

La bulle opérationnelle aéroterrestre

Laurent Barraco (93),
ingénieur principal de l'armement

L'évolution des technologies de l'information apporte de nouvelles possibilités dans la définition des systèmes d'armes terrestres. La gestion de l'information, mais surtout son importance dans des phases stratégiques de la manœuvre conduit à mieux intégrer les moyens d'information et de communication dans les systèmes d'armes, voire même à faire évoluer la manière dont ceux-ci sont conçus : est-il nécessaire par exemple de renforcer le blindage des véhicules si les moyens d'observation et de communication permettent de détecter la menace en amont, et commander de déclencher les contre-mesures qui interdiront le tir ennemi ? Le démonstrateur de bulle opérationnelle (BOA) lancé fin 2005 sera l'occasion d'explorer de tels concepts et d'en évaluer les conséquences technico-opérationnelles. Il permettra aussi la mise en place des outils nécessaires aux équipes étatiques et industrielles pour appréhender ensemble une nouvelle manière de développer ces approches pluridisciplinaires.

Les concepts fondateurs des forces terrestres futures 2025

Pour faire face à la constante évolution du cadre d'intervention des forces armées françaises et fort des progrès technologiques constants, notamment dans le domaine des nouvelles technologies d'information et de communication (NTIC), l'ensemble du ministère de la Défense projette de se transformer dans les années à venir et l'armée de terre n'y échappe pas.

Ainsi, les évolutions technologiques attendues devront permettre aux forces terrestres d'obtenir la supériorité opé-

rationnelle dans un engagement de haute intensité tout en permettant, pour des opérations de maîtrise de la violence, d'améliorer le dynamisme de la manœuvre et la maîtrise des effets.

L'armée de terre a donc défini ses ambitions concernant les Forces terrestres futures (FTF) pour 2025 en les reposant sur trois concepts fondateurs : info-valorisation, polyvalence opérationnelle et synergie des effets.

L'info-valorisation vise une exploitation optimale des ressources informationnelles que permettent les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

La polyvalence opérationnelle des forces se traduit par une possibilité de configurations multiples des unités tactiques et de leurs moyens (véhicules, hélicoptères, fantassins, robots, drones, etc.) en fonction des effets recherchés.

La synergie des effets se définit comme la recherche de l'interaction de plusieurs effets militaires complémentaires concourant à un effet militaire global.

Cette mutation des forces terrestres doit respecter les principes fondamentaux suivants : la progressivité, la cohérence, la compatibilité avec les systèmes existants et l'adoption du principe de suffisance technologique.

VBCI : véhicule blindé de combat d'infanterie.

VBL : véhicule blindé léger.

EBM : engin blindé multirôle.

EBRC : engin blindé à roues de contact.

VAB : véhicule de l'avant blindé.

BRAMS : blindé de reconnaissance et d'appui multisystèmes.

ERC : engin roues canon.

EGACOD : engin du génie d'appui du combat débarqué.

EGACE : engin du génie d'appui du combat embarqué.

DEMAD : déminage d'appui direct.

Ce qu'est le système de contact futur

L'action au contact met en jeu quatre fonctions structurantes indissociables, aux effets complémentaires :

- le contact de décision (Leclerc, VBCI, missile terrestre longue portée...), qui constitue, sur tout le spectre des engagements, l'élément majeur permettant de réduire le niveau de violence, que ce soit par son effet dissuasif ou par son aptitude à produire des effets de choc et à rompre le dispositif adverse par la foudroyance ;
- le contact polyvalent (EBM, EBRC, BRAMS...), dont l'efficacité est optimisée contre un très large spectre de menaces et qui possède une haute aptitude à la réversibilité et au contrôle du milieu dans la durée ;
- le contact d'intervention réactive (Tigre, ERC Sagaie...), qui permet les effets de prévention et de contre-surprise, particulièrement apte aux déploiements d'urgence et à l'action dans les espaces lacunaires ;
- les appuis rapprochés du contact (Mortier 120 NG, EGACOD, EGACE, DEMAD...), à disponibilité permanente et réactivité immédiate.

Toute formation de combat de contact doit être constituée de ces quatre fonctions structurantes, dans des proportions variables selon le théâtre et la phase de l'opération.

Le concept de bulle opérationnelle aéroterrestre

L'action au contact, dans la zone dangereuse de proximité physique de l'adversaire, restera au cœur de l'engagement des Forces terrestres futures, et continuera de rester leur raison d'être. C'est tout naturellement cette fonction qui fait l'objet des premiers efforts de transformation de l'armée de terre dans le cadre des FTF 2025.

