou anti-UV sont aussi attendues. Le rapport y associe des solutions utilisant des particules de nano-argile, des nanotubes de carbone ou des fibres nanostructurées. Selon Alcimed et le CEA, ces technologies devraient mettre 5 à 8 ans pour apparaître.

Six mois après cette étude, en octobre 2004, est initiée dans la région Rhône-Alpes METIS, une collaboration entre MINATEC et quatre industriels du textile plus un du papier.

Objectif : accompagner ces industries traditionnelles à faire face à la nouvelle mutation industrielle en cours. L'idée de Métis est de construire une équipe qui regroupe les

compétences et les moyens de différents industriels et d'un centre de recherche spécialisé en micro et nano technologies, MINATEC (15).

De nouveaux produits textiles et papiers valorisant les développements technologiques de MINATEC sont attendus, ils correspondent, à plus ou moins fort degré, aux évolutions techniques citées en début de paragraphe attendues pour l'uniforme du FELIN V2 :

- utilisation de nanoparticules fonctionnalisées pour les fibres et surfaces textiles,
- intégration de capteur de mouvement/position dans des vêtements pour des applications de monitoring dans le sport ou la santé,
- développement de capteurs d'analyse biochimique intégrés au textile,
- développement de sources d'énergie compatibles avec des substrats souples.

Raisonnement, il peut être affirmé que les attentes des militaires dans le domaine du textile technique seront satisfaites en temps voulus.

## NOTES

(1) Discours du ministre délégué à la Recherche. Présentation du *Programme nanosciences-nanotechnologies*, Grenoble, 16 décembre 2004.

Consultable sur : <http://www.recherche.gouv.fr/discours/2004/dnanotechimp.htm/>

(2) *Programme nanosciences-nanotechnologies*. jeudi 16 décembre 2004.

Communiqué de presse du ministère délégué à la recherche, consultable sur : [www.recherche.gouv.fr/discours/2004/dpnanotech.pdf](http://www.recherche.gouv.fr/discours/2004/dpnanotech.pdf)

(3) Voir partie 2, FELIN, paragraphe sur les *systems on chip*.

(4) Information consultable sur le site du réseau RMNT. Page *Présentation des membres du comité*. [http://www.rmnt.org/presentation/pr\\_orga\\_co.html#membres%20co/](http://www.rmnt.org/presentation/pr_orga_co.html#membres%20co/)

(5) et (6) *Idem* (2).

(7) *Les nanotechnologies en France*. Invest in France Agency.

Consultable sur : [www.cnsi.ucla.edu/cnsi/attachments/newsNanotech.pdf/](http://www.cnsi.ucla.edu/cnsi/attachments/newsNanotech.pdf)

(8) *Le financement des nanotechnologies et des nanosciences. L'effort des pouvoirs publics en France. Comparaisons internationales*, janvier 2004.

Consultable sur : [lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/044000118/0000.pdf](http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/044000118/0000.pdf)

(9) *La politique de r&d en nanotechnologies aux États-Unis*. Ambassade de France aux États-Unis, mai 2005. Consultable sur : [http://www.france-science.org/photos/1115287255\\_USpolicy\\_nano.pdf/](http://www.france-science.org/photos/1115287255_USpolicy_nano.pdf/)

(10) *Programme Nanosciences-Nanotechnologies*. jeudi 16 décembre 2004.

Communiqué de presse du ministère délégué à la recherche, consultable sur : [www.recherche.gouv.fr/discours/2004/dpnanotech.pdf](http://www.recherche.gouv.fr/discours/2004/dpnanotech.pdf)

(11) *De l'atome à la puce. Le Leti : trente ans de collaborations recherche-industrie*, Benoît Playoust, plaquette du Leti, 1998.

(12) Article du CEA consultable sur :

<http://www.cea-technologies.com/article/article.php?article=228/>

(13) Site du CEA-Valorisation, page *Nos participation* : <http://www.cea-valorisation.com/scripts/home/publigen/content/templates/show.asp?P=258&L=FR&ITEMID=9/>

(14) Site de IXARM, le portail de l'armement.

<http://www.ixarm.com/-Propositions-non-sollicitees-/>

(15) Informations tirées du site de MINATEC, consultables sur :

[http://www.minatec.com/actualite/articles/metis\\_09-05.htm/](http://www.minatec.com/actualite/articles/metis_09-05.htm/)

# LE CEA-GRENOBLE À LA POINTE DE LA TECHNOLOGIE ET DE LA LIAISON MILITAIRE/SCIENTIFIQUE/INDUSTRIELLE

## Quelques éléments de compréhension

### **Du nucléaire aux nanotechnologies**

C'est à Richard P. Feynman qu'il faut attribuer la première idée d'explorer et d'exploiter l'infiniment petit. Chef de la division théorique dans le projet Manhattan qui donna naissance à la bombe atomique américaine, il prononça en décembre 1959 une conférence intitulée « *There is plenty of room at the bottom* » (il y a plein de place en bas) considéré comme le texte fondateur des nanotechnologies (1).

