

**GCA (2S) MICHEL ASECIO**

Chercheur associé à la Fondation pour  
la Recherche Stratégique

FONDATION  
pour la RECHERCHE  
STRATÉGIQUE

## Numérisation et robotisation du champ de bataille - Le combat aéroterrestre du futur -

### Introduction

La numérisation du champ de bataille que ce soit dans les domaines terre, air, mer ou spatial est aujourd'hui au cœur de multiples débats techniques, éthiques, stratégiques et politiques. On ne s'étonnera pas si le nombre de systèmes automatisés dans les forces armées américaines est passé ces dernières années de quelques unités à plus de dix mille.

Les *Quadrennial Defense Review* (QDR) américaines façonnent périodiquement, avec constance et surtout avec des milliards de dollars à l'appui, le champ de bataille du futur. A l'échéance d'une vingtaine d'années, ce qui s'y déroulera ne sera pas si éloigné de ce qui s'y passe déjà aujourd'hui. Les guerres dans les villes et les zones fortement urbanisées ou difficiles d'accès revien-

nent en force. La bataille du futur se conclura, avec 75 % de chances, dans une grande ville ou dans la capitale d'un État. Mais quel que soit ce futur espace de combat, il pourrait se caractériser de plus en plus par une approche toujours plus technologique. Cette démarche est entreprise aujourd'hui par les États-Unis qui perçoivent le champ de bataille comme un vaste espace couvert de plus en plus de robots indépendants ou de dispositifs automatiques à pilotage déporté, avec (quand même) quelques troupes au sol pour occuper le terrain. Même si cette vision n'est pas totalement partagée par les Européens et en particulier la France, il est indéniable que ce scénario est déjà fortement esquissé et conforté par le développement très rapide des technologies nouvelles et leur utilisation sur le terrain. Les conflits actuels illustrent déjà les prémices de cette nouvelle approche du combat et devien-

nent les champs d'expérimentations de cette robotisation généralisée.

Cette note ne s'intéressera qu'au combat terrestre dans un futur assez éloigné mais il est évident que les autres composantes d'armées et le domaine spatial auront un rôle à jouer dans le combat aéroterrestre du futur.

### Une image du champ de bataille du futur

- Des images de ce futur champ de bataille peuvent s'extraire d'un film de science fiction mondialement connu :
- Un essaim de robots terrestres, maritimes et aériens, équipés de multiples senseurs, sillonnent les forêts, les champs, les villes et les mers adverses, survolés par des avions non habités de combat, tandis que dans l'espace, des satellites ravitaillés et dépannés en orbite, surveillent, transmettent, voire agressent et détruisent des engins spatiaux ennemis.
- Plus bas, un hélicoptère largue un conteneur contenant des missiles équipés d'une tête guidée en autonome par laser et GPS et avec des moyens de communication automatiques.
- Un combattant au sol (car il en faudra toujours), demande par radio, en langage naturel à des drones, un appui feu sur des cibles mobiles qu'il a aperçues et identifiées dont il donne la position.
- Sans autre intervention humaine, les missiles du conteneur sont lancés. Certains resteront en attente pour assurer une deuxième frappe si nécessaire.

Cette vue de l'esprit, aujourd'hui, ne pourra être rendue possible que grâce à un réseau dense et maillé de communications et d'informations. L'importance toujours croissante de l'Information, ADN de l'art du commandement et de la conduite des opérations, y compris au niveau de la manœuvre, ne se démentira pas.

Ce scénario peut prêter à sourire et fait penser à la saga de la « Guerre des Etoiles » et autres « Avatars » mais n'est pas aussi futuriste ni improbable qu'il n'y paraît. Certaines phases de combat sont déjà, au moins partiellement, mises en œuvre sur les théâtres d'opérations aujourd'hui et dans cette projection à plus de vingt ans, on peut retenir trois grandes tendances lourdes, perceptibles sur les champs de bataille actuels :

- L'application d'un concept d'opérations en réseau pour les Français, de *Network Ena-*

*ble Capability* chez les Britanniques et *Network Centric Warfare* chez les Américains, sous-tend les « Transformations » entamées par les forces occidentales. Ces différentes appellations, qui veulent aboutir aux mêmes effets, ne vont pas sans nuances de taille dans leur application et en particulier les places relatives de l'Homme et de la technologie.

- Deuxième tendance, corollaire de la précédente, la robotisation air-terre-mer, poussée à son maximum chez les Américains, maniée avec plus de réserve chez les Européens qui veulent laisser une plus grande place à l'initiative humaine.
- Enfin, ce caractère déterminant des systèmes info centrés se développera dans une perspective interarmées et inter agences gouvernementales.

Mais avant de pouvoir mener ce type de combat, il faudra relever certains défis techniques et technologiques qui ne sont pas encore tout à fait à portée de main, ni même à portée de tous les budgets. Ce document présente les principaux défis technologiques qu'il est nécessaire de relever pour mener à bien un tel type de combat, basé sur la haute technologie. Les problèmes structurels et organisationnels qui en découleront fatalement et qui sont aussi ardues à résoudre sinon plus que les problèmes technologiques, ne seront pas détaillés ici. Ils concernent l'art de commander en opérations en réseau, chacun à son niveau de responsabilités, l'impact de ce type d'opérations sur les structures et organisations militaires, la définition et la réalisation d'un système d'information anthropocentré... Ils font l'objet de réflexions engagées par les différentes armées occidentales dans le cadre de leurs « Transformations ».

#### 1. Les systèmes terrestres

Les systèmes terrestres vont de plus en plus être confrontés au combat en terrain ouvert, difficile d'accès et lacunaire, pour se terminer vraisemblablement en milieu urbain, combat qui prend avec les conflits de basse intensité et asymétriques, une importance primordiale. Or toutes les armées du monde s'accordent à reconnaître que le combat urbain est extrêmement difficile, voire impossible, à gagner sans l'utilisation extrême de la violence.