Depuis 2001, l'armée de terre et la Délégation générale pour l'armement (DGA) travaillent de concert pour définir le concept de Bulle opérationnelle aéroterrestre (BOA) qui concrétise l'application au combat de contact du principe de combat "info-valorisé" fondé sur la maîtrise et le partage de l'information, dans un contexte pleinement interarmées et multinational.

L'exploitation dans le combat aéroterrestre de l'ensemble des possibilités offertes par les NTIC et de la miniaturisation a commencé, depuis la fin du siècle dernier, par une première étape, connue sous le nom de Numérisation de l'espace de bataille (NEB) qui a permis de numériser les métiers des opérationnels de l'armée de terre. Toutefois, les progrès de la technologie et la séparation physique pouvant être opérée entre les capteurs, les lieux de décision et les systèmes producteurs d'effets (chars, engins de déminage, missiles...) permettent d'envisager des solutions techniques et des modes de combat opérationnels beaucoup plus novateurs dont le concept BOA tire profit et qui peuvent induire des évolutions plus ou moins profondes des métiers de l'armée de terre.

Pour être au rendez-vous de 2020-2025, la transformation de la composante "contact" de l'armée de terre devra se faire de manière progressive et incrémentale, dès 2009, pour traiter les obsolescences majeures à venir qui imposeront des rénovations ou de nouvelles acquisitions tout en maintenant, voire accroissant, les cinq grandes exigences jugées incontournables dans le combat moderne :

- produire les justes effets ;
- limiter les phases d'engagement

violent, à forte létalité, dans le temps, l'espace et les volumes de moyens engagés ;

- accroître la protection des forces ;
- maîtriser l'empreinte logistique ;
- améliorer la mobilité stratégique et opérative.

Les enjeux du concept BOA

La préparation de cette transformation amène une rupture radicale sur la façon de concevoir les systèmes d'armes futurs. En effet, la réflexion porte aujourd'hui sur la capacité opérationnelle globale du système de contact : cela introduit la notion de système de systèmes (SdS) info-valorisé dont on ne spécifie pas le contenu mais les performances globales. Ces performances globales doivent être déclinées et allouées sur les systèmes futurs (engin blindé médian, missile de combat terrestre...) ou les matériels existants à moderniser (fantassin du futur, char Leclerc, VBCI, Tigre...) au sein desquels les fonctions du système de combat seront réparties et dans lesquels l'information sera partagée par des systèmes connectés en réseau. L'efficacité résultante repose sur la complémentarité des moyens et des unités opérationnelles qui fonctionnent alors en synergie.

Il s'agit d'une expression de besoin radicalement différente. En effet, les états-majors étaient, jusqu'à présent, habitués à exprimer le besoin d'un équipement ou d'une plateforme avec ses performances intrinsèques. Aujourd'hui, la mise en cohérence des moyens opérationnels au sein des SdS ne peut plus rester de la seule responsabilité des états-majors...

Les enjeux de la préparation de cette transformation sont doubles :

- prouver la pertinence sur le plan opérationnel et la faisabilité sur le plan technologique des concepts envisagés ;
- être capable de définir, spécifier et maîtriser ce système de systèmes.

Le démonstrateur de la BOA

Pour relever ces deux défis, la DGA et l'armée de terre ont décidé, en 2004, de lancer un démonstrateur de

grande envergure qui a été annoncé par le ministre de la Défense, Michèle Alliot-Marie, lors du salon d'armement Eurosatory en juin 2004.

Ce démonstrateur a donné lieu à un Programme d'études amont (PEA) dont la réalisation a été notifiée par la DGA au groupement Thales Communications, Giat Industries et Sagem DS, le 6 décembre 2005. Le montant de ce marché s'élève à 129 M€ TTC pour une durée de sept ans.

L'objectif de ce marché est donc double :

1) il doit permettre au ministère de la Défense de définir et maîtriser ses futurs systèmes de systèmes à travers l'acquisition d'outils adaptés ;

2) il se focalise sur démonstration de la faisabilité de mise en œuvre des capacités suivantes :

- élaboration d'une situation tactique partagée, en temps réel, par tous les acteurs, portant à la fois sur les forces amies ou alliées et sur les positions tenues par l'opposant ou les positions des tiers ; cette situation tactique devant incorporer des aides à la conduite de la manœuvre simples d'emploi ;

- coordination des feux lorsque existent à la fois des possibilités de tirs directs et de tirs au-delà de la vue directe ; outre la capacité de tir au-delà de la vue directe, les travaux porteront sur la répartition des cibles entre les effecteurs de tir disponibles, la planification temporelle des tirs pour obtenir les meilleurs effets et le déplacement des effecteurs de tir ou des observateurs-illuminateurs pour les mettre dans une position optimale pour le tir ;

- renforcement de la protection des unités, par une adaptation de la manœuvre qui résulte d'une meilleure connaissance de la situation tactique et par l'introduction de moyens de protection collective ;

- interopérabilité, technique et opérationnelle, interarmées et interalliés.