Richard P. Feynman explique : de la même façon que toutes les informations nécessaires à l'organisation de la complexité de l'homme sont contenues dans « *une longue chaîne de molécules d'ADN dans laquelle une cinquantaine d'atomes sont utilisés par bit d'informations* », il n'y a aucune loi physique qui empêche de faire tenir l'intégralité des 24 volumes de l'*Encyclopædia Britannica* sur une tête d'épingle.

« *Considérez la possibilité que nous puissions nous aussi fabriquer une très petite chose qui fasse ce que nous voulons, que nous puissions manufacturer un objet qui manœuvre à ce niveau ! [...] Que se passerait-il si nous pouvions agencer les atomes un par un ?* »

La première application de ces manipulations atomiques qui vient à l'esprit de Richard P. Feynman, c'est la miniaturisation des ordinateurs : « *L'information ne peut aller plus vite que la vitesse de la lumière et ainsi, en définitive, au fur et à mesure que nos calculateurs deviendront de plus en plus rapides, nous devons les faire de plus en plus petits.* »

La forte implication du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), maître d'œuvre de la bombe atomique française, dans les nanotechnologies, peut se résumer ainsi : les nanotechnologies, « *c'est un programme de technologie atomique moins la radio-activité* » (2).

### **Puces, microprocesseurs et micro et nano électronique**

Le microprocesseur est le cœur des micro-ordinateurs. À strictement parler, il s'agit d'un processeur qui a été réduit à une taille suffisamment petite pour tenir sur une puce.

En 1980, Gordon Moore énonça une loi selon laquelle le nombre de transistors des microprocesseurs sur une puce de silicium double tous les deux ans. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une vraie loi physique, cette prédiction s'est révélée étonnamment exacte.

Le transistor est l'invention déterminante sans laquelle l'électronique et l'informatique ne posséderaient pas leurs formes actuelles. Les conséquences de sa miniaturisation sont déterminantes : les machines électroniques sont devenues de moins en moins coûteuses et de plus en plus puissantes.

L'importance de cette croissance exponentielle de puissance de calcul est à replacer dans le contexte général de l'utilisation de l'informatique dans nos sociétés : le rôle central qu'elle occupe dans le transport de l'information, son stockage et son traitement en ont fait un acteur majeur du développement de nos sociétés et du processus de mondialisation/rationalisation qui l'accompagne.

Sa traduction anglaise, « *science du calcul* », à laquelle est aujourd'hui préférée TIC pour Technologie de l'information et de la communication la replace dans son domaine éminemment scientifique.

Aujourd'hui, une impasse s'y dessine : la loi de Moore atteindra ses limites à l'horizon 2015 lorsque la gravure des puces sur silicium présentera des traits si proches qu'il sera impossible d'éviter des phénomènes incontrôlés.

Les nanotechnologies, en partant du bas (*bottom up*) inverse l'approche de miniaturisation du haut vers le bas (*top down*) et deviennent ainsi la référence du « tout petit ».

## **Grenoble, ville stratégique**

Le 2 juin 2006 le CEA-LETI inaugure MINATEC, premier pôle européen des micro et nano technologies. Ce centre intégrera salles de recherche fondamentale, écoles ainsi qu'une plate-forme dédiée aux industriels pour « l'application industrielle immédiate ». Autour s'organisent NANOTEC 300 également initié par le CEA-LETI et Crolles-2 qui viennent compléter ce pôle d'excellence.

### **Crolles-2 : leader en nano-puces électroniques**

Freescale Semiconducteurs, STMicroelectronics et Philips ont choisi de s'installer sur le site de Crolles, près de Grenoble pour mettre ensemble au point des technologies CMOS de fabrication de puces de 90 à 32 nanomètres sur des tranches de silicium de 300 millimètres.

Objectif : devenir leader mondial de ce type de puce que le marché attend pour répondre aux nouveaux besoins de l'industrie et des consommateurs. L'alliance d'une durée de cinq ans mobilisera 3 milliards d'euros jusqu'à 2007 (5).

### **NANOTEC 300 : échanges public/privé**

Le CEA-LETI a signé en avril 2004 un accord avec les 3 acteurs de Crolles-2 pour la création d'une nouvelle plate-forme baptisée NANOTEC 300. Cet accord représente pour le CEA une augmentation significative de son effort de recherche et développement en microélectronique.

