

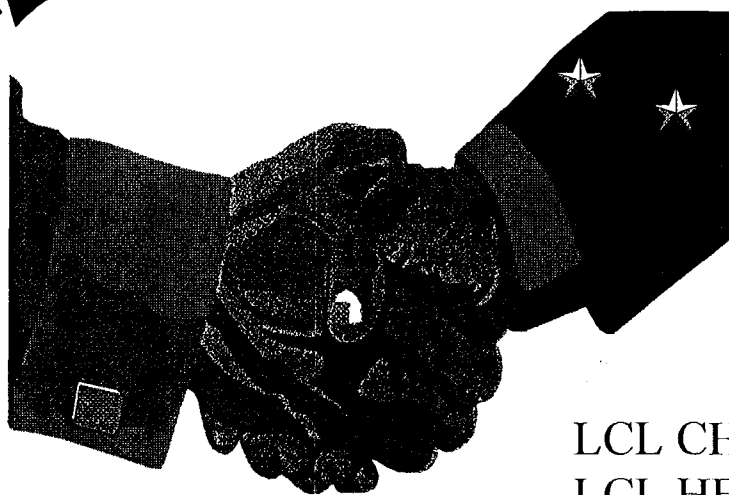
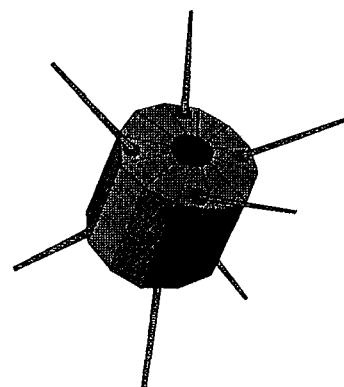
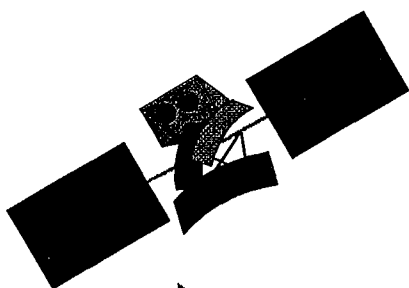
1998-44

Gene

EPO B 15 : LA DUALITE CIVILO/MILITAIRE DANS LE DOMAINE SPATIAL

Sujet : Analyser comment les innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel pourraient être exploitées pour la satisfaction des besoins de la Défense

Directeur de recherche : Col CARRASCO - EMAA/Bureau des plans généraux



LCL CHARLES (Air)
LCL HESTIN (Air)
LCL VANDERSIPPE (Air)
CBA SUATTON (Terre)
CDT BLACQUIERE
(Terre - Pays-Bas)

SOMMAIRE

I.- INTRODUCTION	1
II.- LA DUALITE CIVILO/MILITAIRE EN ELLE-MEME	2
II.-1.- Interprétation et champ d'application possible	2
II.-2.- La dualité : dans quel but?	3
II.-3.- La dualité : quelles difficultés de mise en oeuvre?	4
III.- LA DUALITE CIVILO/MILITAIRE DANS LE DOMAINE SPATIAL	4
IV.- CAS DE L'OBSERVATION	6
IV.-1.- Besoins de la Défense	6
IV.-2.- Les innovations mises en œuvre dans le secteur concurrentiel	6
IV.-2.-1.- Les besoins du secteur civil	7
IV.-2.-2.- Les évolutions structurelles	7
IV.-2.-3.- Le contexte international	8
IV.-2.-4.- Les évolutions technologiques attendues	8
IV.-3.- Recherche des synergies	9
V.- CAS DES TELECOMMUNICATIONS	10
V.-1.- Besoins militaires	11
V.-2.- Evolutions dans un avenir proche	12
V.-2.-1.- Les télécommunications spatiales pour les mobiles	12
V.-2.-2.- Les systèmes civils et les systèmes dédiés.	13
V.-3.- Domaines d'application de la dualité civilo/militaire	13
V.-3.-1.- Couverture des besoins en " core " et " general purpose " par des systèmes civils	14
V.-3.-2.- Nécessité de systèmes propriétaires	15
V.-4.- Participation de la défense à un système civil	15
VI.- CAS DE LA NAVIGATION	15
VI.-1.- Analyse des besoins de la Défense	15
VI.-2.- Etude des innovations attendues du secteur civil	17
VI.-3.- Recherche des synergies	19
VII.- CONCLUSION	20

SYNTHESE

EPO B 15 : LA DUALITE CIVILO/MILITAIRE DANS LE DOMAINE SPATIAL

Sujet : analyser comment les innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel pourraient être exploitées pour la satisfaction des besoins de la défense.

La nouvelle donne géostratégique s'est traduite, pour la Défense, par la réduction de son budget (dividendes de la paix) et la perte du caractère stratégique de certains programmes. Parallèlement, la réduction des financements publics et la disparition de monopoles d'Etat ont amené l'émergence d'une économie de marché dans le secteur spatial. La dualité civilo/militaire semble ainsi une voie à explorer pour satisfaire les besoins de la Défense. Notre propos sera donc d'analyser la capacité des innovations du secteur concurrentiel à répondre à ces besoins.

Les termes d' « *innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel* » seront ici entendus comme les réalisations nouvelles à caractère technologique ou institutionnel développés pour la satisfaction de besoins autres que ceux de la Défense. La distinction s'opère donc entre secteur militaire et secteur civil.

Essentiellement destinée à maîtriser les coûts en utilisant des technologies ou des services civils, la dualité civilo/militaire peut également s'étendre à la réalisation en commun d'un programme. Les besoins de la Défense tiennent essentiellement au contrôle de la programmation, à l'accès et à la qualité de l'information et à la maîtrise des approvisionnements. Des divergences entre civils et militaires peuvent alors apparaître, notamment au niveau des performances requises (sécurité, durcissement,...), du partage du contrôle et des coûts ainsi que des calendriers.

Appliquée au domaine spatial pris dans son ensemble, la dualité civilo/militaire se traduit par l'utilisation de technologies civiles de base telles que les plates-formes et de composants et systèmes essentiellement informatiques. En effet, les performances obtenues dans ce secteur en matière de fiabilité, d'intégration et de miniaturisation font que l'électronique non-spatiale est maintenant utilisée dans les systèmes spatiaux. Lorsque l'on sort du domaine spatial pris dans son ensemble, chaque recherche de dualité peut prendre une forme différente. Nous illustrerons ceci en nous appuyant sur l'étude de trois domaines particuliers : l'observation, les télécommunications et la navigation.

Le domaine de l'observation spatiale est marqué par deux caractéristiques :

- il pose des problèmes de souveraineté à l'Etat : capacité transverse aux grandes fonctions de la Défense, et malgré un besoin accru au niveau opératif, l'observation spatiale reste encore du domaine stratégique et politique,
- certaines activités civiles présentent des besoins dans quelques secteurs mais il n'existe pas actuellement de marché au sein duquel on pourrait imaginer rentabiliser les investissements.

Ainsi dans le domaine de l'observation spatiale, l'Etat restera le moteur tant que le marché n'aura pas éclaté. Pour conserver son autonomie de décision, il doit disposer d'un système dédié, dans la réalisation duquel une synergie du type HELIOS/SPOT doit être envisagée. La Défense, pour satisfaire à ses besoins opératifs, doit pouvoir mettre à profit l'émergence dans le secteur concurrentiel de constellations de petits satellites optiques et radar et l'apparition de techniques (pour l'instant aux Etats-Unis avec Space Imaging System) permettant une accessibilité améliorée. Elle doit donc participer au développement de ce type de système afin de faire prendre en compte ses besoins spécifiques en matière de contrôle de la programmation et de garantie d'accès à l'information.

L'utilisation de l'espace par la défense pour ses télécommunications n'est pas une nouveauté. L'éruption de systèmes civils de type constellation offre des possibilités nouvelles en termes de débits, de couverture et de disponibilité. Il devient ainsi possible de réserver les moyens propriétaires, lourds et coûteux mais d'un emploi sûr, pour satisfaire les besoins devant répondre à des notions de sécurité, de protection et de disponibilité maximales. Les systèmes civils, cryptés ou non par moyens d'extrémité, pourraient être employés pour répondre à des besoins moins sensibles tels que soutien psychologique ou logistique.

Toutefois, il convient de déterminer jusqu'à quel niveau de satisfaction (et de coût) une logique de service peut se substituer à une logique de moyens. Obéissant à des impératifs de retour sur investissements rapide, leurs tarifs sont particulièrement élevés. Une solution résiderait peut-être dans la participation de la Défense ou de l'État à un système civil afin d'en tirer avantage en matière de tarifs et de spécifications.

Les besoins militaires de navigation sont de disposer de moyens précis, résistants aux agressions de la guerre électronique, autonomes et utilisables en tout temps et tout lieu. La Défense s'est dotée de tels moyens (tels que les systèmes inertiels ou les calculateurs) mais la mise à disposition gratuite du GPS a montré l'intérêt de la navigation par satellites. Sans être un besoin, elle contribue à l'efficacité tout en posant des problèmes liés à sa vulnérabilité au brouillage, à son utilisation par un adversaire et à son contrôle exclusif par le DoD.

Cette absence de souveraineté interdit la certification du GPS par la communauté aéronautique civile. Ce problème de responsabilité ainsi que les performances du système ont entraîné la communauté civile à développer un programme propre appelé GNSS. Phasé dans le temps, celui-ci vise à s'affranchir progressivement des systèmes existants.