Organisation du PEA démonstrateur de la BOA

Pour adresser chacun de ces objectifs, le marché notifié au consortium TGS prévoit :

Le système de systèmes et ses capacités

Si la définition d'un système est aujourd'hui bien acquise, celle d'un système de systèmes (SdS) est moins évidente.

La DGA a retenu la définition suivante : "système, constitué lui-même de systèmes, et répondant largement aux critères suivants :

- indépendance opérationnelle des sous-systèmes (chaque système constituant dispose d'une consistance opérationnelle à lui seul),
- indépendance managériale des sous-systèmes (chaque système constituant est managé par une entité autonome et sans lien avec un autre constituant, menant chaque système constituant à avoir une ligne de vie indépendante des autres),
- définition et configuration évolutive du système (la définition du système de systèmes est en perpétuelle évolution),
- comportements émergents du système (certaines fonctions du système de systèmes ne peuvent être attribuées à l'un des systèmes en particulier et ces fonctions perdurent même si l'on perd l'un des constituants du système de systèmes),
- distribution géographique des sous-systèmes (tous les constituants ne se déplacent pas en bloc).

Un exemple grand public de système de systèmes est la navigation par satellite qui regroupe des services GPS, de cartographie numérique, de surveillance du trafic routier, d'alerte des services d'urgence en cas d'accident...

L'armée de terre a défini les capacités qu'elle attend d'un SdS comme le système de contact futur, comme, par exemple, "apprécier la situation avant d'engager le combat". Il en découle un travail conséquent pour déterminer quels sont les meilleurs choix pour répartir efficacement les moyens d'observation sur les différents blindés, drones, robots hélicoptères ou fantassins et déterminer comment les utiliser, pour être sûr de pouvoir fournir au chef toutes les informations qui lui sont nécessaires pour organiser la phase de combat à venir.

1) l'acquisition d'un laboratoire technico-opérationnel (LTO) permettant de mener efficacement des réflexions sur les SdS ;

2) la réalisation d'un démonstrateur de grande envergure (TACTIC) permettant d'évaluer les technologies candidates et valider les concepts opérationnels du combat de contact infovalorisé de demain.

1) Le LTO

L'introduction de la notion de système de systèmes et l'évolution de la nature des expressions du besoin militaire vers une spécification de capacité globale nécessitent, pour la DGA et les différents états-majors des armées, d'évoluer dans la façon de définir et spécifier les systèmes. Afin de mieux s'inscrire dans cette évolution, le ministère de la Défense a décidé de se doter d'un outil innovant, déclinaison française du concept de Battlelab anglosaxon : le Laboratoire technico-opérationnel (LTO).

Il s'agit là d'une structure cohérente de travail en commun DGA, forces et industrie, permettant de définir, modéliser et évaluer les organisations opérationnelles et techniques répondant au mieux, notamment en termes de performance et d'évolutivité, aux capacités opérationnelles des systèmes de défense futurs.

2) Le démonstrateur TACTIC

Le démonstrateur du concept de la BOA, nommé TACTIC (Technologies et architectures de combat aéroterrestre info-valorisé au contact), sera représentatif d'une force future engagée dans les actions au contact, constituée autour d'un système d'information et de conduite du combat en temps réel. Cette unité expérimentale réunira des véhicules blindés, des combattants débarqués, des robots et des drones qui seront tous reliés par un système d'information opérationnel permettant l'échange d'informations en temps réel.

Son expérimentation permettra à l'armée de terre de mettre au point les nouvelles organisations opérationnelles nécessaires à la prise en compte des nouveaux concepts et ses besoins en équipements futurs tout en validant la maturité des technologies.

Les rendez-vous du LTO

Outil privilégié de la DGA et des forces françaises pour la conception et la maîtrise des futurs systèmes de systèmes, le LTO comprendra une structure pilote fédérant l'intervention d'ateliers thématiques spécifiques.