Le but : alors que sur le site de Crolles-2 sont développés actuellement des technologies en 90 et 65 nanomètres, NANOTEC 300 descendra jusqu'à 45 et même 32 nanomètres. Cette plate-forme va permettre d'anticiper le développement des modules technologiques innovants nécessaires à la transition vers les dimensions nanométriques. Ce dispositif amont contribuera à l'accroissement de la compétitivité de Crolles-2.

Ce projet représente un investissement total de 300 millions d'euros financés par l'État, les membres de Crolles-2 et les collectivités locales. « *Il confirme l'engagement du CEA dans le domaine de la recherche technologique à finalité industrielle ainsi que sa volonté de poursuivre le développement de son laboratoire LETI après l'effort important déjà consenti dans le cadre du pôle MINATEC.* » (6)

### **MINATEC : la recherche à but industriel**

Fer de la micro électronique, le projet fut lancé par la CEA-LETI et l'INPG (Institut national polytechnique de Grenoble). Il regroupera deux écoles d'ingénieurs, les laboratoires du CEA-LETI, du CEA Grenoble, de l'INPG et de l'Université Joseph-Fourier.

### MINATEC en chiffres

- **169 millions** d'euros d'investissements publics et privés dont 110 millions de fonds publics.

- **8 hectares** de bâtiments dont un de haute technologie dédié au partenariat recherche-industrie.

- Plus de **3 000 personnes** à terme sur le site dont :  
1 000 étudiants,  
120 enseignants-chercheurs,  
1 200 chercheurs publics.

MINATEC représente ce qui se fait de mieux dans la liaison recherche/industrie. Il accueillera des start-up dans leur phase de croissance, les PME innovantes et les équipes R&D de grands groupes dans ses laboratoires pour développer les synergies (1bis).

Une autre composante de MINATEC : l'IDEAS Laboratory, un laboratoire dédié à la conception de nouveaux produits et services utilisant les micro et les nano technologies. Il est composé d'équipes provenant d'horizons très variés : la sociologie, l'anthropologie ou l'ergonomie y côtoient des technologues et des utilisateurs de tous âges. À l'initiative du CEA-LETI, de ST Microelectronics et de France Télécom R&D, il « *vérifie la valeur d'usage et la valeur économique des nouveaux objets et services* » qui pourraient voir le jour grâce aux recherches effectuées dans le pôle MINATEC. Il est le créateur d'idée pour les objets du futur (2).

La présence d'une telle structure au sein d'un organisme de recherche amont ou fondamentale remet fortement en question la nature de cette recherche. À ce stade de proximité entre recherche et application, comment définir celle-ci ? La différence ne tient plus qu'à la centaine de mètres qui existe entre les bâtiments, ou au temps d'écriture et de transmission des rapports de recherche.

Et encore, cette interprétation ne tient pas compte de certaines réalités ; l'IDEAS LAB, ou laboratoire d'idée, est une structure d'imagination, c'est-à-dire que son travail anticipe sur les recherches ; on ne peut non plus imaginer l'investissement fait par ST et France Télécom sans une attente de retour d'investissement de leur part ; ni penser cette structure sans prendre en compte l'action de spéculation du CEA Valorisation.

À quel point peut on parler de recherche « neutre », « fondamentale » quand celle-ci a une finalité industrielle ?

Parallèlement, le CEA a lancé le projet « nanobio » en collaboration avec l'Université Joseph-Fourier, et il assure le pilotage de « Nano2Life », premier réseau d'excellence européen en nanobiotechnologies reconnu par la Commission européenne dans son sixième Programme-Cadre de recherche et développement technologique (3).

### CEA-Grenoble : liaison militaro/scientifique

De 1956 à 1970, Louis NEEL fut le premier directeur du CEA-Grenoble. Physicien expert en magnétisme, il reçut le prix Nobel de physique en 1970. Durant sa carrière, il avait déjà été honoré de la Croix de Guerre pour ses travaux sur les mines magnétiques réalisés pendant la Seconde Guerre mondiale.

Pendant cette période à la direction du CEA-Grenoble, il occupa parallèlement différents postes, tel que : de 1952 à 1976, Conseiller scientifique de la Marine nationale ; de 1960 à 1980, représentant de la France au comité scientifique de l'Otan ; de 1965 à 1980, siège au Comité d'action Scientifique de la Défense. Durant toute sa carrière, il fut donc au contact permanent des militaires.