De très nombreuses recherches essayent de trouver une parade technologique face aux nouvelles menaces rencontrées. Ces tentatives d'a-

vancées technologiques se retrouvent essentiellement aux États-Unis, puissance financière oblige, aussi a-t-on essayé d'illustrer les propos en citant les programmes de recherche qui sont actuellement en phase de faisabilité ou de démonstration au sein de la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*). Mais en Europe, malgré un retard considérable, des démonstrateurs et des engins robots pour le déminage et la reconnaissance par exemple, sont en train d'acquérir une maturité suffisante pour être déployés sur le terrain.

Les technologies terrestres qui retiennent l'attention pour résoudre les problèmes rencontrés dans la conduite du combat peuvent se résumer ainsi :

- La recherche de véhicules légers et mobiles mais néanmoins très protégés contre la menace de dispositifs explosifs improvisés. La motorisation hybride présente également un intérêt pour des applications militaires, de même que les biocarburants.

- Le programme FCS (*Future Combat System*), permettant de travailler en « réseau centré » simplifié et compréhensible au niveau d'une section d'assaut et de redonner l'avantage de la nuit au combattant est toujours d'actualité malgré des coupes financières sévères.

- La progression dans les tunnels et la navigation en sous-sol, l'amélioration de la vision et de l'identification font l'objet de nouveaux programmes.

- Des systèmes particuliers d'explosifs pour ouverture de brèches ou de retardement à la progression en milieu urbain, type glace polymère, ont été mis au point, de même que des dispositifs d'escalade bio inspirés.

- La robotique, de toute taille, capable de s'adapter à un environnement changeant, encombré et hostile, est développée pour préserver au maximum la vie des combattants ou faciliter sa connaissance de l'environnement.

### 1.1. La protection collective

On a relevé quelques programmes caractéristiques<sup>1</sup> pour améliorer la protection des véhicules contre des explosions sous le châssis, les roquettes ou missiles, tout en essayant de préserver leur légèreté et leur mobilité.

- Le but du programme RPGNets est de caractériser scientifiquement les interactions des filets spéciaux à haute résistance pour empêcher d'éclater, briser ou passer les charges propulsées par fusée (RPG). Les essais pratiques four-

niront des modèles complets pour arriver à des systèmes de filets optimaux pour la protection des véhicules et des hélicoptères à terre.

- Le programme *Topologically Controlled Lightweight Armor* (TCLA) améliorera la technologie de protection des véhicules militaires par l'arrangement topologique de matériaux multiples afin de réaliser des performances au-delà de ce qui peut être réalisé par de simples changements de compositions.

- Dans le même ordre d'idée, le programme *Topologically Ordered Armor* (TOA) est destiné à la protection des dessous de carrosseries et de coques. Cet effort vise à réduire le poids des structures militaires actuelles des coques et des dessous de carrosserie de véhicules tout en améliorant et en augmentant la résistance de pénétration du souffle et des éclats.

- D'autre part, le programme *Armor Hardwire DARPA* exploite une seule configuration hybride composée de polymère/acier à haute résistance pour assurer la protection améliorée du blindage de véhicules, à un poids sensiblement réduit comparé à d'autres technologies et à un coût comparable à celui des protections traditionnelles.

Les munitions récupérées et stockées sans garantie représentent une menace significative pour les forces et dans les zones peuplées par des civils. La menace IED se développe à partir de ces munitions stockées. La capacité de passer rapidement et complètement des composants explosifs permettra aux militaires de réduire de manière significative la menace constituée par des réalisateurs d'IED. Le programme *Bio Demilitarization of Munitions* (BDM) se concentrera sur la passivation rapide de munitions simples ou multiples, stockées ou empilées. Le programme aura pour but de développer des technologies pour passer rapidement les munitions explosives en utilisant une combinaison de perforations et de technologies explosives pour perforer l'enveloppe de munitions, altérer l'explosif contenu et intégrer ces technologies dans un système déployable de bout en bout.

### 1.2. La protection individuelle

Beaucoup d'efforts de recherche sont consentis dans tous les domaines concernant la protection individuelle du combattant débarqué. Améliorer ses performances physiques, psychologiques et préserver sa vie sont les buts recherchés.

Le « fantassin débarqué » devra toujours faire face à trois principes invariants :

- En raison même du terrain, il faudra toujours s'approcher pour détruire, tuer ou

1. Les programmes cités dans ce texte sont explicités sur le site : [www.DARPA Office Programs](http://www.DARPA Office Programs)

neutraliser. Les trois cents derniers mètres ont toujours été les plus durs à conquérir.

- Il sera toujours nécessaire de discriminer amis, ennemis et non combattants.
- La violence maîtrisée par un emploi du feu proportionné à la menace s'impose dans des affrontements asymétriques. Malheureusement, les armes (réellement) non létales ne constituent pas nécessairement une réponse à toutes les situations.

L'objectif est de hisser le fantassin débarqué au niveau d'un « système ». Pour satisfaire cet objectif et respecter ces principes, quelques pistes de travail sont examinées.

Les opérations militaires dans un terrain urbain (zones étendues avec des forces hostiles, des populations non combattantes et une infrastructure complexe) exigent des capacités et de l'agilité spéciale pour conduire un combat rapproché dans des conditions fortement changeantes et défavorables. Les responsables tactiques ont besoin de posséder la capacité de s'adapter durant le mouvement, de coordonner les actions des petites unités et d'exécuter les ordres sur une plus large zone d'engagement. Des avantages tactiques significatifs pourraient être apportés par le responsable d'une petite unité en lui donnant la capacité de générer intuitivement des ordres de progression en cours de route et de distiller l'information exigible et opportune à l'équipe de combat ou au combattant individuel dans un format aisément compréhensible en évitant les surcharges d'informations. C'est le but affiché du programme *Urban Leader Tactical Response, Awareness and Visualization* (ULTRA-Vis).

Cette capillarité de la numérisation présente un danger, on l'a constaté déjà dans les conflits récents, celui de tomber pour le chef tactique depuis son poste de commandement dans le piège du micro management du combat.