La Défense ne pouvant espérer assurer le contrôle de GNSS, la dualité civilo/militaire revêt alors deux formes : la simple utilisation du service civil et un dialogue avec la partie civile pour que celle-ci prenne en compte les aspects sécuritaires (brouillage des signaux et utilisation malveillante par un tiers). Ainsi, la navigation par satellite ne répond pas à un besoin « stricto sensu » de la Défense mais cette dernière ne peut, pour des impératifs de sécurité, se désintéresser des programmes civils en la matière.

La différence de maturité « commerciale » atteinte dans les divers domaines spatiaux ainsi que les divergences entre les besoins et les buts ne permettent pas de garantir une synergie systématique entre civils et militaires. Toutefois, qu'il s'agisse d'utilisation de technologies ou de services civils ou de développement en commun de systèmes spatiaux, la dualité civilo/militaire peut, dans le domaine spatial comme dans d'autres secteurs, présenter un intérêt certain pour la Défense, voire même satisfaire l'un de ses besoins.

I.-INTRODUCTION

Enjeu stratégique, politique et économique pour certains, multiplicateur de puissance pour d'autres, l'espace apparaît désormais comme incontournable. Le budget spatial français (11,1 MdF pour le CNES et 3,3 MdF pour la Défense) n'est pas à la dimension de son homologue américain (76,7 MdF pour la NASA et 80 MdF pour le Pentagone). En dépit de cette faiblesse financière, la France, qui désire garder la plus grande autonomie possible, notamment en matière de satisfaction de besoins militaires, doit pourtant trouver des solutions pour faire en sorte de se doter des systèmes spatiaux qu'elle estime nécessaires. La recherche d'une synergie maximale entre civils et militaires apparaît comme une voie à suivre.

La dualité civilo/militaire, prise dans le sens de l'utilisation de moyens et services civils pour des besoins de Défense, n'est pas un concept nouveau. A titre d'illustration, on citera notamment les véhicules « de tourisme » ou l'informatique de bureau. Dans les domaines des télécommunications et de la navigation, sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir, la dualité est déjà une réalité dans la mesure où la Défense utilise des circuits PTT spécialisés ou non et l'aviation militaire s'appuie fréquemment sur des moyens de navigation radioélectriques civils.

Le sujet de la dualité civilo/militaire appliquée au domaine spatial a été récemment abordé par M. Alain Richard, ministre de la Défense, lors d'un entretien accordé à Air&Cosmos en janvier 1998. Il a en effet tenu les propos suivants : « *Dans nos limites financières, l'espace est, pour de multiples raisons, une fonction croissante dans ce ministère. Pour des raisons à la fois technologiques et économiques, la doctrine évolue vers une dualité (civilo/militaire) plus assumée dans un état d'esprit plus ouvert. Cette dualité a cependant des limites dans certains domaines du renseignement spécifiquement militaire. Mais cette dualité amorce aussi des problèmes nouveaux et difficiles de financement en commun, de partage de coûts et d'analyse du marché.* »

Une double évolution explique l'attrait de la dualité dans le domaine spatial. D'une part, la chute du Mur de Berlin a créé, en France, une dynamique de recherche de « *dividendes de la paix* » qui s'est traduite par une diminution du budget de la Défense et par une disparition connexe du caractère stratégique de certaines applications militaires, ouvrant ainsi la voie aux utilisations de technologies et prestations civiles. D'autre part, le niveau technologique acquis par le secteur concurrentiel s'avère apte à satisfaire certains besoins de la Défense. En résumé, contraintes budgétaires exercées sur les crédits de la Défense, levée de certaines inhibitions stratégiques et capacité potentielle du secteur civil « *commercial* » à répondre à des besoins militaires permettent d'expliquer l'intérêt d'une recherche de la dualité civilo/militaire.

Le but des rédacteurs est ici d'analyser comment, dans le domaine spatial, les innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel pourraient être exploitées pour la satisfaction des besoins de la défense. Nous verrons que la dualité civilo/militaire s'applique à de multiples domaines et peut prendre des formes multiples mais ne constitue pas, pour autant, une solution miracle universelle pour la Défense. Génératrice d'avantages tout autant que d'inconvénients, son intérêt doit ainsi être analysée au cas par cas.

Nous articulerons cette étude de la manière suivante : après avoir analysé ce qu'est la « *dualité civilo/militaire* », quel est son intérêt et quelles sont les difficultés de sa mise en oeuvre, nous aborderons son application au domaine spatial. Ceci sera mené en deux temps : tout d'abord, au travers des constantes communes à l'ensemble du domaine spatial, puis par l'analyse de trois applications particulières que sont l'observation, les télécommunications et la navigation.

II.- LA DUALITE CIVILO/MILITAIRE EN ELLE-MEME

II.-1.- Interprétation et champ d'application possible

Le thème général de notre étude, la dualité civilo/militaire, se prête à beaucoup d'interprétations et offre un champ d'investigation très vaste. Aussi faut-il bien définir ce concept au travers du libellé de notre sujet : « *analyser comment les innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel pourraient être exploitées pour la satisfaction des besoins de la défense* ». Cette formulation appelle, tout d'abord, une clarification des termes de secteur concurrentiel dans la mesure où ils semblent désigner le secteur commercial privé.

Or, d'une part, les acteurs industriels du secteur spatial sont généralement les mêmes, qu'il s'agisse de prestations à caractère civil ou militaire et, d'autre part, il semble difficile de dégager, en France, une dynamique que l'on pourrait qualifier de commerciale privée tant la participation étatique demeure forte. De plus, la concurrence existe au sein même de la Défense. A titre d'illustration, on citera notamment les compétences communes des différents intervenants que sont Alcatel, Aérospatiale et Matra Marconi Space. Afin de simplifier les choses, nous retiendrons, dans tout ce qui va suivre, comme faisant partie du secteur concurrentiel toute innovation qui ne soit pas une réponse apportée à la satisfaction d'une expression de besoins de la Défense. Par suite, la recherche de la dualité civilo/militaire se définit comme une démarche consistant à identifier, parmi tout ce qui se développe pour répondre à des besoins autres que ceux de la Défense, ce qui présente néanmoins un intérêt pour cette dernière. Il nous faut maintenant définir notre champ d'étude, tout en rappelant qu'il est circonscrit au domaine spatial.

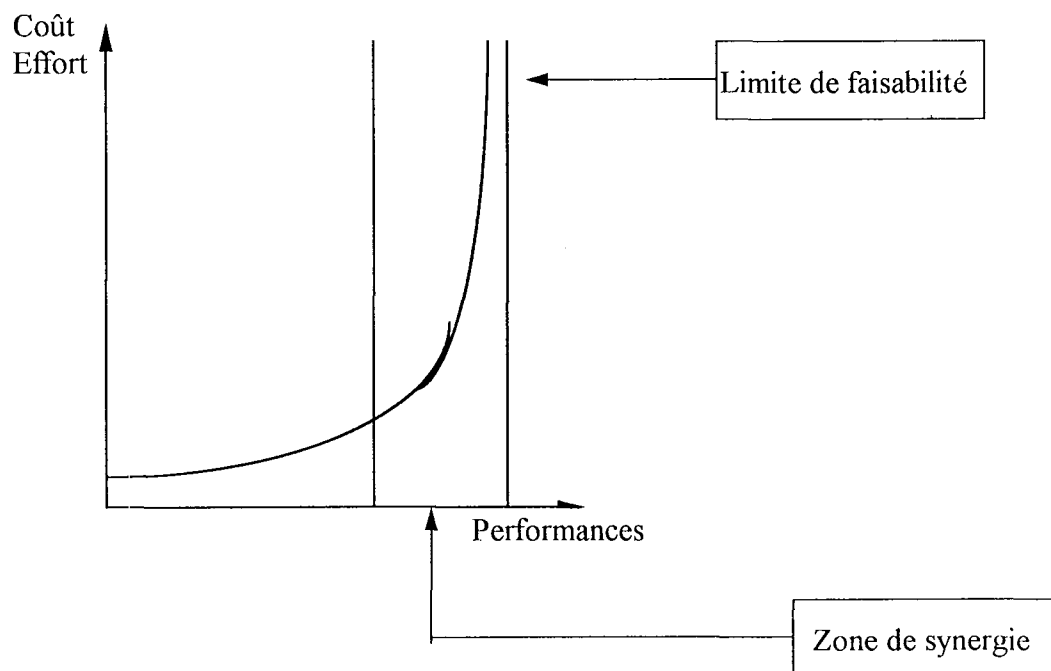
Le champ d'application de la dualité civilo/militaire dans le domaine spatial s'est considérablement élargi. Il dépasse, en effet, maintenant le simple niveau de la technologie et des équipements. La réduction des financements publics et l'ouverture de certains services à la concurrence amènent actuellement à l'émergence d'opérateurs privés ou semi-privés animés par un souci de rentabilité. Ainsi, voit-on actuellement, ou verra-t-on dans un proche avenir, apparaître des innovations à caractère, non seulement technologique, mais également structurel ou institutionnel. La mise en oeuvre de la dualité peut donc revêtir des formes diverses, à savoir : études amont (suivi des recherches civiles ayant un intérêt « Défense »), recherche et développement (développement d'architectures communes civilo/militaires dès le stade de la conception), utilisation des nouvelles technologies civiles (notamment dans le domaine informatique), réalisation de parties communes (à l'instar des plates-formes Télécom et Syracuse), réalisation de systèmes communs (ce qui n'a pas encore eu lieu mais qui pourrait être envisagé dans le cadre de l'après SPOT V et HELIOS II), gestion commune d'un système mixte (cas du maintien à poste des satellites Telecom/Syracuse ou HELIOS) ou utilisation d'un système civil par la Défense (cas d'INMARSAT pour pallier l'absence de couverture de la zone Pacifique par Syracuse).