Finalement, il finira par présider à partir de 1983 le prix Science et Défense destiné à récompenser « *ceux qui auront contribué d'une manière éminente à l'avancement des sciences et des techniques dans les domaines intéressants la défense* » (4).

Depuis 2000, Jean TERMES est à la direction du CEA-Grenoble. Avant cela et la prise de direction du CEA-LETI en 1992, il fit lui aussi carrière dans le domaine militaire, chez Thomson et Alcatel.

## **Le CEA-LETI, futur « CEA des technologies de l'information, de la communication et de la sécurité » ?**

*« Les temps ont changé. Le CEA a décidé de concentrer ses activités nucléaires dans le sud de la France, à Cadarache, Marcoule et Pierrelatte. Les trois réacteurs grenoblois ont été mis à l'arrêt. [...] La page du nucléaire tournée, le centre de Grenoble et ses quelque 4 000 agents se sont cherché un avenir. Et l'ont trouvé avec les technologies de l'information, de l'énergie et de la santé. Elle doit beaucoup aux compétences acquises par le Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information (LETI) du CEA. »*

*Le Monde, 16 mai 2006 (4 bis)*

### **Question de point de vue.**

Dans un rapport fait à l'Assemblée nationale en octobre 2006 (séance portant sur *L'environnement et prospective de la politique de défense*), la partie *Pour une politique volontariste en faveur des technologies clés* fait écho à « *la nécessaire mutualisation des financements publics pour la sécurité nationale : créer un "CEA" des technologies de l'information, de la communication et de la sécurité dont la mission consisterait à stimuler le développement d'une filière industrielle et technologique. [...] Ce "CEA" ne serait pas une institution nouvelle mais plutôt une procédure de mutualisation d'expertises, de financements et d'actions publics et privés.* » (8)

Un Commissariat des nouvelles technologies dédié à la sécurité nationale ? L'apparition d'une telle structure qui fut créée de son temps pour mettre au point la bombe atomique pourrait au passage assurer le basculement, sémantique, de ces technologies du civil au militaire.

### **Avant de tourner la page : « une des plus belles aventures du Leti »**

*« C'est aussi un besoin militaire, le développement de détecteurs et de caméras infrarouges, qui motive en 1978 la création au sein du LETI du Laboratoire infrarouge (LIR)... C'est le début d'une des plus belles aventures du LETI. La Délégation générale pour l'armement (DGA) finance la construction du bâtiment qui hébergera le LIR, ainsi que l'équipe de recherche. Celle-ci comptera de 55 à 85 personnes selon les phases du projet. En fin de programme, la participation de la DGA aura dépassé le milliard de francs !...*

*Suivi et stimulé par la DGA qui bénéficie d'un droit de visite permanent, le LIR mène ces travaux avec autant d'inspiration que de réussite, animé par un esprit "pionnier" qui rappelle celui des débuts du LETI. "L'omniprésence de la DGA ne nous gênait pas, car on nous laissait le droit d'inventer des choses nouvelles, raconte Georges Guernet, alors à la tête du LIR. Et puis il y avait ces soirées où l'on dînait ensemble avant de se remettre au travail, ces passages au tableau pendant les réunions d'évaluation, les engu... parfois mémorables... pour moi et pour beaucoup d'autres, c'est de très loin le meilleur souvenir professionnel » (7).*

*« En 1986, la technologie du LIR est sans conteste la plus performante au monde. »*

*SOFRADIR naît la même année, avec dans l'équipe initiale, qui compte 20 personnes, 10 agents du LETI ainsi qu'à la direction « Jean-Louis Tezner, qui vient de superviser les travaux du LIR pendant huit ans pour le compte de la DGA ».*



## MINATEC

### *Une illustration de la liaison scientifique/militaire/industrielle*

#### **La DGA et MINATEC**

En novembre 2002 était signé un accord d'intention CEA/DGA qui vise, notamment, à « *optimiser les moyens nécessaires à la Défense en associant la DGA aux orientations de MINATEC. Ainsi, la DGA participera au choix des sujets de thèses, aux groupes de réflexion sur l'élaboration des programmes du CEA-LETI et cofinancera certains des programmes de recherche retenus. Il permettra aussi à la DGA d'accéder à l'"IDEAS LAB". Ce partenariat traduit la volonté commune des deux acteurs la DGA et le CEA, de mettre en commun leurs efforts de recherche et d'harmoniser leurs objectifs d'innovation technologique.* » (10)

Ce partenariat contribue largement à satisfaire les besoins de la DGA d'accès aux technologies civiles les plus avancées et d'acquisition de technologies spécifiques à la Défense. Mais pas seulement : en participant aux choix faits dans MINATEC, en accédant à son laboratoire d'idée, la DGA devient un acteur actif dans la direction que peuvent prendre les recherches, si t'en est que « *la valeur des objets et des services* » peut être une direction.