### 1.2.1. La précision et l'efficacité des armes

Le programme *Dynamic Image Gunsight Optic* (DInGO) a pour but de développer un écran pour fusil qui transformera chaque combattant en tireur d'élite, permettant un tir précis sur cibles de 3 à 600 mètres dans un environnement de combat.

De même que le programme *Extreme Accuracy Tactical Ordnance* (EXACTO) développe un système qui procure à des équipes de tireurs isolés la capacité d'identifier et prendre à partie des

objectifs avec une portée et une précision, jusqu'ici impossibles à obtenir. Les cibles sont stationnaires ou mobiles et sous conditions ambiantes difficiles, de jour comme de nuit. Le système emploie une combinaison de balle manœuvrable et un système de guidage en temps réel pour suivre et délivrer le projectile sur la cible.

Son titre illustre bien l'objectif clé du programme *Advanced Sighting System* (One Shot) qui est de permettre à des tireurs isolés de frapper avec précision des cibles dès le premier coup, par vent latéral et à la portée utile maximum de l'arme. Le système doit fonctionner au-delà de la portée de visibilité humaine, avec de la turbulence et de la scintillation atmosphérique et des conditions opérationnelles.

### 1.2.2. Les armes non létales

Il s'agit d'immobiliser des menaces potentielles lorsque l'identification est incertaine. L'objectif est d'utiliser des moyens électromagnétiques (balles e.m.) ou optiques (laser, lumière de haute intensité à fréquence modulée) pour immobiliser la menace pendant une courte durée, allant de quelques secondes à quelques minutes.

La non létalité de certains dispositifs reste encore à établir avec certitude.

### 1.2.3. Les senseurs du fantassin

Il s'agit d'intégrer, dans la tenue furtive du fantassin, des senseurs divers, y compris actifs comme le LADAR (synthèse de laser et de radar) et des moyens de communication.

Les informations obtenues peuvent être échangées automatiquement entre les soldats d'une même section, tandis que l'image de la situation leur est fournie, soit sur un écran tête haute, soit directement sur la rétine.

Inversement, ce qui est vu ou entendu par un fantassin peut être communiqué au poste de commandement dont il dépend. Avec les dangers, comme déjà mentionné, d'interférences de commandement malheureuses sur le terrain.

Par exemple, il s'agit de mettre au point un système de visualisation qui redonne, au soldat de base, l'avantage de la nuit en lui procurant des capacités d'alerte inconnues jusque-là. Le programme *Multispectral Adaptive Networked Tactical Imaging System* (MANTIS) doit comporter :

- un capteur multispectral IR monté sur le casque, avec écran digital et système de navigation à inertie ;

a- un ensemble, processeur et alimentation en énergie, intégré dans la tenue du combattant et capable de fournir image, réalité augmentée et information temps réel.

En outre, le système doit pouvoir être utilisé en réseau par plusieurs soldats bénéficiant des mêmes images et permettre de commander à distance des senseurs et des armes.

De son côté, le programme *Urban Reasoning and Geospatial Exploitation Technology* (URGENT) développera un système urbain d'identification et d'exploitation d'un objet en 3D qui permettra des capacités avancées de planification de mission et d'analyse de situation pour le combattant opérant dans de tels environnements.

Par la formation d'images améliorées en résolution, le programme *Super-Resolution Vision System* (SRVS) quant à lui, veut repousser l'identification et la reconnaissance de cibles à des distances nettement plus grandes ; surmonter la turbulence atmosphérique qui limite aujourd'hui les capacités des systèmes optiques à haute résolution et augmenter l'indice de confiance d'identification des cibles pour réduire les tirs fratricides et les dommages collatéraux.

#### 1.2.4. Les nouveaux capteurs

De nouveaux capteurs sont en cours de développement et ils concernent essentiellement le combat en zone urbaine et la progression en zones closes.

Des liaisons critiques peuvent être coupées dans des opérations de combat en zone urbaine où les signaux de radiofréquence sont sévèrement atténués par l'infrastructure environnante. Le programme *Deep Speak* développe de nouvelles techniques de gestion de réseaux, de codage et de forme d'ondes qui permettent aux signaux de transmissions de pénétrer dans les édifices environnants et les dispositifs souterrains afin de permettre le maintien des liaisons entre les combattants et le réseau global.

Le programme *VisiBuilding* satisfera une nécessité pressante dans le combat en zone urbaine : voir à l'intérieur des édifices où les forces ne bénéficient plus de l'avantage dans la surveillance et la reconnaissance. VisiBuilding vise trois fonctions principales :

- déterminer les dispositions des édifices ;
- trouver les quantités anormales de matériaux ;
- localiser les personnes dans l'édifice.

Le programme *Sub-Surface Navigation* (SSN) se concentrera, quant à lui, sur les difficultés de géolocalisation et de navigation dans les souterrains, tunnels, cavernes et locaux enterrés. SSN développera les procédures et les technologies pour le géo positionnement d'emplacements fixes et la navigation de plates-formes mobiles en exploitant des signaux occasionnels ou spécialisés provenant de satellites, d'aéronefs ou de structures terrestres.

Le but du programme *Seismic and Acoustic Vibration Imaging* (SAVI) est de développer un système vibrométrique intégré et mobile avec détecteur laser pour relever des anomalies d'ondes sismiques provoquées par les tunnels proches de la surface et les résonances acoustiques indicatrices de mines antipersonnel et antichar. SAVI fonctionnera en fixe et en mobile dans un environnement bruyé et encombré.

Enfin, on mentionnera un dernier programme de capteurs dormants, disséminés en ville et participant à la surveillance de véhicules suspects. Le but du programme *Remote Detection of Suspicious Vehicles* (RDSV) est de développer un démonstrateur de réseau au sol, très peu coûteux, sans surveillance des capteurs (UGS), ayant de longues portées de transmission en RF et des algorithmes spécialisés. Le RDSV - UGS comporte un lien unique en radiofréquence qui permet la transmission de signaux entre les édifices et des postes radios C2, y compris des UAV.

#### 1.2.5. La protection et la survie

Il s'agit de réaliser une tenue plus légère que le Kevlar, dont la signature optique pourrait être contrôlée et permettre l'identification à distance par les amis.