II.-2.-La dualité : dans quel but?

En premier lieu, la Défense peut, par le biais de la dualité, rechercher le meilleur rapport coût/efficacité de ses programmes. Ceci peut s'obtenir en améliorant l'efficacité à coût constant mais force est de constater que le moteur actuel de la dualité est celui de la maîtrise des coûts. Cette maîtrise des coûts peut s'obtenir de deux façons : soit en profitant d'une dynamique civile (c'est le cas de l'achat sur étagère ou de la location de service), soit par le développement en commun d'un système.

Dans le premier cas, il s'agit de profiter d'une dynamique civile ce qui sous-entend que le secteur concurrentiel civil soit en avance (en termes de performances ou de coût) par rapport au secteur militaire. La question fondamentale est alors: qui tire qui? Dans le domaine de l'informatique, par exemple, l'évolution rapide de la technologie civile offre des possibilités de réduction des coûts (loi de Moore : tous les 2 à 5 ans, la technologie double ses performances tout en réduisant ses coûts de moitié). Comme nous le verrons par la suite, la recherche de performances élevées, de fiabilité, de rapidité de traitement et de senseurs performants a amené la technologie spatiale civile à dépasser, dans certains secteurs, la technologie militaire. La dualité doit donc permettre de saisir toutes les opportunités de réduction des coûts qu'offrent les avancées technologiques civiles. Toutefois, il conviendra d'appréhender ce qui, dans un programme militaire, fait partie de ce que l'on pourrait appeler « un noyau dur », c'est-à-dire ce qui, pour des raisons diverses, doit rester spécifique à la Défense et ne peut, par conséquent, être ouvert au domaine public et à la concurrence.

Lorsque les technologies civiles et militaires sont d'un niveau égal, la dualité peut revêtir la forme d'une coopération sans laquelle la réalisation d'un programme par l'un ou l'autre des acteurs le rendrait financièrement inabordable. Il existe, comme l'illustre le schéma ci-après une zone de synergie lorsque l'on s'approche de la limite de faisabilité d'un système.



II.-3.-La dualité : quelles difficultés de mise en oeuvre?

Les difficultés qui s'opposent à un recours systématique à la dualité tiennent aux divergences entre besoins et approches civils et militaires. A titre d'illustration, on citera celles liées aux capacités (performances et zone de couverture), à la fréquence de renouvellement des informations ou au temps d'accès au service, aux contraintes légales et au type de contrat qui lie la Défense et le prestataire de services, à la réaction du propriétaire du système (qui n'est pas forcément l'exploitant), au temps de réponse, à l'absence de caractère déployable, au manque de résistance de l'ensemble du système (composantes sol et spatiale) aux diverses agressions (probabilité d'interception, antenne résistante au brouillage, virus et attaques laser, politique de remplacement, sensibilité aux attaques et à l'environnement (IEM), système durci ou non) et à la sécurité (cryptage, restrictions d'accès,...). De plus, dans le cas de l'utilisation d'un service civil, la Défense, simple client, n'a droit à aucune priorité, ni à aucun traitement particulier et doit de plus se satisfaire des prestations fournies.

Dans le cas de la réalisation d'un système commun, aux divergences précédemment évoquées, peuvent s'ajouter celles du partage des responsabilités de l'exploitation, notamment au niveau du contrôle du système ainsi que celles liées aux calendriers. A titre d'illustration, la conséquence d'une telle divergence est le lancement de 4 charges Syracuse (le lancement devant s'effectuer en même temps que celle des Télécom) alors que 2 permettraient de couvrir les besoins de la Défense. Pour terminer, les questions liées au financement et au retour sur investissement peuvent également constituer des points d'achoppement entre civils et militaires. Les bases de la dualité étant ainsi posées, nous pouvons maintenant aborder son application dans le domaine particulier de l'espace.

III.-LA DUALITE CIVILO/MILITAIRE DANS LE DOMAINE SPATIAL

Nous pouvons « planter le décor » en faisant les observations suivantes : l'espace semble par essence dual car il fait appel aux mêmes technologies, au même tissu industriel et aux mêmes applications (observation, télécommunications,...). Toutefois, outre la maîtrise des approvisionnements, les besoins de la Défense tiennent au contrôle de la programmation ainsi qu'à l'accès aux informations qu'ils délivrent. De plus, il existe des spécificités militaires au niveau des missions (écoute, alerte antimissiles,...), des spécifications (résistance au brouillage et à l'IEM,...) et des performances (précision des images,...).

Afin de rechercher les synergies possibles entre civils et militaires, nous examinerons successivement celles qui sont communes à tous les aspects du domaine spatial, puis celles que l'on peut dégager dans les cas particuliers de l'observation, des télécommunications et de la navigation.

Lorsque l'on recherche les technologies civilo/militaires duales communes au domaine spatial pris dans son ensemble, on pense en premier lieu aux technologies « de base », notamment les matériels et systèmes électroniques. Le marché des composants électroniques, financé à hauteur de 80% par les budgets militaires en 1960, est actuellement tiré par le secteur concurrentiel (sur les 800 MdF du marché mondial, 8 à 12 MdF représentent les composants militaires). Le développement commercial de l'électronique est essentiellement lié à des besoins en matière d'automobile, de télécommunications et d'électronique grand public. Il a permis de

réaliser de tels progrès au niveau des coûts et/ou des performances, de l'intégration et de la miniaturisation que l'industrie spatiale emploie de plus en plus de composants d'origine non spatiale pour des raisons de coût et de rapidité de développement.

Parallèlement, la conception même des satellites s'en est trouvée modifiée. Les possibilités nouvelles d'intégration et les vitesses de calcul des microprocesseurs ainsi que l'apparition de mémoire de masse de faible encombrement mais de forte capacité ont amené les concepteurs de satellite à revoir le partage des fonctions entre les segments sol et spatial. Ainsi, le satellite peut traiter seul et plus rapidement plus d'informations, ce qui le rend moins dépendant du segment sol (qui n'est pas toujours en visibilité) et plus efficace (il transmet une information déjà traitée). A terme, il est même possible d'espérer obtenir une plus grande fiabilité des satellites en les dotant de fonctions d'auto-réparation. A cela, s'ajoutent les progrès réalisés au niveau des servitudes au fur et à mesure des lancements (partie commune dans son principe à tous les satellites) qui permettent des gains de taille et de masse. Des innovations civiles communes à l'ensemble des applications spatiales sont donc réalisées depuis le niveau des plates-formes jusqu'à celui des simples composants électroniques en passant par celui des systèmes électroniques et informatiques. Cela constitue un gisement d'intérêt pour la Défense.

En effet, d'une part, ces technologies sont directement utilisables par la Défense. D'autre part, même si elles ne représentent qu'une partie de la technologie spatiale, elles devraient, avec le développement de systèmes globaux (dans le secteur des télécommunications et de la navigation), connaître une nouvelle baisse des coûts grâce aux économies d'échelle. La Défense, qui lance un trop faible nombre de satellites pour bénéficier d'un effet série, peut donc tirer avantage de ces réalisations spatiales civiles. Cette assertion peut être illustrée par l'exemple des composants.

En effet, non seulement la faible demande militaire n'intéresse plus guère les grands fabricants, mais le développement d'un matériel spécifique est synonyme de surcoût et de temps, ce qui empêche de bénéficier des technologies les plus récentes. Toutefois, il faut mesurer l'économie ainsi réalisée (réduction des prix dans un rapport de 5 à 20) au coût nécessaire à la vérification des performances des composants civils, à leur éventuelle adaptation (pour répondre aux spécifications militaires) et à leur intégration, la modification d'un système pouvant, selon le stade de développement d'un projet, s'avérer être une opération non rentable. Il convient cependant de noter que les performances des composants civils se rapprochent de plus en plus des spécifications militaires habituelles. A titre d'illustration, la plage de température de fonctionnement des certains composants civils va de -40°C à +105°C alors que les exigences militaires s'étalent de -55°C à +125°C.

Nous avons donc dégagé une première source d'intérêt de la dualité civilo/militaire valable pour le domaine spatial pris dans son ensemble. D'autres existent mais ne sont valables que dans des domaines particuliers. Plutôt que de survoler l'ensemble des cas concrets que constituent les lanceurs, les vols habités, la météorologie et l'océanographie, la recherche et le sauvetage, nous allons maintenant mettre l'accent sur trois domaines qui illustrent, chacun de façon différente, l'aspect que peut revêtir la dualité civilo/militaire:

- celui de l'observation optique et radar qui est tiré par les militaires et dans lequel il ne semble pas exister de marché civil,
- celui des télécommunications porté par une dynamique civile commerciale,
- celui de la navigation dans lequel les Etats s'investissent pour des raisons économiques et de responsabilité.