C'est la délimitation du rôle de la DGA qui est en cause. En s'intégrant aux instances décisionnelles de MINATEC, la DGA sort du contexte d'une veille technologique ou de la simple évaluation de l'offre technologique.

Le problème de la nature des recherches qu'elle choisie, oriente ou finance est donc posé : n'en fait elle pas des programmes militaires, même si ceux ci sont conduits dans le civil ?

#### **Les industriels et MINATEC**

« *Les partenaires de MINATEC bénéficient ainsi d'une visibilité accrue sur les orientations et les besoins de la Défense. De même, les industriels et les organismes publics rattachés à la Défense ont la possibilité de participer aux activités de MINATEC.* »

Les événements 2003 de MINATEC, suite du communiqué sur le partenariat avec la DGA (10)

Les industriels de l'armement auront donc la possibilité d'être au plus près des attentes de la DGA en matière de micro et nano technologie en travaillant dans MINATEC qui servira de pont entre chercheurs, industriels et militaires, comme « *pôle d'excellence* ».

STMicroelectronics, par exemple, qui travaille sur la technologie des puces et sur les « *lab on chip* » qui intéressent particulièrement Thales mais aussi la DGA pour ce qu'elles représentent en matière de bio-capteurs et capteurs en tout genre, se retrouve donc en partenariat public/privé avec le CEA-LETI dans NANOTEC 300, avec le pôle MINATEC dans l'IDEAS LAB et par conséquent avec la DGA dans ce laboratoire à idée.

Il semble que ST soit un de ces « *champions* » dont parle le rapport de l'Assemblée nationale. Il ne sera sans doute pas trop compliqué pour cet industriel de remporter les prochains contrats en matière de capteurs sur puce qui viendront équiper le FELIN V2.

#### **MINALOGIC : pôle de compétitivité**

Ce pôle de compétitivité isérois ne rassemble pas moins de 52 partenaires acteurs de l'industrie, de la recherche et de l'enseignement supérieur ainsi que des collectivités locales et régionales. Citons entre autres les partenaires que nous avons rencontrés : SOFRADIR, SOITEC, THALES, TTRACIT, TRONICS, MINATEC Entreprises, ULIS, STMicroelectronics...

## POST-CRIPTUM

### Allocution du ministre de la Défense, Michèle Alliot-Marie à MINATEC– 24 mars 2006 (11)

#### *Morceaux choisis*

*« Les risques auxquels nous devons faire face nécessitent de mettre à disposition de l'État, et notamment des forces qui assurent sa souveraineté et la protection de nos concitoyens, des systèmes de plus en plus sophistiqués. Dans ce contexte, les questions de recherche sont vitales. [...]*

*La Défense est aujourd'hui en France un acteur majeur de la recherche. Elle développe et maîtrise les technologies de pointe nécessaires à notre sécurité de demain. Elle appuie les recherches civiles et militaires, qui sont de plus en plus imbriquées. [...] De nombreux programmes de recherche menés aujourd'hui par la Défense contribuent donc à la sécurité. [...] Depuis l'an passé, notre effort en matière de sécurité et de menaces NRBC s'inscrit en effet dans le cadre d'un programme interministériel, financé par le ministère de la Défense.*

*Ce programme permet une continuité entre les besoins de protection de la population, des forces de sécurité ou des forces armées face au terrorisme NRBC. [...]*

*Il est plus que jamais indispensable de dépasser les frontières entre militaire et civil pour mutualiser nos expériences et nos savoir-faire. Depuis longtemps, les recherches initialisées par la Défense pour répondre à ses besoins ont de nombreuses retombées dans le domaine civil. [...] J'entends pour cette raison que la Défense s'ouvre le plus possible vers la recherche civile. [...] Il s'agit de rendre plus efficace le système public de recherche. Ce partenariat permet par ailleurs de faire partager les enjeux de la défense à la communauté civile.*

*Il incite les meilleurs chercheurs de la communauté scientifique et technique française, et le plus grand nombre d'entre eux, à travailler sur des sujets intéressant la défense. [...]*

*Ces pôles ont vocation à dessiner en grande partie la carte du dynamisme économique pour la France des prochaines années. C'est donc tout naturellement que, dès l'impulsion donnée par le gouvernement aux pôles, et tout au long du processus d'appel à projet, la Défense a apporté ses compétences. [...] L'électronique est en effet de plus en plus présente dans notre outil de défense.*