Face aux adversaires, la tenue devrait être furtive pour permettre au fantassin de se fondre dans l'environnement, grâce à des matériaux capables de changer automatiquement de couleur, comme le caméléon.

La tenue devrait incorporer des capteurs biologiques et permettre certaines actions de survie, comme la compression automatique de la plaie en cas de blessure.

Les très nombreux programmes en cours de développement montrent l'intérêt porté à l'amélioration de la survie du combattant. Les traitements médicaux d'urgence aux combattants, en particulier face aux attaques chimiques ou biolo-

giques mais aussi pour enrayer les hémorragies et les traumatismes dus aux explosions sont des axes d'investigation. La surveillance en temps réel de son comportement et de ses performances au combat est un champ d'exploration, de même qu'apporter des premiers secours efficaces et performants sur le terrain.

### 1.2.6. La mobilité du fantassin

Deux objectifs sont particulièrement poursuivis :

- La capacité à se déplacer plus vite, plus loin et plus lourdement chargé : c'est le but recherché par les travaux sur « l'Exosquelette ».
- La capacité à s'affranchir d'obstacles de la taille d'un immeuble de 4 étages. Les travaux portent sur des matériaux nouveaux tels que :
  - Les textures copiées de celles du lézard gecko, permettant une adhérence exceptionnelle ou des fils de soie d'araignée ;
  - Les matériaux électrorétractables.

Sur ces principes, on pourrait, par exemple, projeter une corde capable de se fixer automatiquement à son extrémité, pour ensuite en commander la rétractation rapide une fois le soldat accroché.

C'est le but affiché par le programme Z-Man qui utilise des systèmes biologiques permettant l'adhérence contrôlable en utilisant les forces de van der Waals ou les aspérités d'accrochage. Le but du programme est de permettre à un soldat utilisant ces dispositifs adhérents de grimper sur une surface verticale à 0,5 m/s tout en transportant son paquetage de combat.

### 1.2.7. L'interdiction de zone

Il s'agit d'actions de contre mobilité. Le but est d'interdire à l'adversaire l'accès à une zone donnée sans être obligé d'y employer des forces létales.

Les travaux portent sur la mise au point de mousses et de produits collants, capables d'engluer toute personne ou tout véhicule qui voudrait franchir l'espace où ils auraient été répan- dus.

Un exemple de contre mobilité est donné par le programme *Polymer Ice* qui vise à répliquer les propriétés « de la glace noire » pour un usage dans des environnements chauds et arides. Le matériel artificiel basé sur une glace de polymères réalisera le contrôle de la mobilité par une réduction précise et réversible de l'adhérence au

sol. Un agent non toxique d'inversion du phénomène sera également développé pour que l'homme et la machine réalisent la restauration instantanée de l'adhérence au contact.

### 1.2.8. Détection d'explosifs et des tirs

De nombreux programmes prospectifs ont été lancés par la DARPA pour contrer les bombes humaines et les tireurs embusqués. Le but du programme *Human-carried Explosive Detection Stand-off System* (HEDSS) est de développer un système qui peut rapidement identifier les explosifs portés par des humains (HCE) à une distance comprise entre 50 et 150 m ce qui assurera une protection fiable pour les forces déployées contre des attaques suicide en laissant assez de temps et d'espace pour arrêter les individus avant qu'ils ne causent des dommages irréparables.

Les actions des tireurs isolés sont prises en compte par un programme désigné *Counter-Sniper* (C-Sniper), intégré au programme *Cross-hairs*, déjà en cours de développement et qui avait pour but de détecter les départs de coups des fusils, des RPG, des mortiers et de les empêcher de frapper. Le système C-Sniper améliorera cette capacité par l'identification des menaces avant qu'elles puissent refaire le feu. Il fournira les données et le contrôle pour pointer et pister l'arme (fournies par le système *Cross-hairs*) sur la cible choisie. La décision finale d'ouverture du feu est laissée à l'opérateur comme exigé par règles d'engagement.

## 2. Le combat en milieu urbain

### 2.1. Caractérisation du milieu urbain

On a pu constater dans les paragraphes précédents l'importance croissante qui est accordée au combat urbain et asymétrique. L'emploi d'un terrain défavorable pour l'adversaire a toujours été un moyen de compenser ses propres faiblesses et de réduire l'avantage des forces ennemies. Lui imposer un maximum d'élongation dans ses mouvements de transfert limite le temps de présence sur zone et l'utilisation optimale de la force. Lors des guerres de décolonisation (Indochine, Algérie) de petits groupes parcourant les espaces ouverts (jungle ou djebel) étaient déjà assez difficiles à éliminer en profitant du couvert de la jungle ou des caches dans les montagnes. Aujourd'hui encore, la guerre se pratique toujours en terrain ouvert mais la tendance est à revenir systématiquement dans les villes. Cet espace de bataille offre à de petits groupes armés la liberté de manœuvre et la com-

préhension, sinon l'adhésion, de la population face à « l'occupant ».

Inversement, pour les forces constituées, le milieu urbain pose des problèmes de franchissement et de visibilité, réduit la mobilité des engins, limite l'efficacité des capteurs en raccourcissant l'espace libre de propagation. Le développement d'obstacles verticaux (tours, immeubles) réduit également l'efficacité des armes et des missiles guidés. De plus, cet espace de combat demande une bonne « maîtrise de la violence » car il est propice aux dommages collatéraux qui sont parfaitement mis à profit par une stratégie médiatique de « victimisation » des populations locales, immédiatement relayée d'ailleurs par l'opinion internationale.

Les insurgés, mobiles et réactifs, recherchent l'imbrication forte au plus près des dispositifs terrestres adverses en les obligeant à faire appel à l'appui feu d'artillerie ou aérien rapproché dans une zone tampon très étroite et proche des positions amies.