IV.-CAS DE L'OBSERVATION

Des propos tenus par M. Alain Richard, ministre de la Défense lors d'un entretien accordé à Air&Cosmos en janvier 1998 il ressort que : « *Dans des domaines comme les télécommunications et dans une partie de l'observation, il y a effectivement des possibilités de dualité forte entre le civil et le militaire.* »

Répondant à une question sur l'avenir d'HORUS en cas de retrait définitif de l'Allemagne, le ministre a réaffirmé la nécessité de se doter d'un satellite radar et évoqué une voie possible : « *un système radar moins ambitieux mais qui, utilisé en synergie avec le système optique et surtout à base de technologies civiles, pourrait offrir un compromis autorisant la détection d'activités en s'affranchissant des contraintes météorologiques.* »

Aussi, après avoir analysé les besoins de la Défense en matière d'observation spatiale puis dégagé les innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel, nous proposerons des axes possibles d'utilisation de ces moyens pour la Défense.

IV.-1.-Besoins de la Défense

Ils sont exprimés dans la première partie du Plan Pluriannuel Spatial Militaire. Sans qu'il soit utile dans cette étude d'y revenir dans les détails, il faut noter que la capacité d'observation de la Terre à partir de l'espace est une capacité transverse aux grandes fonctions opérationnelles que la France demande de remplir à sa Défense : cartographie, renseignement image pour les données d'objectifs, en ce qui concerne la dissuasion, renseignement image optique ou radar dans le domaine de la prévention et de la conduite de l'action, en particulier de la projection.

La situation géopolitique nouvelle (plus d'ennemi nommément désigné mais des menaces potentielles omnidirectionnelles, plus ou peu de risques de conflit majeur contre une grande puissance mais naissance de crises régionales qui pourraient dégénérer) a créé des besoins nouveaux en renseignement d'origine spatiale imposés par la dispersion des points d'application du renseignement et la réduction du temps d'analyse nécessaire pour une prise de décision rapide pour limiter l'ampleur de la crise et par là même le volume des moyens à y consacrer.

Ainsi, tout en conservant son caractère éminemment stratégique, la capacité d'observation à partir de l'espace devient aussi essentielle pour les opérations de théâtre. Le recueil d'images satisfait aux besoins de renseignement, de documentation, du renseignement de situation, de planification des actions, de préparation des missions. L'observation optique doit être complétée, pour sa permanence, par une composante radar. Il existe de plus d'autres besoins qui touchent aux domaines du contrôle du désarmement, de la prolifération et de l'application des traités.

IV.-2.-Les innovations mises en oeuvre dans le secteur concurrentiel

L'étude des innovations attendues à l'horizon de 10 à 15 ans dans un domaine aussi stratégique que celui de l'observation spatiale ne peut faire l'économie d'une évaluation des besoins du secteur civil, de l'étude de l'évolution des structures et du contexte international.

IV.-2.-1.-Les besoins du secteur civil

Pour les applications civiles du domaine de l'observation spatiale, on peut estimer que les besoins des clients potentiels sont les suivants :

- imagerie dans le moyen IR,
- résolution décimétrique en images multispectrales et de 5 m en panchromatique avec une tendance très nette vers la très haute résolution,
- fauchée de l'ordre de 60 KM.

Les secteurs qui semblent en effet les plus prometteurs sont :

- la météorologie (météosat, metop, MSG),
- la cartographie (réalisation en 97 par SPOTIMAGE de grands projets cartographiques au Vietnam, en Corée, en Indonésie),
- l'agriculture et les forêts (pour l'Union Européenne, dans le cadre du développement des pays de l'Est),
- l'aménagement du territoire (cadastre),
- l'environnement,
- les sciences de la Terre (océanographie).

Ainsi, les besoins du secteur civil existent, mais l'exploitation commerciale de ce domaine n'est qu'un projet et le marché n'est pas encore rentabilisé. L'exemple de SPOTIMAGE qui ne fonctionne comme une société privée que grâce au soutien de l'État est là pour le démontrer. C'est pourtant sur l'existence de ce marché (estimé à 2 à 3 Md\$ par Space Imaging System) que parient les américains en lançant SPACE IMAGING, mettant ainsi à disposition des images de résolution de l'ordre de 3m. Ne perdons cependant pas de vue que ce projet s'inscrit vraisemblablement dans la politique plus globale de maîtrise du flux d'information (concept GBS).

Pour l'instant, l'essentiel du besoin civil s'exprime par une couverture globale de la Terre et une résolution qui ne descend pas en dessous de quelques mètres. De ces applications civiles pour lesquelles une recherche de communauté d'utilisation pourrait être retenue, la très haute résolution doit rester sous maîtrise de la Défense tout comme la production de modèle numérique de terrain liée à la cartographie.

IV.-2.-2.-Les évolutions structurelles

Il existe deux types d'évolutions structurelles envisageables, dictées par deux tendances qui ne devraient pas s'infléchir à l'horizon envisagé :

- la décroissance du financement public qui reste toujours prépondérant mais qui pourrait être compensé, pour certaines applications liées à un éventuel marché de l'imagerie, par des investissements privés. Ainsi, les projets spatiaux devront répondre à une logique économique de retour sur investissement. Néanmoins, il ne semble pas pour les dix ans à venir, qu'il y ait une tendance possible dans cette voie en Europe.
- une déréglementation générale (ouverture de la concurrence, disparition des monopoles étatiques) qui devrait permettre l'émergence de nouveaux acteurs spatiaux, de nouveaux clients essentiellement pour deux types de « produit » : des

images dont la résolution se rapproche de celle de l'imagerie aérienne et des systèmes complets pour des Etats soucieux de leur sécurité ou de leur positionnement politique régional.

IV.-2.-3.- Le contexte international

Pour les Etats-Unis, l'observation spatiale demeure un pôle de souveraineté sur lesquels il veut très clairement conserver leur prédominance pour contrôler l'information qui circule autour de la planète (voir le " National Space Policy " édité par le National Science and Technology Council et diffusé en sept. 96). En façade, la politique des Etats-Unis consiste à laisser l'initiative au secteur privé en matière de systèmes à vocation civile (9 licences accordées à des industriels), mais la diffusion réputée libre des images est soumise en fait à des règles strictes de contrôle par l'État américain. Conçu comme un outil de domination, le secteur spatial civil et commercial est soutenu par la puissance publique, ce qui encourage, quelque soit la rentabilité actuelle du marché, les industriels à s'engager.

L'espace Russe semble, à l'image de l'économie de ce pays, en difficulté. Le service dans le domaine de la reconnaissance optique, pourtant sensible, est interrompu depuis septembre 1996. Les seuls programmes qui semblent pouvoir survivre sont ceux qui s'appuient sur une coopération internationale et un financement étranger important. Des opportunités de coopération sont peut-être possibles pour valoriser le savoir faire russe, mais leurs rusticités ne nous paraissent pas très encourageantes.

Les difficultés de l'émergence d'un espace Européen proviennent des divergences fondamentales entre les principaux partenaires qui mènent à des compromis minimum. C'est ainsi que le projet de création d'un système d'observation au profit de l'UEO s'est limité à la construction d'un centre d'exploitation de l'imagerie satellitaire à TORREJON sans provoquer un véritable intérêt chez nos partenaires européens.

Dans le reste du monde l'accès de certains pays à l'imagerie spatiale, par le biais d'applications civiles (l'Inde par exemple), risque à terme de fournir une concurrence commerciale non négligeable.

IV.-2.-4.-Les évolutions technologiques attendues

A l'origine, c'est le besoin militaire qui a permis que la technologie spatiale se développe. Or, d'une part cette technologie utilise de façon croissante des composants d'origine non spatiale (micro-électronique par exemple) et d'autre part sous l'impulsion de secteurs civils très demandeurs (automobile, informatique, etc...) ces composants voient leurs performances suivre des courbes exponentielles, alors que leurs coûts suivent des courbes inverses. L'observation spatiale n'échappe pas à ce constat mais elle dépend de deux facteurs fondamentaux spécifiques : la qualité image (résolution, champ, bandes spectrales) et l'accessibilité (délais d'accès, couverture, capacités de prises de vue, stockage, débits de transmissions).

S'il n'y a pas d'évolutions majeures attendues dans le domaine technologique spatial, trois programmes méritent une attention particulière :

- l'avenir de la filière SPOT (SSS),
- le « Space Imaging System »,
- les satellites civils radar.

En effet, des constellations de petits satellites sont envisagées notamment dans le secteur des télécommunications et dans celui de l'imagerie avec le Système Successeur de Spot (SSS). La multiplication des satellites en constellation devrait permettre de diminuer le temps d'accès à l'information. Cependant, il n'y a pas de perspective à ce jour d'évolution vers des instruments optiques de taille réduite pour des résolutions inférieures au mètre. Ce système ne serait donc utile que pour des niveaux opératifs en complément des moyens de renseignement traditionnels.

Avec l'arrivée de Space Imaging System, l'émergence de « technologies de rupture » pourrait conduire à des gains d'échelle d'un facteur supérieur à 10 (nanotechnologies) qui devraient surtout accroître les performances en délais d'accessibilité. De plus, la technologie utilisée pour la prise de vue est innovante. Beaucoup plus dynamique que ceux actuellement retenus, son principe consiste à faire pivoter le capteur optique autour de l'axe de la trajectoire. Ceci permet de couvrir un champ plus large que ne le font les satellites d'observation civils actuels dans lesquels le capteur optique reste fixe.

L'apparition de nouveaux types de satellites d'observation optique, de taille et masse réduites (une tonne ou moins), avec capacité de stockage et de transmission accrue, une gestion bord plus performante, une résolution de quelques mètres et des délais et coûts d'acquisition plus faibles (moins d'un MdF lancement compris) devrait conduire à revoir le dispositif d'exploitation sol.