La première version du LTO acquise comprend la Base commune des méthodes et outils (BCMO), qui sera utilisée par tous les ateliers du LTO, et l'atelier aéroterrestre répondant au besoin d'évaluation et de mise en situation du milieu aéroterrestre. Le LTO permettra de dérouler un cycle complet de définition, modélisation, évaluation et expérimentation de systèmes de systèmes répondant à une capacité opérationnelle donnée, en prenant en compte les spécificités d'un SdS (non-borné dans le temps, spécifications évolutives, multiprogrammes...) et en assurant la cohérence entre les différentes étapes et donc une analyse d'impact et une *reverse-ingénierie* à chaque étape.

L'acquisition du LTO se fera de manière incrémentale, commençant dès mi-2006 par la mise en place du site pilote à Arcueil (92) qui intégrera l'ensemble des outils d'ingénierie et d'évaluation existant, puis par la livraison, tous les deux ans, de versions successives toujours plus riches d'outils nouveaux permettant, à terme, de disposer de la capacité de définir, modéliser, évaluer, voire expérimenter les systèmes de systèmes futurs, en environnement interarmées, voire interalliés.

Acquis dans le cadre du PEA démonstrateur de la BOA, les premiers travaux conduits dans le LTO seront réalisés au titre du marché, au profit du concept de BOA, pour concevoir l'architecture-organisation du futur système de contact.

Cette réflexion prendra la forme d'un cycle continu d'ingénierie per-

L'ARTIST de la BOA

ARTIST est un sigle anglais dont la signification correspond à "Architecture Real Time Integration System Testbench". Ce vocable, quelque peu ésotérique, peut se traduire par "démonstrations communes de l'interopérabilité de fonctionnalités opérationnelles distribuées sur des plates-formes terrestres dans un contexte info-valorisé".

Derrière cet acronyme se cache un accord de coopération sous forme d'arrangement technique avec l'Allemagne. Son objectif est de concevoir une démonstration commune qui permettra de mettre en application des fonctionnalités opérationnelles innovantes rendues possibles par des échanges d'informations entre systèmes d'armes connectés en réseaux. La démonstration devra permettre de prouver l'efficacité d'un tel système d'armes distribué, sur la base de quatre fonctions clairement identifiées :

- le contrôle distribué de robots terrestres pour permettre la téléopération d'un ou plusieurs robots à partir d'une ou plusieurs plates-formes ;
- le contrôle du tir indirect pour permettre à des plates-formes géographiquement distantes de participer à une séquence de tir, en dissociant la détection, l'identification et le feu par exemple ;
- la capacité d'entraînement conjoint embarqué pour permettre aux équipages de blindés de s'entraîner ensemble sur un même scénario de mission simulé, cela dans leur environnement de travail habituel, c'est-à-dire directement à bord de leurs blindés ;
- les télécommunications avec les fantassins débarqués pour assurer la continuité des communications avec le groupe de combat, y compris lors des phases de débarquement des blindés.

Ces fonctionnalités seront réparties sur un groupement constitué de plates-formes terrestres allemandes et françaises. Un autre enjeu essentiel de la démonstration réside dans la capacité de mise en œuvre d'un nouveau type d'architecture "vétronique", encore un néologisme qu'il convient d'expliquer...

La "vétronique" permet de constituer un ensemble de réseaux de communication redondants et fiables à bord d'un blindé, de manière similaire à ce que l'on peut trouver dans une voiture moderne. Mais dans un blindé, cette vétronique permettra de remplacer les commandes mécaniques classiques par un système de commandes électriques pour la conduite, introduire des échanges informatiques simplifiés au sein du véhicule : du moteur aux systèmes d'armes embarqués en passant par le système de pilotage ou de navigation.

La mise en réseau efficace de plates-formes terrestres suppose que les architectures vétroniques qui équipent ces véhicules soient conçues pour acquérir, traiter et restituer de nouveaux types de flux d'informations : images vidéo, voix, informations à forte contrainte de temps réel, etc., avec une qualité de service et une sûreté de fonctionnement garantie.

Ces nouvelles architectures constituent un enjeu technologique et financier important (40% du coût global d'un char) pour la définition des véhicules de combat de demain.



Les acteurs des démonstrations ARTIST.



Poste d'équipage du démonstrateur français de pilotage sur écran.

mettant de conduire :

- une analyse du besoin opérationnel ;
- une définition et sélection " d'architectures opérationnelles " ;
- l'établissement des métriques pour évaluations de ces architectures ;
- une description et évaluation avec outils de simulation (du LTO) ;
- et alimentera de manière continue les futures opérations d'armement aéroterrestre.