Pour contrer cette mobilité et cette promiscuité, tout en appliquant des règles d'engagement exigeantes et strictes, les forces occidentales doivent exercer une surveillance de tous les instants sur la zone, en s'efforçant d'écourter au maximum les délais de réponse de la boucle OODA (Observation, Optimisation, Décision et Action). Cela suppose de bonnes capacités d'observation, de reconnaissance, de désignation d'objectifs et d'évaluation des dommages mais surtout un bon système fédérateur de communication et d'information qui permette des opérations en réseau interarmes et interarmées.

## 2.2. Un urban CAS récent : la deuxième bataille de Falloudja

En avril 2004, les Américains ont perdu la première campagne de Falloudja, petite ville au sud-ouest de Bagdad, peuplée de 300 000 habitants et de 25 km<sup>2</sup> de surface (Montpellier). Pour la deuxième campagne, en novembre 2004, la phase initiale de préparation a duré d'avril à la fin du mois de septembre avec la préparation de la campagne sur le terrain et du renseignement stratégique à froid. Début octobre, intensification des activités de renseignement avec un ciblage précis sur les menaces les plus importantes à réduire lors de l'assaut. Fin octobre, mouvement des forces de la coalition, encerclement de la ville (par les Britanniques) et assaut contre les rebelles fortement retranchés par les Américains uniquement). Il restait 70 000 habitants à

Falloudja au début de l'attaque et on a comparé la violence des combats à celle de Berlin, Saigon ou Grozny.

Les combinaisons des éléments du renseignement humain avec un réseau d'informateurs dans la ville, de forces spéciales de reconnaissance et des renseignements photo et électronique à partir d'UAV ont été des facteurs importants du succès.

Dans cette deuxième opération, les priorités principales étaient données :

- Au renseignement, à la surveillance et à la reconnaissance avec des UAV Predator équipés de caméra vidéo combinés avec des UAV Pionner (ligne directe entre le centre tactique et les UAV et les avions ; 10 équipes de contrôleurs au sol en liaison avec la Navy et l'USAF ; 24 heures/24 de couverture aérienne). Un CAOC (*Combined Air Operation Center*) focalisé sur l'ISR (renseignement, surveillance, reconnaissance) pour couvrir la ville et ses environs.
- A l'âge du renseignement, à temps et au niveau tactique le plus bas possible (bataillon, section).
- A la préparation des attaques pré planifiées. Il y a eu digitalisation (très rapide) de 800 immeubles dans une base de données commune incluant les adresses, les coordonnées et les numéros d'habitation des immeubles. Toutes les unités au sol et en l'air disposaient du même outil géo référencé, à la fenêtre près.
- À la combinaison d'un ISR permanent avec des frappes à la demande. Un AC130 était capable de pister, de suivre, d'identifier, de désigner des insurgés et de les détruire. Une attaque à la demande demandait trois minutes pour une frappe grâce à la persistance de moyens aériens au-dessus de la ville et de moyens au sol (LRU).

En particulier, le NCW a permis d'accomplir les missions principales suivantes :

- La suprématie aérienne a été permise grâce à un ISR qui a donné le temps d'avoir une compréhension complète de la situation, a permis un travail efficace avec les unités au sol et autorisé le choix des armes adéquates. L'interdiction des mouvements entre réduits de terroristes, de véhicules de transport d'armes d'une cache à une autre, a été imposée avec des missiles Hellfire tirés d'hélicoptères et le CAS urbain (y compris avec des F-15 au canon).

- La déconfliction des plates-formes au-dessus de l'espace urbain a été une des premières tâches assurées par le NCW.
- Intégration des forces. Les planificateurs aériens ont organisé pendant cette phase, la couverture des troupes au sol sans interruption. Il y a eu une combinaison de l'USAF, de la Navy, de l'aviation des Marines et des éléments aéroportés de forces spéciales.
- *Straffing et Close Air Support* direct sur la ville avec des F-15 pour contrecarrer les embuscades au sol ; les attaques directes contre des immeubles individuels au milieu d'une zone peuplée.
- Un nombre de missions ISR important : lors de l'opération *Iraqi Freedom* Isur Bagdad, 12 frappes ont été programmées pour 1 sortie ISR. A Falloudja 12 sorties ISR effectuées pour 1 frappe.
- La première frappe doit être un succès. Les groupuscules d'insurgés étaient identifiés par les troupes au sol, une frappe demandée et la première attaque devait être immédiate et décisive (immeuble, véhicules, snipers).

### 2.3. Enseignements tirés

Pour l'armée de Terre en particulier, les missions effectuées dans le cadre d'un combat urbain, différent des missions en terrain ouvert car les objectifs sont de très petites tailles, mobiles et très fugitifs, noyés dans un environnement dense avec imbrication de troupes amies et de population civile non combattante. En cas d'erreur, les tirs fratricides et les dommages collatéraux peuvent être très importants. Trouver l'objectif et l'identifier positivement est déjà une première difficulté, le détruire sans dommages collatéraux en est une deuxième.

Durant la Seconde Guerre mondiale, on bombardait des villes entières (Londres, Dresde) ; au Vietnam, on focalisait sur un quartier ; aujourd'hui en Irak, sur les territoires palestiniens et libanais ou en Afghanistan, on peut traiter l'immeuble, voire la fenêtre d'un étage de cet immeuble.

Cette capacité nouvelle d'appui feu rapproché et de combat en théâtre urbain, associée à un effet final recherché, restera longtemps d'actualité puisque des combats se dérouleront forcément dans les villes et que les demandes de frappes chirurgicales très ciblées sont courantes dans les conflits contemporains. Il convient dans ces

conditions de s'interroger sur l'évolution des systèmes d'armes actuels qui seront amenés à accompagner pendant longtemps encore les plates-formes nouvelles qui arrivent en service opérationnel dans l'armée de Terre : l'hélicoptère de combat TIGRE et plus tard des drones tactiques armés mais aussi les missiles et roquettes et munitions sol-sol guidées. Pour acquérir la pleine et entière capacité de combat en milieu urbain et plus exactement le « combat d'extrême précision » il faudra comme pour toute capacité, renforcer, améliorer tout ou partie des cinq ingrédients génériques qui la constitue : doctrine, organisations, moyens, hommes et soutien.