L'observation radar est entrée dans le champ de l'exploitation commerciale avec le satellite canadien RADARSAT (images de précision 8-10 m depuis fin 95) ; des concepts technologiques nouveaux permettent raisonnablement d'espérer des satellites plus performants, à masse et coût réduits.

Peut-on exploiter ces innovations pour satisfaire les besoins de la Défense?

IV.-3.-Recherche des synergies

La synergie, c'est avoir les mêmes objectifs techniques dans les mêmes conditions opérationnelles. Les besoins militaires sont de deux types. Ils demandent, dans un cas, une grande précision avec un temps d'accès réduit et, dans l'autre cas, un champ large. La Défense y répond actuellement avec Hélios et Spot. En effet, jusqu'à présent, il est technologiquement faisable mais financièrement inabordable d'obtenir un champ large précis. Cela nécessite en effet de concilier le diamètre de la pupille, la largeur du champ et la taille de la maille. La solution retenue pour Hélios II consiste à le doter de deux instruments dédiés l'un au champ large et l'autre à la précision. Toutefois, il ne répondra pas au besoin de la Défense en cartographie estimé à un million de km²/mois. Ce besoin ne peut non plus être satisfait par Spot dans la mesure où la Défense est considérée comme un client comme un autre et qu'elle ne peut espérer mobiliser toutes les capacités de Spot à un prix raisonnable.

La technologie de prise de vue utilisée par Space Imaging System semble une voie de recherche de dualité dans la mesure où elle semble concilier champ large et précision acceptable. De même, la Défense peut profiter d'un savoir faire acquis par le secteur civil dans le domaine de l'observation radar.

Outre cette première voie, il convient maintenant d'examiner deux autres applications possibles de la dualité : l'utilisation de prestations commerciales et le développement d'un système commun entre civils et militaires.

Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, la première application est déjà effective avec l'achat par la Défense d'images Spot. Cependant, il ne semble guère envisageable de la transposer à une société commerciale étrangère. En effet, commander des images c'est dévoiler ses zones d'intérêt. Or, ce qui est concevable avec une société étatique française ne l'est pas avec un autre type de société. Ceci nous amène au second axe de recherche de dualité, à savoir le développement d'un système commun.

Compte tenu du développement actuel des petits satellites il semble envisageable de prendre part aux recherches du Système successeur de Spot, même si les innovations techniques ne permettent pas d'envisager l'accès au métrique pour la résolution. La Défense pourrait alors répondre aux besoins opératifs de théâtre par des stations mobiles associées à ces satellites tout en conservant une bonne capacité au niveau stratégique. Il sera en revanche nécessaire de déterminer les protocoles civilo/militaires de priorité d'accès à l'information et de protection indispensables pour l'exploitation conjointe. Ce système de constellation pourrait devenir un outil essentiel pour sa permanence, sa faible vulnérabilité et sa disponibilité immédiate à un coût identique (rapport de 1 à 1,2 en faveur de trois mini-satellites).

D'autre part, s'ils ne disposent pas du même potentiel d'évolution (moyens actifs, au lieu des passifs actuels, de non déformation des miroirs), les mini-satellites permettront cependant d'offrir une architecture identique pour un éventuel satellite radar qui placé sur la même orbite offrira des possibilités de recoupement d'information au niveau stratégique.

La participation de la Défense au programme successeur de Spot apparaît donc apte à satisfaire une partie des besoins de celle-ci en matière d'observation optique. Afin de satisfaire les impératifs de discrétion et d'accès à l'information, l'exploitation du système pourrait être confiée à une entité nationale chargée de la diffusion nationale des images civiles et militaires en France et civiles pour les clients étrangers, à l'instar de la National Imaging and Mapping Agency. L'implication précoce de la Défense dans le programme, notamment aux niveaux des spécifications et du financement, laisse présager que celle-ci puisse être considérée comme un usager prioritaire dont les commandes doivent rester confidentielles. On notera toutefois que ce système devra s'appuyer sur un système de transmission de données performant, ce qui nous amène à aborder le domaine des transmissions.

V.-CAS DES TELECOMMUNICATIONS

Cette fois encore, l'étude de ce domaine trouve une parfaite introduction dans les propos tenus par M. Alain Richard lors de l'entretien accordé à Air&Cosmos :

« Dans des domaines comme les télécommunications(...), il y a effectivement des possibilités de dualité forte entre le civil et le militaire (et,...) il est envisageable que les

armées puissent avoir recours à des moyens gérés par des opérateurs civils. A cette fin, nous devons évoluer d'une stratégie d'acquisition de moyens vers une stratégie d'achat de services. »

L'industrie des télécommunications spatiales est mature, que ce soit en termes de plates-formes, de systèmes et d'exploitation. Portée par le marché, elle se caractérise par une profusion de projets, de gros investissements associés à de gros risques, le tout pour un retour sur investissement rapide et important (prévision de doublement en 1998 du chiffre d'affaires réalisé en 1997, soit un passage de 23 M d\$ à 46 Md\$). L'émergence de nombreux projets globaux tels que Globalstar ou Skybridge offre une perspective de réduction des coûts par les économies d'échelle permise par l'effet série.

De plus, la Défense et l'État n'ont plus dans ce domaine le rôle moteur qui est le leur habituellement, en particulier dans le domaine spatial. On constate, en effet, l'apparition de nouveaux acteurs suite à la déréglementation des télécommunications liée à la diminution des financements publics au profit de ceux privés (privatisation prévue des organismes intergouvernementaux comme INTELSAT, EUTELSAT et INMARSAT).

Compte tenu de ces deux points et du grand nombre d'études existantes dans ce domaine, il ne nous a pas paru intéressant de réaliser une synthèse de la documentation. Nous avons plutôt essayé de d'apporter notre point de vue d'opérations sur les risques et les opportunités qu'offre l'emploi de moyens civils. Nous verrons successivement les besoins militaires, les perspectives d'évolution à court terme avant de terminer par les possibilités d'utilisation de systèmes civils.

V.-1.-Besoins militaires

Les militaires ont besoin de transmissions fiables, sécurisées, rapides et interopérables. L'usage des satellites permet d'éviter les coupures géographiques et les aléas de la propagation HF. Les besoins militaires s'orientent aujourd'hui vers une compatibilité avec des systèmes existants (SYRACUSE) ; l'augmentation de la couverture (extension au système SKYNET) ; l'augmentation des débits pour transmettre des données variées (pour information, les militaires américains envisagent un débit total de 4 Gb/s d'ici 10 ans pour l'utilisation directe sur les théâtres d'opération) ; la variété dans les services offerts ; des terminaux plus variés et plus petits (notamment pour une utilisation à bord des missiles) ; une durée de vie portée à environ 20 ans ; une plus grande disponibilité, des réseaux de transit et des réseaux de desserte (ces derniers pour les besoins généraux de type maritime) ; une meilleure intégration aux architectures de télécommunication existantes et une amélioration de la conduite.

Une partie de ces besoins est actuellement couverte à l'aide de satellites civils avec l'utilisation de 250 terminaux INMARSAT pour un coût de fonctionnement d'environ 30 à 50 millions de francs par an et un taux d'avarie d'environ 20 %. D'autres systèmes civils sont également mis à contribution (EUTELSAT, France TELECOM).

Les besoins militaires pourraient théoriquement être satisfaits par une constellation géostationnaire issue d'une coopération internationale. Pourtant, les utilisateurs militaires exigent une disponibilité totale des systèmes spatiaux de télécommunication aux lieux et aux moments requis. Ce principe implique un accès réservé et protégé, une couverture mobile et l'indépendance vis-à-vis des opérateurs. La défense ne peut donc, dans ce cas, se contenter d'être traité comme un client quelconque c'est-à-dire sans avantage ni priorité particulière et devant s'aligner sur le plus offrant.

Les moyens civils ne peuvent satisfaire pleinement les besoins militaires. En raison d'inconvénients bien connus : observation, protection et sécurité.

Il n'y a pas d'incompatibilité absolue entre les exigences militaires et l'emploi des futures systèmes commerciaux pour certains des besoins de la défense. Il apparaît nécessaire de tenir compte de la hiérarchisation de ces besoins pour définir précisément ce qui ressortit à la souveraineté dans ce domaine. Selon la nature de ce qui est transmis et selon l'évolution du paysage des télécommunications spatiales à long terme, le recours par la défense à certaines prestations commerciales peut être envisagé. La multiplications de télécommunications dans un avenir proche peut par exemple permettre l'établissement de relations avec eux sur un mode quasi commercial. Une telle évolution semble se dessiner outre-Atlantique, dans des mesures qu'il reste encore à préciser.

Une analyse de l'emploi possible de systèmes commerciaux en fonctions des besoins réels pourrait être envisagée. Les besoins en matière de télécommunications militaires peuvent être rangés en trois catégories, selon un schéma en usage aux Etats-Unis et qui a notamment servi de base pour bâtir le projet de coopération INMILSAT :

- « **Hard Core** » : ce « noyau dur » recouvre toutes les utilisations nécessitant des transmissions à la fois durcies au brouillage et à l'effet IEM, et exigeant une discrétion absolue. Elles concernent préférentiellement le Haut commandement, les commandements nucléaires et les forces projetées.
- « **Core** » : Il s'agit d'une deuxième catégorie de transmissions qui doivent faire preuve d'une capacité antibrouillage, d'une faible probabilité d'interception et qui doivent prendre en compte les effets de scintillation dues à l'IEM. Cette catégorie de transmissions intéresse les utilisateurs tactiques et le renseignement par exemple.
- « **General Purpose** » : Cette dernière tranche, moins protégée, concerne essentiellement les activités de soutien aux opérations militaires et les communications officielles extra-militaires. Elle comprend en particulier le soutien de l'homme.