*Les entreprises SOFRADIR et ULIS développent, avec le CEA, la plupart des détecteurs infrarouge qui sont ou seront utilisés dans les systèmes militaires français. D'autres entreprises comme Atmel, ST Microelectronics, Radiall, Soitec, ont aussi un potentiel important pour les futurs équipements de nos forces.*

*Les capacités de recherche offertes par le CEA ou l'Université Joseph-Fourier pourront également s'avérer très précieuses pour la préparation de l'avenir de la Défense. Nous suivrons donc attentivement la vie du pôle, et notamment les projets proposés, par l'intermédiaire de notre correspondant Défense [...]*

*Par ses efforts de recherche et de développement, la Défense veille à la pertinence et à l'efficacité des futurs équipements de nos forces armées.*

*Elle contribue aussi pour beaucoup à l'excellence technologique et industrielle de notre pays. Le maintien de cette excellence, ce doit être une ambition de tous les instants.*

*À l'image des pôles de compétitivité, cette ambition doit mobiliser tous les acteurs, qu'ils soient militaires ou civils, publics ou privés.*

*C'est ainsi que nous préparerons l'avenir de la France. »*

## NOTES

(1) Texte consultable sur : <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html/>

(1bis) *Les nanotechnologies en France*. Invest in France Agency  
Consultable sur: [www.cnsi.ucla.edu/cnsi/attachments/newsNanotech.pdf/](http://www.cnsi.ucla.edu/cnsi/attachments/newsNanotech.pdf/)

(2) Site de MINATEC, page Minatec Ideas Laboratory  
[www.minatec.com/ideaslaboratory/ideaslab.htm/](http://www.minatec.com/ideaslaboratory/ideaslab.htm/)

(3) Informations tirées du site de MINATEC : <http://www.minatec.com/cgi-bin/charge.pl/>

(4) Dominique PLASTRE, colloque sur l'histoire du CNRS des 23 et 24 octobre 1989  
et *Un siècle de physique*, Louis NEEL, Odile Jacob, 1991.

(4bis) Article consultable sur :  
<http://www.lemonde.fr/web/article/0,1-0@2-3244,36-772262@51-772368,0.html/>

(5) *Le site de Crolles 2*, consultable sur  
<http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?nodeId=067147695667353563/>

(6) *Ville de Grenoble - NANOTEC 300* : [www.grenoble.fr/jsp/site/Portal.jsp?page\\_id=377/](http://www.grenoble.fr/jsp/site/Portal.jsp?page_id=377/)

(7) *De l'atome à la puce. Le Leti : trente ans de collaborations recherche-industrie*, Benoît Playoust,  
plaquette du Leti, 1998.

(8) Rapport fait au nom de la commission des finances, de l'économie générale et du plan sur le projet  
de loi de finances pour 2006. Annexe n° 9 : Défense. Environnement et prospective de la politique de  
défense. Assemblée nationale, octobre 2005. Consultable sur :  
<http://www.assemblee-nationale.fr/12/budget/plf2006/b2568-09.asp/>

(10) Site de MINATEC. Actualité/Actualité locales & Minatec. Daté du 11-02 :  
<http://www.minatec.com/index0.htm>  
et : <http://www-leti.cea.fr/fr/acti-fr/acti-fr-minatec.htm#anchor4/>

(11) Allocation tirée du site de la DGA, consultable sur :  
[http://www.defense.gouv.fr/sites/defense/decouverte/le\\_ministere/ministre\\_de\\_la\\_defense/declarations/2006/mars/minatec\\_grenoble\\_le\\_24\\_mars\\_2006/](http://www.defense.gouv.fr/sites/defense/decouverte/le_ministere/ministre_de_la_defense/declarations/2006/mars/minatec_grenoble_le_24_mars_2006/)

## CONCLUSION

L'investissement de la Défense dans la recherche « nano » semble ridiculement faible comparé à celui fait par son homologue états-unienne. Mais cette présentation des chiffres ne tient pas compte de l'impact et des pressions qu'exercent les militaires dans la haute technologie civile, cachant une forte activité au bénéfice de la Défense.

Nous retrouvons la DGA dans chaque réseau ou organisme qui, depuis peu, organisent le complexe des micro et nano technologies en France. Aux côtés d'industriels de l'armement comme Thales, la DGA fait exister au sein de la recherche civile les volontés de la Défense. Cette position reste peu déterminante de la direction prise par ces réseaux, s'inscrivant dans le jeu démocratique de leur comité.

Mais la Défense joue sur un autre terrain : son budget lui donne les voix nécessaires pour pirater en partie la recherche. Le ministère de la Recherche manque effectivement de crédits, comme le mouvement « Sauvons la recherche » en a témoigné en 2004. En comptant sur ce manque d'argent, sur l'attraction que produit son budget et sur le poids financier supplémentaire qu'elle donne aux industriels avec ses contrats, la Défense attire à elle le progrès technologique dont elle a besoin par l'intermédiaire de l'industrie.