### 3. Les systèmes robotisés

La robotisation à outrance du futur champ de bataille, on le constate déjà pour le milieu aérospatial, passe obligatoirement par des avancées technologiques très importantes en ce qui concerne les moyens terrestres. Des robots de reconnaissance ou armés existent déjà mais un effort tout particulier doit être fait pour la réalisation de véhicules terrestres autonomes de grande taille, assurant le soutien et la logistique.

La navigation et la locomotion des véhicules terrestres robotisés, posent certains problèmes. Les deux grands challenges du déplacement autonome des robots terrestres sont la perception de l'environnement et l'adéquation des commandes permettant le déplacement. Ces deux grandes difficultés ne sont pas encore résolues.

Les améliorations de la navigation et de la locomotion des robots se feront grâce à l'apprentissage par l'exemple qui permet à l'engin, livré à lui-même, de se déplacer sans encombre dans une zone truffée d'obstacles divers.

Les exemples de programmes concernant les véhicules terrestres non habités sont très nombreux. On peut citer le programme *Unmanned Ground Combat Vehicle - PerceptoR Integration* (UGCV - UPI) faisant partie du programme global FCS (*Future Combat System*) encore au niveau de la DARPA. Les prototypes peuvent comporter diverses possibilités de déplacement, telles que la roue, la chenille, la marche, voire des capacités à ramper. Ce programme vise à améliorer de façon significative les capacités d'un robot terrestre à percevoir son environnement et à se déplacer, tout en augmentant son autonomie, en réduisant sa taille et son besoin en soutien, ainsi que sa signature, afin d'améliorer sa survivabilité. Il s'agit de développer la capacité d'un robot terrestre à percevoir un envi-

ronnement tout terrain.

Pour réaliser de telles machines, il faut les accompagner d'une nouvelle génération d'algorithmes d'enseignement qui permette de franchir de grands obstacles irréguliers avec des véhicules non habités. C'est le but du programme *Learning Locomotion* et grâce à l'apprentissage et à l'expérience, ces algorithmes permettront à des robots de fonctionner dans un terrain changeant et inattendu.

On retrouve les mêmes objectifs avec le programme *Multi Dimensional Mobility Robot* (MDMR) qui utilisera la mobilité du serpent pour réaliser de nouvelles possibilités d'applications pour des robots de recherche et sauvetage au travers de terrains urbains complexes. Il devra surmonter des obstacles sur des longueurs significatives, traverser des surfaces glissantes, accomplir des missions variées de recherche dans les environnements dangereux tels que les ruines urbaines. Pour réaliser un tel degré de mobilité, les challenges à relever restent la gestion de la puissance, la conscience situationnelle, la navigation en terrain complexe et les commandes du système.

On a déjà abordé le problème de détection des souterrains et l'idée de profiter d'un système aéroporté tactique, habité ou non, pour relever l'empreinte explicite des tunnels qui introduisent un vide dans la géologie à fleur de surface. Tel est le but du programme *Gravity Anomaly for Tunnel Exposure* (GATE). Ce programme se concentrera sur le périmètre d'entrée/sortie des tunnels en intégrant sur avion habité ou non, volant à basse altitude, un gradiomètre et les charges utiles de traitement des signaux.

La robotisation terrestre concerne aussi la logistique et le soutien. Il ne faut pas oublier que les américains ont perdu une centaine d'hommes dans la phase de conquête de l'Irak en 2003 mais que plus de deux milles combattants ont été tués depuis dans des missions de soutien et de réapprovisionnement en phase de stabilisation.

Pour illustrer le propos, on citera le programme *Ops Hopper* qui vise à développer une plate-forme robotique semi autonome hybride roues articulées et sauts qui pourrait s'adapter à l'environnement urbain en temps réel, fournir la livraison de petites charges utiles en n'importe quel point de la jungle urbaine tout en restant d'un poids léger et peu encombrant pour réduire au minimum le fardeau des soldats. La mobilité

par sauts peut s'avérer beaucoup plus efficace que le survol des obstacles à une altitude inférieure à quelques mètres. Le robot sautant proposé serait vraiment multifonctionnel parce qu'il négociera les obstacles du champ de bataille urbain pour délivrer des charges utiles dans des zones hors ligne de vue avec précision.

De même, le programme *Legged Squad Support System* (LS3) explorera le développement d'une mission dévolue à une plate-forme quadrupède robotisée pour décharger un peloton d'infanterie et par conséquent le combattant. Le programme LS3 vise à développer des prototypes capables de porter 400 livres de charge utile sur 20 miles en 24 heures, sur des terrains abordables par l'homme et à des altitudes compatibles pour un peloton d'infanterie en manœuvre. LS3 augmentera les capacités des technologies déjà développées de plates-formes à jambes bio inspirées. Le programme se concentrera sur la plate-forme, le contrôle, les capacités d'interaction homme/machine ainsi que sur des considérations de signature acoustique.

Pour maîtriser un combat en zone urbaine, milieu difficile s'il en est, et mettre en œuvre des robots, le combat futur aéroterrestre devra s'appuyer sur une grille de communication, certainement pas de l'étendue et de la complexité de la « Global Grid » américaine mais englobant toute les strates depuis le spatial jusqu'à la haute, moyenne, basse et très basse altitude. On aborde ici, la problématique de la numérisation du champ de bataille qui trouve une illustration en France dans la réalisation des réseaux SIC 21 Marine, SCORPION pour l'armée de Terre ou SCCOA (Système de Commandement et de Contrôle des Opérations Aérospatiales), sans oublier le réseau de télécommunications spatial.

#### 4. Les systèmes spatiaux

Il a semblé pertinent d'aborder le chapitre spatial dans le combat aéroterrestre car l'armée de Terre est bien entendu utilisatrice de ce segment mais surtout parce qu'on attend de l'utilisation de l'espace qu'elle prenne la dimension tactique qu'elle n'a pas aujourd'hui. Faible coût, lancement de satellite à la demande en quelques jours, intervention en orbite et dépannage de satellites : telle est l'expression du besoin de la part des utilisateurs. Le constat, aujourd'hui, est qu'il est trop long et trop onéreux de placer une charge utile en orbite. Dans un monde qui évolue sans cesse et qui raccourcit l'espace temps, le domaine spatial doit devenir un milieu plus réactif et de conduite en temps réel de la manœuvre.