Il est donc nécessaire d'identifier d'abord les besoins militaires et de les ranger en catégories. Ensuite, il faut identifier les solutions apportées par les systèmes dédiés successifs et les systèmes civils présents et futurs. Enfin, il s'agit d'apprécier les arguments en faveur des systèmes spécifiquement militaires et les transitions possibles vers les nouveaux systèmes spatiaux civils de télécommunication pour certaines applications.

V.-2.-Evolutions dans un avenir proche

V.-2.-1.-Les télécommunications spatiales pour les mobiles

En 1996, le marché des télécommunications spatiales représentait 15 G\$ aux Etats-Unis, dont 60% (45 GF) pour les militaires, contre 5 GF en France, dont un quart (1,25 GF) pour les militaires (et la moitié pour le secteur commercial et exportation). Dans cet ensemble, les liaisons fixes restent majoritaires et en croissance absolue, mais sans innovation technologique particulière, la nouveauté provenant des télécommunications avec les mobiles : téléphonie par le biais de constellations en orbite basse ou moyenne et télévision directe avec des réseaux de satellites en orbite géostationnaire.

Le système IRIDIUM (Motorola) prévoit la commutation téléphonique en orbite, il est donc complexe et assez cher (20 GF d'investissement). Les premiers satellites seront opérationnels en 1998. Par comparaison, le système GLOBALSTAR (avec une participation d'Alcatel et Aérospatiale) s'appuiera sur un réseau terrestre de stations de connexion reliant le système aux réseaux locaux existants, sous la responsabilité d'opérateurs locaux. Le financement serait assuré à 85% et les premiers lancements sont attendus pour cette année. Les projets ODYSSEY (TWR) et IMMARSAT 21 (satellites de Hugues) ne seraient actuellement financés qu'à 50% et les débuts opérationnels sont prévus vers 2001. Le projet le plus ambitieux reste TELEDESIC (pour 2001) qui consiste en un maillage de la planète par un réseau de 840 satellites orbitant à 700 km et interconnectés, capables d'assurer toute liaison de 16 kbps ("standard terminals") à 1,2 Gbps ("gigalink terminals").

Les tendances actuelles sont la réduction de la taille des terminaux et leur standardisation, en attendant une probable stabilisation des projets (entre 2005 et 2010 ?) après la première vague de constellations en orbites moyennes et basses.

V.-2.-2.-Les systèmes civils et les systèmes dédiés.

En France les orientations actuelles vont vers un système dédié à l'exploitation partagée avec les alliés européens et compatible avec une interopérabilité US (EHF), complété par une utilisation intensive des systèmes civils. Il est envisageable que les armées puissent avoir recours à des moyens gérés par des opérateurs civils. A cette fin, nous pourrions évoluer d'une stratégie d'acquisition de moyens vers une stratégie d'achat de services.

Les domaines suivants demandent à être explorés :

- hiérarchie des besoins militaires et répartition potentielle entre systèmes civils et systèmes dédiés,
- approfondissement de l'évolution des systèmes civils et de leurs modalités d'accès (politique des opérateurs),
- approfondissement de l'argumentation en faveur de systèmes dédiés, hiérarchisation des solutions systèmes, solutions de continuité entre systèmes dédiés successifs, entre systèmes civils et systèmes dédiés.

L'interopérabilité entre les différents systèmes constitue aujourd'hui l'une des difficultés majeures. Pour la France, elle se résume pour le moment aux terminaux INMARSAT et à quelques terminaux américains. Les systèmes de télécommunication américains et français constituent deux mondes clos. De la même façon, il n'existe pas d'interopérabilité réelle entre la Grande-Bretagne et la France. Chaque système peut simplement "secourir" l'autre. Ce problème ne se pose pas avec des systèmes civils, l'interopérabilité étant essentielle à leur offre de service.

En conclusion, la complémentarité des moyens civils et militaires existe certainement. Leur part relative est difficile à déterminer en l'absence d'une stricte délimitation des besoins spécifique militaires.

V.-3.-Domaines d'application de la dualité civilo/militaire

En se basant sur la répartition des besoins en 3 catégories telles que présentées ci-dessus, il apparaît très clairement deux domaines bien distincts :

- le domaine " Hard Core " devant offrir une disponibilité constante, ainsi qu'une protection et une résistance maximale,
- le domaine du " Core " et du " General Purpose " qui peut se satisfaire de moyens dégradés ou redondants pour le premier, et au pire d'une interruption de service pour le deuxième.

V.-3.-1.-Couverture des besoins en " core " et " general purpose " par des systèmes civils

V.-3.-1.-1.Téléphonie mobile privée

Si l'on tient compte du développement actuel des TELECOM privées basées sur des systèmes de portables, il est imaginable que bon nombre des soldats envoyés en opération partiront avec leur propre moyen de communication. Cela pour rester en contact avec la métropole et leur famille. Bien que l'ensemble des théâtres d'opération possible ne soit pas entièrement couvert, en particulier l'Afrique centrale, l'utilisation de ces portables à des fins privées, là où cela est possible, pourrait gravement nuire à la sécurité des opérations. Ils présentent en effet tous les risques :

- possibilité d'écoute et d'interception des indiscrétions¹,
- identification et localisation des personnels par l'emploi du localisateur GPS qui sera implanté dorénavant dans les portables reliés aux systèmes en orbite basse,
- actions psychologiques à faible coût par influence voire menace, sur la famille par exemple.

La participation de la défense et donc de l'Etat à un système civil permettrait d'introduire des spécifications de sécurité destinées à réduire le danger représenté par une utilisation non surveillée de ces systèmes. De plus, on peut raisonnablement penser que les entreprises civiles seront intéressées par une offre de sécurité accrue, compte tenu de la compétition économique à laquelle elles se livrent et de la forte implication de l'espionnage industriel. Cette solution offrirait de plus une possibilité de surveiller les communications en provenance et à destination de nos troupes, à l'image de la censure qui existe sur le courrier, afin de se prémunir contre des actions sur nos troupes.

V.-3.-1.-2.Soutien de l'homme

Le soutien psychologique du combattant en opération, crise ou conflit, va nous conduire à lui offrir les moyens d'entrer en contact avec ses proches selon le principe de la visioconférence et cela où qu'il soit. Cet aspect du soutien de l'homme, jamais évoqué dans les documents auxquels nous avons pu accéder, nous paraît primordial et correspond parfaitement au domaine des besoins généraux.

Il serait hors de prix de faire transiter ce trafic sur des voies exclusivement militaires. Ni leur priorité, ni leur protection ne le justifie. De plus, les besoins seront très variables en fonction du type d'opération, de sa durée et des effectifs engagés. L'emploi de moyens civils, avec ou non cryptage par moyens d'extrémités, est dès lors incontournable.

¹ Lors d'un exercice aux Pays-Bas, un soldat ayant entendu parler d'un accident ayant entraîné mort d'homme, a directement appelé sa famille pour le raconter. L'événement a fait le tour des familles de militaires et à fini dans les médias. Les forces armées néerlandaises ont eu toutes les peines du monde à expliquer que c'était une "mort d'exercice". Depuis, les portables sont interdits en exercice.

V.-3.-2.-Nécessité de systèmes propriétaires

Dans le domaine du "hard core", il est très clair que nous ne pouvons faire l'impasse sur un système propriété de la défense avec tout ce que cela implique en matière de disponibilité et de sécurité. Le dossier "Syracuse 3" est très explicite dans ce domaine et son degré de protection ne lui permet pas de rentrer dans le cadre de cette étude.

V.-4.-Participation de la défense à un système civil

Si elle représente un gros risque financier, les experts prédisant la saturation du marché à partir de l'installation de trois constellations, une participation de la défense par l'intermédiaire de l'Etat nous paraît présenter trois avantages déterminants.

Une très grande disponibilité qui ne nous est actuellement pas assurée par la solution INMARSAT et qui ne le sera pas plus dès lors que nous entrerons en concurrence avec les médias ou avec d'autres intervenants dans la crise. Nous ne sommes ainsi pas à l'abri d'un éventuel boycott pour des raisons humanitaires ou écologiques, par exemple.

Un droit de regard sur les spécifications, ce qui sous-entend quelques facilités pour surveiller le trafic, à l'image de ce que réalisent nos amis américains en coopération avec les Britanniques et les Australiens. Ces spécifications pourraient intéresser les entreprises.

Enfin, étant donné le coût de cette participation chiffrée en centaines de millions de francs, elle ne peut être envisagée que dans un cadre européen. Elle pourrait ainsi constituer un projet fédérateur pour une Europe de la défense tout en évitant le clivage classique France-USA rencontré dès lors que l'on parle d'espace. Il serait néanmoins nécessaire de revoir nos degrés d'implication dans les projets spatiaux en ne cherchant pas à s'imposer comme principal participant, reproche que nous font régulièrement nos partenaires potentiels.