Le chaînon manquant est alors le passage des technologies développées dans le public, au privé. Un des éléments de l'histoire du CEA-LETI en donne un exemple : la DGA investit dans cet organisme civil dans le but de donner naissance à une technologie attendue pour les ogives nucléaires. Une fois mature, cette technologie fut transférée directement au privé par la création d'une entreprise. Avec à sa tête un agent de la DGA et les chercheurs ayant travaillé dessus, l'entreprise vendit à la Défense et à Thomson cette technologie.

Avec le principe des *spin-off*, la DGA n'a pas besoin de s'impliquer aussi directement pour assurer le passage du public au privé : les centrales publiques comme le CEA ou le CNRS s'en chargent en créant des sortes de start-up, les *spin-off*, pour exploiter et valoriser les recherches effectuées en leur sein, avec l'aide de chercheurs reconvertis dans le privé. Par l'intermédiaire de leur participation au capital de ces *spin-off* et du bénéfice qu'elles en retirent, les centrales trouvent ainsi une porte de sortie financière et une fin de carrière plus lucrative pour leurs cadres.

C'est là que la Défense les attend et voit sa présence continue récompensée : les simples conférences et avis de la Défense permettent à ces cadres et chercheurs d'être au courant de ses attentes : à l'heure de la création d'une *spin-off*, son potentiel d'investisseur est alors sollicité pour des projets l'intéressant. La DGA a d'ailleurs mis en place un système contractuel rapide qui donne à ces petites sociétés l'opportunité de disposer de fonds afin d'assurer la maturité de leur technologie intéressant la Défense, avant de passer à l'industrialisation.

Un rapport comme *Nanotechnologies : prospective sur la menace et les opportunités au service du combattant* fait par le CEA pour la Défense apparaît alors comme un catalogue de vente : la centrale de recherche y cite à de nombreuses reprises ses *spin-off* comme solution industrielle aux besoins des militaires.

La Défense puise effectivement largement dans ce tissu industriel civil innovant pour acquérir la haute technologie nécessaire à l'armement futur. En cela, le maintien de « l'excellence technologique et industrielle de notre pays » est vital pour elle ; devant l'Assemblée nationale, c'est la *protection de la souveraineté* qu'elle invoque pour inciter au soutien du tissu industriel de haute technologie.

Par répercussion, les besoins générés par l'armement et les contrats qu'elle met en place pour les satisfaire font de ce ministère un acteur fort dans l'industrie française : en plus des « contrats de soutien » qu'elle passe avec l'industrie de l'armement, cette position s'illustre très bien par l'impulsion qu'elle a finalement donné au secteur textile ; le regroupement METIS, en partenariat avec MINATEC, développe aujourd'hui les produits nécessaires au FELIN V2 et donne une nouvelle voie à cette industrie en déclin. La force de levier qu'a la Défense dans l'industrie existe aussi au travers de l'existence de « champions » nationaux ou européens qu'elle veille à soutenir. STMicroelectronics semble être de ceux-là : leader des technologies sur puces, il développe les futurs capteurs nécessités par le FELIN V2. En partenariat avec MINATEC, cet industriel assure à la France la base de la nano électronique.

Reste que plus les besoins d'armement sont forts, plus la Défense a de poids dans l'industrie.

Ces partenariats existants entre des industriels et des structure comme MINATEC sont l'idéal pour la DGA, qui les incite en donnant plus de poids à ces premiers en assurant des débouchés commerciaux. Mais en palliant son manque de fonds par des partenariats avec l'industrie, MINATEC doit répondre aux logiques de rentabilité de ses partenaires industriels. Le pôle, en accueillant dans son Ideas Laboratory des investisseurs privés, doit satisfaire les attentes de retour d'investissement de ceux-ci. Et si cadres, chercheurs et industriels travaillent en coopération, la répartition du fruit de la valorisation technologique doit faire des émules.

En poussant la mutualisation des moyens techniques de recherches, en accueillant en son centre PME, industriels et secteur R&D de grands groupes, la proximité entre recherche et application, entre intérêt public et intérêt privé est à son comble. C'est désormais de recherche à but industriel que l'on parle.

La DGA profite à son tour de cette logique : présente dans l'Ideas Laboratory, son représentant peut proposer directement des projets Défense.