Dans cette logique, la maîtrise de l'espace repose sur 5 éléments dont certains concernent directement la manœuvre terrestre :

- Il faut être capable de lancer, à la demande, des satellites bon marché avec un délai d'une journée entre la commande et le lancement. L'objectif à long terme serait de descendre à 500\$ au kg (soit une réduction d'un facteur 30 ! - Suivant la classe du lanceur le prix varie de 12 000 à 15 000\$ le kilo en géostationnaire).
- Surtout, l'emploi de l'espace doit passer du stratégique au tactique, c'est-à-dire à l'information temps réel.

D'autres éléments sont plus éloignés des préoccupations de l'armée de terre mais néanmoins nécessaires pour maîtriser l'espace de bataille :

- Il faut être capable de savoir, à tout instant ce qui se passe en orbite.
- Être capable d'assurer la sécurité des satellites contre toute menace volontaire ou non.
- Dénier, à l'adversaire, l'usage de l'espace. Le combat spatial est présent dans tous les esprits bien qu'il ne soit jamais cité (arsenalisation de l'espace).

Pour atteindre ces résultats, qui ne sont pas encore à la portée de l'Europe, l'un des éléments technologiques clés pourrait bien être le micro-satellite ou la constitution d'un satellite complet dans l'espace mais constitué de plusieurs parties indépendantes orbitant en patrouille (blocs émission, réception, traitement, énergie). C'est le concept F6 américain.

Quelque chose qui intéresse directement la manœuvre terrestre est le programme américain SATCOM-CX qui permettra à de petites unités spéciales, déployées partout dans le monde, d'utiliser la bande C avec beaucoup plus de facilité et pour moins cher, sans devoir porter et installer les grandes antennes encombrantes précédemment requises pour la bande C par satellite. SATCOM-CX développera un système qui permettra l'accès à de multiples utilisateurs avec 100 kilobits/s par canal.

## 5. Les systèmes aériens

Dans le domaine aérien l'enjeu est extrêmement important et on assiste certainement à une rupture technologique opérationnelle majeure. L'objectif est l'aéronef multi missions conçu de

façon modulaire et capable de s'adapter à la demande. Le pilote étant lui-même un élément modulaire dans la boucle car on vise des aéronefs, habités ou non, suivant le type de mission envisagée. Cette rupture concerne essentiellement l'armée de l'Air et la Marine mais avec ses hélicoptères et les drones tactiques nouvelle génération, l'armée de Terre est en train de prendre en compte cette rupture.

L'utilisation de systèmes automatiques tels que les drones et robots, en coopération avec des véhicules blindés ou des fantassins représentait la finalité du système BOA (Bulle Opérationnelle Aéroterrestre), devenu Scorpion aujourd'hui. Avec ce programme, l'armée de Terre sera en mesure de réaliser des opérations en réseau dans une bulle tactique, en y intégrant la troisième dimension. Comme les hélicoptères, les drones vont ainsi participer à la collecte et à la fusion des informations relatives à la troisième dimension en synergie et coopération avec les moyens déployables de l'armée de l'Air pour sécuriser l'espace aérien.

L'embuscade des 18 et 19 août 2008 en vallée d'Uzbin a eu sans conteste un fort impact sur l'opinion publique. Elle a également mis en lumière le besoin en couverture de drones des troupes françaises en Afghanistan, entraînant le déploiement du système SDTI en novembre 2008 sur la base avancée de Tora en vallée de Surobi (1 640 mètres d'altitude). Le système de drone tactique intérimaire (SDTI) découle du Crécerelle. Le vecteur aérien est celui du drone Sperwer, mis au point par SAGEM. Disposant d'une caméra en noir et blanc et d'un capteur infrarouge, le SDTI contribue à raccourcir le délai entre le renseignement et la décision de tir en riposte, dépassant largement le domaine d'emploi initialement prévu pour cet engin. Ce système possède également une capacité d'illumination de cible.

Après l'abandon du concept drone MCMM (Multi charges et multi missions), l'armée de Terre a exprimé un besoin sous forme de FCM SDT (système de drone tactique) en 2006 mais décorrélé du besoin marine alors qu'aujourd'hui, on se dirige vers l'expression d'un besoin exprimé en commun (mais pas forcément commun) au travers d'une FCMS SDT/SDAM, armée de Terre/Marine. Pour éviter la rupture capacitaire, les premières livraisons sont attendues à partir de 2016 pour le SDT et 2019 pour le SDAM (système de drone aérien maritime).

### 5.1. Le travail en essaim

Dans le futur, l'objectif est de réaliser des UAV bon marché, capables de coopérer entre eux de façon autonome ou de coopérer avec d'autres systèmes ou en patrouille avec des aéronefs habités. Les efforts portent sur l'intégration des senseurs, les moyens de communication, le coût et l'empreinte logistique réduite.

### 5.2. Les micro drones (MUAV)

A une extrémité de l'échelle géométrique, le besoin se fait sentir d'UAV suffisamment petits pour passer par une fenêtre, voler au milieu des arbres ou en espace confiné, se percher n'importe où et attendre là, en observant pendant des semaines voire des mois.

A titre anecdotique, on peut citer les recherches financées, là aussi par la DARPA, qui s'essaye à commander le vol d'un insecte (scarabée) par insertion d'un implant numérique<sup>2</sup>. Ces drones « bio inspirés » sont recherchés pour détecter des traces d'explosifs par exemple.

## 6. La maîtrise de l'information

Ce domaine des systèmes d'information et de communication, totalement transverse pour les armées, y compris sur le théâtre d'opérations, demande un chapitre particulier. La maîtrise informationnelle sous-tend à 80 % la démarche de « Transformation » entamée par les armées occidentales.

La grande demande du moment est la réalisation de réseaux capables de permettre la pleine utilisation des armes puissantes existantes.