VI.-CAS DE LA NAVIGATION

Toujours lors du même entretien accordé à Air&Cosmos, M. Alain Richard, en réponse à une question sur une éventuelle participation de la Défense au financement du système de navigation satellitaire, a tout d'abord noté que le budget spatial de la Défense permet juste d'honorer ses propres engagements. Il a cependant évoqué « *le caractère complètement dual (de la navigation par satellite) puisque les armées ne devraient représenter que 2% des utilisateurs en 2000* ». Après avoir exposé les besoins de la Défense en matière de navigation par satellite ainsi que les innovations attendues du secteur civil dans ce domaine, nous rechercherons quelle forme pourrait y prendre la dualité civilo/militaire.

VI.-1.-Analyse des besoins de la Défense

Les besoins exprimés par les différentes armées sont les suivants : la Marine souhaite une précision métrique à l'horizon 2000 pour les forces amphibies et la guerre des mines. L'expression de besoin ECDS-SLNO (Etude de Conception et de Définition de Systèmes - Systèmes souhaitables de Localisation, Navigation et Orientation) de l'Armée de terre faisait état en 1993 d'une précision de navigation de 100 mètres et de 5 à 20 mètres en

positionnement. En ce qui concerne l'Armée de l'air, le besoin exprimé en 1993 était de disposer du mode précision du GPS, soit une vingtaine de mètres.

Outre la précision, les moyens de navigation de la Défense doivent posséder des qualités en matière de discrétion et de résistance aux actions de guerre électronique (brouillage, leurrage, déception,...) et d'universalité (utilisation possible partout dans le monde). De plus, pour qu'un moyen soit utilisé en tant que moyen unique (concept Sole Mean), il doit être autonome (pris dans le sens où la Défense ou les forces en assurent le contrôle). Pour répondre à ses besoins, la Défense a développé des moyens propres tout en utilisant également, notamment pour la navigation aérienne et maritime, les moyens civils existants. Parmi les moyens autonomes, on citera, pour la navigation, les capteurs inertiels, les radars, l'imagerie et les moyens radioélectriques propres tels que le TACAN et, pour le guidage, les capteurs optique, infrarouge, électromagnétiques et laser ainsi que les centrales à inertie, calculateurs et radar Doppler. Ces différents moyens permettent d'obtenir les performances requises et il serait tentant de conclure que la Défense n'a pas besoin d'un système de navigation par satellites. Cependant, la mise à disposition gratuite du GPS et du GLONASS par le DoD américain n'a certes pas créé un véritable besoin mais en a montré l'intérêt et les limitations. Présentons tout d'abord rapidement ces systèmes.

Le GPS délivre deux niveaux de services : le service de positionnement standard (SPS : Standard Positioning Service) et celui de positionnement précis (PPS : Precise Positioning Service) dont les performances sont les suivantes :

- le mode SPS offre une précision théorique de 30 m. Toutefois, l'activation par le DoD d'une dégradation volontaire du signal (par le système SA « Selective Availability ») réduit la précision horizontale à 100 mètres et verticale à 156 m,
- le mode PPS offre des précisions horizontale de 17,8 m et verticale de 27,7 m. Toutefois, il est couplé avec un système de cryptage appelé AS (Anti Spoofing) et n'est accessible qu'à ceux qui possèdent les clés de cryptage. Ces clés sont fournies par le DoD aux forces américaines ainsi qu'à quelques utilisateurs militaires non américains. Elles ne sont pas accessibles aux utilisateurs civils.

Le système russe GLONASS (GLObal Navigation Satellite System), contrôlé par le ministère de la Défense soviétique, possède également deux modes de fonctionnement : précision (code P) et standard (code C/A) et obtient une précision horizontale de l'ordre de 26 m et 45 m en vertical. Toutefois, la principale question qui se pose à son sujet est celle de sa pérennité. En effet, la Russie en proie à des difficultés financières importantes reporte constamment le remplacement des satellites défectueux (actuellement une vingtaine des 24 satellites fonctionnent correctement). Aussi, sans mésestimer l'intérêt de GLONASS, nous attacherons-nous dans les lignes qui vont suivre à l'analyse du GPS.

Ses qualités sont : la couverture quasi-mondiale, la précision identique en tout point du globe couvert et constante dans le temps (donc de fait supérieure à celle des moyens autonomes qui dérivent dans le temps), la discrétion (le récepteur n'a pas à émettre de signal), la permanence, la variété des applications, la facilité d'emploi, l'interopérabilité mais surtout le coût et le faible encombrement. A titre de comparaison, les prix des récepteurs GPS sont d'environ 300 KF pour un récepteur avionique alors que, pour des précisions variant de 1 Nm/h à 0,1 Nm/h, les systèmes inertiels coûtent de 400 KF à 3 MF. En résumé, le GPS n'est donc pas le seul moyen d'obtenir les précisions demandées mais, performant et de faible encombrement, il est aisément intégrable et son prix en fait un moyen d'équipement de masse.

Cependant, son utilisation présente quelques risques :

- absence de contrôle d'intégrité, point sur lequel nous aurons l'occasion de revenir,
- grande sensibilité au brouillage,
- contrôle exclusif par le seul DoD qui décide unilatéralement de l'accès au code P, via la mise à disposition des composants cryptologiques qui seront à l'avenir manipulables à l'unité (SAASM) et des clés de décryptage.

Ce qui précède est traduit dans une note du ministre de la Défense, datée du 05 mai 1995, dans laquelle l'emploi du GPS est encouragé tout en rappelant la nécessité de maintenir pour chaque système d'armes une efficacité acceptable sans GPS, d'accroître l'effort dans les domaines de l'intégrité et de la vulnérabilité du GPS et d'examiner des possibilités de recours, en parallèle, à d'autres systèmes.

De plus, l'existence même du GPS pose un problème d'ordre sécuritaire. En effet, le libre accès au service rend son utilisation possible par un adversaire potentiel, le faible coût des récepteurs permettant à toute nation désireuse de doter ses missiles d'un système de navigation de précision acceptable à moindre coût et sans recherche technologique avancée. Dans notre recherche de dualité, il convient maintenant d'examiner les innovations attendues de la part de la communauté civile, notamment aéronautique, en matière de navigation satellitaire.

VI.-2.-Etude des innovations attendues du secteur civil

Le concept civil de la navigation par satellites n'est pas nouveau. Il trouve en fait son origine dans les années 80 sous l'impulsion de l'OACI (Organisation Internationale de l'Aviation Civile) qui cherchait alors à s'affranchir des limitations inhérentes aux moyens radioélectriques sol classiques de navigation : limitation par la portée optique et encombrement du spectre radioélectrique empêchant leur multiplication pourtant rendue nécessaire par la croissance du trafic aérien civil. Enfin, ils sont, pour la plupart, anciens et leur remplacement aurait un coût élevé. En 1983, un comité mandaté par l'OACI préconisait l'abandon de ces moyens classiques au profit de systèmes satellitaires à l'horizon 2010. Les choses ont, depuis, évolué. Certes, les deux systèmes de navigation à couverture mondiale auront disparu dans un proche avenir (abandon du système OMEGA en Septembre 1997 et retrait programmé du LORAN C). Mais l'abandon des moyens sol classiques n'apparaît plus aussi inéluctable même si la mise à disposition gratuite du GPS et du GLONASS a dynamisé l'attrait de la navigation par satellites tout en suscitant des interrogations.

La première de ces interrogations, d'ordre réglementaire, touche la communauté aéronautique civile, acteur civil, de loin, le plus exigeant en matière de navigation. En effet, en vertu de l'article 28 de la Convention de Chicago qui est l'acte fondateur de l'OACI, il est de la responsabilité de chaque Etat de fournir et d'entretenir les moyens nécessaires à la navigation aérienne au-dessus de leur territoire. Ainsi, un moyen de navigation aérienne doit, pour pouvoir être certifié par les autorités nationales, respecter des normes de performance en matière de :

- précision, dont la valeur minimale varie en fonction de la phase de vol,
- intégrité, qui est la faculté de détecter une dégradation de la précision et d'en avertir l'utilisateur dans un intervalle de temps spécifié variable selon les phases de vol,
- disponibilité, qui est la capacité à fournir les services de positionnement et d'intégrité au début de la phase de vol considérée,

- continuité de service, qui correspond au temps minimal de fourniture des services de positionnement et d'intégrité durant la totalité d'une phase de vol.

A ce stade se posent deux problèmes : d'une part, les performances du GPS sont insuffisantes en termes de précision et de d'intégrité et, d'autre part, l'administration américaine refuse de s'engager contractuellement sur la qualité du service (disponibilité et la continuité de service). Les autres Etats ont donc un problème de souveraineté et de responsabilité qui ne leur permettent pas de certifier le GPS. Ainsi, même si, selon la directive présidentielle du Président Clinton du 29 mars 1996, le mode précision du GPS sera accessible à la communauté civile gratuitement dans les dix années à venir, le GPS ne satisfait pas la totalité des besoins de la communauté aéronautique civile. C'est pourquoi ceux-ci ont décidé de développer des systèmes propres.

Ces systèmes sont de deux types : ceux utilisant la technique différentielle locale et ceux s'inscrivant dans le cadre du programme GNSS (Global Satellite Navigation System). La technique différentielle locale, appelée L-DGPS, a pour but de permettre l'utilisation des signaux GPS lors des phases de vol les plus exigeantes en matière de précision tant horizontale que verticale, à savoir les départs et les arrivées des aérodromes et, plus particulièrement, les approches finales. Le principe consiste à mesurer, à partir d'une station sol située au voisinage de l'aérodrome dont la position et l'altitude sont donc parfaitement connues, les erreurs des signaux reçus et de transmettre les corrections aux aéronefs en vol.