Mais c'est bien en périphérie que la pression des militaires existe : outre cette infiltration, le budget de la Défense, son soutien à l'industrie innovante ou la spéculation des industriels de l'armement autour de la haute technologies font du complexe scientifico-industriel comme MINATEC les bras scientifiques de la Défense.

L'affirmation de l'existence d'une recherche fondamentale désintéressée dans de telles structures n'est plus possible.

D'autre part, l'attente exprimée dans le PP30 de voir une prolifération dans le civil de technologies utilisées par les militaires apparaît alors logique ; en poussant le privé à développer des technologies les intéressant, les militaires en organisent eux-mêmes la diffusion. La logique de profit ne s'arrête pas quand les contrats Défenses sont stoppés : SOFRADIR, *spin-off* du CEA ayant vendu des technologies de vision thermique aux militaires, a désormais une filiale ULIS qui s'occupe de vendre cette même technologie au civil. Dans le même état d'esprit, on peut très bien imaginer Sagem, constructeur de téléphones portables et des systèmes de combat FELIN, adapter le bandeau communiquant à résonance crânienne (ostéophone) des soldats pour le simple citoyen civil. Ou un agriculteur se servir d'un drone développé par SURVEY-COPTER sous contrat avec EADS pour surveiller ses plantations. Pour maîtriser cette prolifération, la Défense devra donc s'assurer la loyauté de ces industriels, jeu difficile quand il est question d'intérêt privé.

C'est d'ailleurs par le combat de ce type de prolifération, et d'autres, que la Défense légitime ce rapprochement du militaire au civil. « *De nombreux programmes de recherche menés aujourd'hui par la Défense contribuent donc à la sécurité* ». C'est bien le terrorisme NRBC (nucléaire, radiologique, biologique et chimique) qui menacerait la population française qui nécessite selon la Défense une synergie accrue de la recherche civile et militaire. L'amélioration de son efficacité vise à répondre à ces « probables » attaques terroristes.

La Défense travaille déjà à d'autres rapprochements, notamment avec le ministère de l'Intérieur dans le cadre d'un programme interministériel permettant d'assurer « *la continuité entre les besoins de protection de la population, des forces de sécurité ou des forces armées face au terrorisme NRBC* ». Les plans Vigipirate et l'état d'urgence de novembre en sont les exemples concrets.

Ce rapprochement se traduit aussi au niveau de l'industrie et des recherches : Sagem, en plus de tous ses contrats défense, est un leader mondial des solutions biométriques ; l'industriel papier du regroupement METIS se charge à Grenoble, en partenariat avec MINATEC, du papier technique des futurs passeports électroniques français, quand la Défense finance de son côté des recherches sur la vidéosurveillance.

Mais plus que la diffusion du rationalisme militaire à l'Intérieur et au civil, résumé en trois mots par Xavier Pasco : OMNISCIENCE, OMNIPRÉSENCE, OMNIPOTENCE ; ces différents rapprochements sont le signe d'une tentative de reprise de contrôle d'un État en perte de pouvoir face à la mondialisation.

Sous le prétexte fourre tout du terrorisme, après les États-Unis et la Russie, l'État français au travers du ministère de la Défense et du nationalisme militaire, recycle l'argument pour réaffirmer son contrôle des affaires.

Du temps du complexe nucléaire auquel participa le CEA, en assurant le contrôle de l'énergie atomique par des industriels proches du pouvoir, l'État avait pu maîtriser l'industrialisation de la France et les bénéfices qui en découlèrent.

La Défense est aujourd'hui en position de force vis-à-vis de la Recherche ainsi que de l'Industrie. Michèle Alliot-Marie a bien compris ce que son collègue explique : « *À l'heure actuelle, les experts s'accordent sur la capacité des nanosciences et nanotechnologies à produire au cours du XXI<sup>e</sup> siècle une troisième révolution industrielle et économique, sans précédent dans le monde car elle affectera tous les secteurs d'activité économique.* »

En contrôlant les directions prises par la recherche par l'intermédiaire des industriels, en sélectionnant les champions nationaux ou européens s'assurant de facto de leur loyauté vis-à-vis de l'ordre militaire, la Défense « intelligence économique » joue aujourd'hui son rôle de protecteur de la souveraineté de l'État par le maintien des piliers industriels qui le soutiennent.

Cette convergence d'intérêts observée autour des nanotechnologies et nanosciences illustre finalement la façon dont l'État et les sphères de pouvoir industrielles se crispent face à la mondialisation et aux fuites de richesses vers l'étranger.

Mais cette utilisation du levier militaire contient le risque de voir les logiques militaristes reprendre le dessus, risque toujours accentué par la détention actuelle de l'information par ces mêmes industriels de l'armement.

**Antonin Reigneaud**