Pour cela, deux conditions sont à satisfaire :

- Comblent le fossé qui existe entre planificateurs et combattants sur le terrain.
- Permettre la réalisation d'entités de combat nouvelles, puissantes et légères, à la demande, en réunissant les efforts de moyens naturellement ou organiquement séparés.

En matière d'information, les efforts jusque-là ont porté sur les points suivants :

- L'augmentation de la vitesse de circulation des données.
- L'amélioration de l'usage du spectre radioélectrique.
- La gestion des réseaux.

- La protection de l'information.

Dans la réalité, ces problèmes restent entiers mais aujourd'hui, pour conduire des « opérations réseaux centrées », quatre autres points essentiels doivent être maîtrisés :

- Le partage de l'information tactique sur le terrain.
- La coopération à la demande.
- La synchronisation dans l'emploi des moyens.
- La capacité du commandement à comprendre et à interpréter la situation sur le terrain.

Mais il ne faut pas perdre de vue que les opérations réseau centrées présenteront la vulnérabilité propre aux réseaux connectés avec un défi supplémentaire : dompter le « monstre ». Les progrès de l'électronique et de l'informatique ont engendré des systèmes de plus en plus complexes que l'utilisateur domine de moins en moins bien. L'objectif est de créer un système capable de comprendre ce qu'il fait et de lui faire acquérir de l'expérience (par l'apprentissage) tout en restant anthropocentré (au service de l'homme).

## 7. La logistique du futur

Pour préparer, soutenir et approvisionner en hommes et moyens ces types de conflit, la logistique devra encore plus qu'hier, devancer les besoins et raccourcir les délais de satisfaction.

Dans le domaine terrestre, c'est la robotique logistique qui réalisera des véhicules terrestres autonomes de grande taille, pour assurer le soutien et éviter des pertes humaines inutiles. Le besoin est flagrant en Irak et en Afghanistan.

La moindre dépendance énergétique sur le terrain est également un axe important de recherches. La miniaturisation des éléments délivrant de fortes puissances sous faible volume massive est une voie d'exploration. De même qu'on essaye d'identifier les meilleures voies possibles pour les bio carburants.

Dans le domaine de l'information, les différents acteurs de la grande distribution dans le monde entier s'intéressent depuis quelques temps déjà aux emballages intelligents (« *intelligent and smart packaging* ») pour la gestion dynamique des flux. La RFID (*Radio Frequency Identification*) est pour le moment la solution privilégiée.

---

2. *Technology Review*, 29 janvier 2009.

A l'avenir, les paquets postaux devraient être capables de trouver eux-mêmes leur chemin jusqu'au destinataire. La technologie RFID pourrait servir à établir une traçabilité des gens et des objets. L'idée de « l'Internet des Objets » est qu'un jour chaque paquet, chaque conteneur puisse trouver son chemin vers son destinataire en prenant le chemin le plus rapide et en réservant soi-même sa place dans les moyens de transport appropriés. « L'Internet des Objets » apportera aux marchandises ce que l'e-mail a apporté au courrier classique.

## Conclusions

On retiendra en conclusions cinq grands thèmes principaux comme objectifs militaires pour le combat du XXI<sup>ème</sup> siècle :

- L'utilisation de l'espace : accès rapide, sécurisation, adaptabilité des moyens *in situ*.
- L'utilisation intensive de la robotique que ce soit en l'air, sur ou sous la mer et sur terre. Des systèmes inhabités mais contrôlés, travaillant en essaim et à plusieurs types de plates-formes. Après la maîtrise de l'information, c'est la deuxième rupture majeure prévisible dans les 20 ans qui viennent.
- Le combat terrestre, sous tous ses aspects :
  - Le combat urbain avec des objectifs nouveaux en matière de mobilité et une recherche spécifique de la sécurisation de ces opérations.
  - La protection contre les diverses menaces : les missiles rustiques et nombreux ; le risque NRBC ; le traitement des objectifs enterrés ; la navigation en l'absence de GPS et le maintien des performances humaines au combat.
- Le combat réseau centré avec des réseaux sécurisés, « cognitifs », une information et une identification automatiques.

- Il va sans dire, que dans le contexte où le temps se raccourcit considérablement, la logistique doit prendre une part entière dans les technologies émergentes.

Sur le plan des objectifs purement techniques et scientifiques, on retiendra :

- Un très gros effort sur l'emploi de micro et nano actionneurs (*Micro and Nano Electro Mechanical systems* - MEMS et NEMS) ;
- La recherche de la maîtrise et de l'exploitation des ondes térahertz ;
- La recherche sur des matériaux à propriétés spécifiques exceptionnelles ;
- L'utilisation des mathématiques et de la mécanique quantique pour la cryptographie et l'ordinateur futur. C'est la prochaine révolution dans les systèmes d'information. L'ordinateur quantique n'est réalisé au mieux qu'à 10 %, il ne sera en utilisation courante que dans une vingtaine d'années.

Le contexte opérationnel dans lequel les forces pourraient être amenées à évoluer au cours d'une opération multinationale a changé ces dernières années et il est susceptible d'évoluer considérablement dans les années à venir. Certaines évolutions majeures peuvent découler du développement d'une technologie déterminante (technologie de rupture) et dans ces conditions, il est absolument nécessaire que l'Europe en la matière (les États-Unis étant loin devant), se donne les moyens de la maîtriser (ou, au moins, d'y avoir accès) si elle désire occuper un rôle majeur dans les coalitions d'opportunité à venir. Mais les conflits du futur ne trouveront pas de solutions à partir d'avancées technologiques seulement, les doctrines, les organisations, les procédures et les mentalités devront occuper une place majeure dans la « Transformation »

*Les opinions exprimées ici n'engagent que la responsabilité de leur auteur.*

Retrouvez toute l'actualité et les publications de la Fondation pour la Recherche Stratégique sur :

**WWW.FRSTRATEGIE.ORG**

Michel Asencio

[m.asencio@frstrategie.org](mailto:m.asencio@frstrategie.org)