Le programme GNSS est phasé en deux étapes appelées GNSS 1 et GNSS 2. La première, utilisant également la technique différentielle mais étendue à l'ensemble de l'espace aérien européen, consistera, en s'appuyant sur les signaux GPS et/ou GLONASS, à fournir une précision résultante supérieure ainsi qu'un contrôle d'intégrité. La contribution européenne à GNSS 1 est appelée EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System). La seconde étape, GNSS 2, a pour objectif de doter la communauté civile internationale d'un système de navigation satellitaire autonome, indépendant du GPS et du GLONASS. Le programme GNSS est donc issu de la volonté de la communauté aéronautique civile. Cependant, le coût d'une telle entreprise a, en Europe, ouvert la voie à la participation d'un autre acteur : l'Union Européenne.

Initialement utilisé par l'aviation, le GPS a rapidement intéressé un public de plus en plus large. Ses applications vont maintenant de l'ensemble des « transports » (routiers, maritimes, aériens, ferroviaires mais également spatiaux pour l'orbitographie de certains satellites) à la localisation des téléphones portables et à la cartographie et à la géodésie. Outre l'aspect localisation du GPS, la fonction de datation est également couramment utilisée pour la synchronisation des réseaux informatiques, notamment boursiers et la distribution de temps. Ceci explique que, à ce jour, environ 100 millions de récepteurs aient été vendus et que les utilisateurs aéronautiques ne représentent plus que 5% des utilisateurs du GPS. L'accès au service GPS étant gratuit, il apparaît difficile de faire payer les utilisateurs non aéronautiques pour améliorer un système qui leur convient parfaitement en l'état actuel. Parallèlement, la communauté aéronautique européenne aimerait que tous les bénéficiaires de son système participent au financement. C'est ainsi que l'Union Européenne est devenue l'acteur principal en matière de navigation par satellite en Europe. A l'appui, Edith Cresson, responsable de la recherche à la Commission européenne, déclarait en 1997 que les profits que l'on peut attendre des systèmes de navigation satellitaires sont énormes et insistait sur l'importance des besoins de la navigation terrestre, la navigation aérienne ne représentant que 5% des utilisateurs. Les innovations du secteur civil étant maintenant connus, nous pouvons donc tenter de dégager les synergies possibles entre civils et militaires.

VI.-3.-Recherche des synergies

Ainsi que nous l'avons mentionné précédemment, les besoins militaires sont, en matière de navigation, de disposer de moyens précis, résistants aux agressions résultant de la guerre électronique, autonomes et utilisables partout dans le monde. Les systèmes de navigation satellitaires actuels ne répondent que partiellement à ces besoins ce qui fait que, en dépit de l'intérêt qu'ils présentent, il ne peut leur être attribué qu'un rôle de complément des moyens autonomes existants. Pour autant, la Défense ne peut s'en désintéresser en raison des aspects sécuritaires liés à l'exploitation par un adversaire potentiel de leurs signaux. Etant donné que ce sont des besoins voisins de performances, de souveraineté et de sécurité qui sont à l'origine des projets de la communauté civile, il est ici permis d'espérer une synergie maximale entre civils et militaires. Pourtant, nous allons voir que la dualité civilo/militaire semble devoir être réduite à sa plus simple expression, c'est-à-dire à l'utilisation par la Défense des services mis en place par la partie civile. Tout au plus, l'implication de la Défense dans les programmes civils se bornera à faire prendre en compte, par les autorités civiles responsables, la résolution des problèmes sécuritaires. Apprécions donc maintenant l'intérêt des innovations civiles au travers des besoins de la Défense.

La mise en oeuvre d'EGNOS n'apportera pas d'avantages significatifs par rapport au GPS. En effet, EGNOS s'appuiera sur le signal SPS du GPS, ce qui, d'une part, offre peu d'intérêt tant en termes de précision que de contrôle d'intégrité pour qui a accès au mode PPS et, d'autre part, ne répond pas au souci d'autonomie, de vulnérabilité au brouillage et d'utilisation par un adversaire des signaux GPS. De plus, il ne couvrira que la zone européenne ce qui est insuffisant pour la Défense française. Tous ces points font qu'il n'est pas possible, en agissant sur le seul EGNOS, d'obtenir un système de navigation satellitaire répondant à la totalité des besoins de la Défense française et répondant aux impératifs de sécurité. La dualité civilo/militaire semble donc, dans ce cas, devoir se réduire à sa plus simple expression, à savoir l'utilisation par la Défense du produit fini développé par le secteur civil, utilisation qui ne sera envisageable qu'en temps de paix au travers de l'acquisition de récepteurs commerciaux. Cette attitude pourrait-elle évoluer dans le cas de GNSS 2?

Si GNSS 2 est développé par la seule communauté civile, il permettra d'offrir des performances susceptibles d'intéresser la Défense au niveau de la couverture, de la précision, de l'intégrité, de la disponibilité et de la continuité de service. De plus, il est permis d'espérer que, en matière de sûreté d'emploi (résistance à un brouillage intentionnel), l'architecture et la technologie utilisées permettent l'adoption de solutions technologiques existantes (augmentation de la puissance ou de la largeur de la bande passante). La compétence technique étant, dans ce domaine, davantage le fait des militaires que des civils, la Défense pourrait proposer son savoir faire à la communauté civile. Ainsi, pourrait-elle parvenir à faire prendre en compte ses impératifs sans pour autant s'investir financièrement dans un programme dont nous allons voir qu'il ne peut répondre à un besoin « *stricto sensu* ».

En effet, compte tenu de ce qui précède, GNSS 2 possède de solides arguments pour pouvoir être qualifié de besoin. Mais, ceci passe la possibilité d'être utilisé par la Défense en tant que moyen unique de navigation ce qui signifie que cette dernière puisse en assurer le contrôle. Or, la communauté civile développe justement GNSS 2 pour des raisons de souveraineté et de responsabilité. La responsabilité des Etats au titre de l'article 28 de la Convention de Chicago et leur souveraineté doivent leur permettre d'exercer un contrôle sur les systèmes à l'origine du service de navigation qu'ils ont approuvé. Ceci pourrait être obtenu par l'intermédiaire d'une agence internationale dont on imagine mal qu'elle puisse être placée

sous une tutelle militaire. Ainsi, la dualité civilo/militaire (dans le sens réduit par le libellé du sujet) semble également devoir être réduite à sa plus simple expression dans le cas de GNSS 2 : la simple utilisation des signaux émis. On notera toutefois que, même si cela peut apparaître marginal en termes de dualité, la Défense trouve un intérêt supplémentaire dans l'existence de GNSS dans la mesure où il constitue un système de navigation supplémentaire. La multiplication de ces systèmes présente, en effet, le double avantage de rendre un brouillage global plus délicat et de réduire la dépendance vis-à-vis d'un système.

Pour terminer dans le même registre, la simple utilisation de la technologie civile apparaît comme la forme de dualité la plus adaptée aux besoins de la Défense en matière de L-DGPS. En effet, le remplacement des aides radioélectriques à l'approche et à l'atterrissage est un sujet d'actualité sur les aérodromes de la Défense. Les performances attendues du L-DGPS, son interopérabilité et son caractère déployable en font un outil susceptible de répondre à un besoin de la Défense. Il convient toutefois d'attendre la fin de son développement afin de comparer son coût à celui des moyens existants mais également de vérifier la réelle valeur opérationnelle du produit fini.

VII.-CONCLUSION

Pour se convaincre de l'intérêt de l'utilisation de certains systèmes civils, il suffit d'essayer de téléphoner à un correspondant Ritter à partir d'un poste rattaché au RA 70. On s'aperçoit alors rapidement que France Télécom peut rendre de grands services! De même, pour en revenir au domaine spatial, force est de constater que Syracuse s'avère limité en débit au regard des systèmes de télécommunications civils.

Le degré de dualité civile/militaire admissible dépend des contraintes que l'on est prêt à accepter. La divergence des besoins, des calendriers et des buts visés sont autant de difficultés qui ne permettent pas de faire de la dualité une solution miracle, ce qui ne signifie pas pour autant que cette voie doive être abandonnée.

De la simple attitude d'usager de technologies ou de services civils, comme c'est le cas de la navigation, à celle d'acteur en cas de développement en commun d'un programme, comme cela a été envisagé dans le cas de l'observation, le champ des positionnements de la Défense face aux innovations du secteur concurrentiel est vaste. Ainsi, s'avère-t-il délicat de dégager des généralités tant chaque cas présente des caractéristiques particulières. En effet, toutes les activités spatiales civiles n'ayant pas atteint le même stade de maturité commerciale, il apparaît ainsi difficile de transposer les possibilités offertes par les télécommunications à l'observation.

Pour en terminer avec la dualité, rappelons que nous sommes ici attachés à étudier les apports civils susceptibles de répondre à des besoins de la Défense. Il pourrait être intéressant d'étudier ce que cette dernière pourrait gagner en inversant la démarche, c'est-à-dire en proposant des services à des usagers civils. Sous réserve de faisabilité politique, stratégique et juridique, vendre des images Hélios ou louer des canaux Syracuse à France Télécom ne seraient-elles pas des attitudes duales dignes d'intérêt?