Les rendez-vous de TACTIC

Le démonstrateur TACTIC permettra à l'armée de terre de prendre toute la mesure des avancées technologiques réalisées au titre des études amont menées par la DGA sur des sujets aussi variés que les radios tactiques haut débit, les algorithmes de fusion de données, les capteurs optroniques, les missiles tactiques, la vétronique (électroniques à bord des véhicules), les radars, l'autonomie des robots, les armes à létalité réduite, les systèmes d'autoprotection des véhicules, les moyens de géolocalisation, etc. Toutes ces avancées technologiques ne prennent pleinement leur sens qu'utilisées dans un contexte élargi d'une unité opérationnelle de dimension raisonnable mise en situation dans des scénarios réalistes face à une force adverse représentative. Pour cela, TACTIC regroupera :

- une douzaine de véhicules blindés (chars LECLERC, VBCI, VAB, VBL modifiés...),
- une trentaine de combattants débarqués (fantassins équipés de moyens plus performants que ceux de FELIN),

- 5 robots, 2 drones, 1 système de capteurs déposés... valorisés par un système d'information temps réel permettant :
- une tenue de situation multicapteurs avec fusion automatique des données de chaque participant,
- une gestion coordonnée des feux délivrés par chaque participant,
- une première capacité de protection collective permettant à chacun de profiter des moyens de protection du groupe,
- l'interopérabilité interarmées, voire interalliés.

Le démonstrateur fera l'objet de nombreuses expérimentations avant de servir d'unité expérimentale pour l'armée de terre.

Les capacités élémentaires seront toutes évaluées en laboratoire avant d'être évaluées sur le terrain séparément et avant de procéder à des expérimentations globales du démonstrateur sur le terrain, notamment en coopération (dans le cadre de l'accord de coopération ARTIST), en 2009, puis lors d'une expérimentation complète, en 2012, autour de



Le Laboratoire technico-opérationnel (LTO)

Les Armées et la DGA sont en train de définir, concevoir et acquérir le Laboratoire technico-opérationnel (LTO) dont l'objectif est de mettre en œuvre une démarche instrumentée pour définir et maîtriser les systèmes de systèmes.

La définition et la maîtrise des systèmes de systèmes imposent une itération permanente entre les besoins opérationnels et les capacités technologiques réelles afin d'affiner progressivement et parallèlement l'expression du besoin, la démonstration des capacités et l'acceptation des solutions retenues. Cette démarche ne peut être réalisée qu'en équipes intégrées, forces, DGA et industriels de défense.

Le LTO va donc mettre à disposition de ces équipes intégrées un ensemble d'outils et de méthodes permettant d'instrumenter tout le cycle de définition, conception, développement et validation des systèmes de systèmes, depuis l'élaboration de concept jusqu'à l'expérimentation terrain, en passant par l'ingénierie système, l'évaluation par la simulation et la capitalisation des résultats.

L'apport principal du LTO sera la garantie de la cohérence entre les différentes étapes du cycle et les itérations successives qu'il permettra de maîtriser. La première version du LTO est acquise dans le cadre du PEA démonstrateur BOA et sera pleinement opérationnelle en septembre 2007.

Deux enjeux des Systèmes de Systèmes (SdS)

L'évaluation des SdS

Les spécificités des SdS telles que la définition et la configuration en constante évolution, ainsi que l'existence de comportements émergents transforment leur évaluation en véritable gageure.

L'un des pôles d'excellence de la DGA est de savoir évaluer les systèmes qu'elle livre aux forces.

Pour le cas des SdS, il lui faudra adapter ses moyens et ses procédures pour pouvoir assurer cette évaluation en continu et garantir l'existence et le bon fonctionnement des comportements émergents.

La maîtrise des SdS

Les spécificités des SdS telles que l'indépendance opérationnelle et l'indépendance managériale sont autant de risques pour la maîtrise des SdS. L'introduction de la notion de SdS à la DGA traduit bien une volonté de savoir maîtriser la complexité croissante des interactions entre les programmes d'armement.

Comment être sûr que diminuer les performances du système d'observation sur un drone en cours de définition permettra toujours d'apprécier correctement la situation avant d'engager le combat ? Des outils tels que le laboratoire technico-opérationnel sont mis en place pour aider, par exemple, à définir de nouveaux SdS et à faire des choix sur un programme après avoir vérifié leurs impacts sur les autres programmes des SdS auxquels il participe.

trois scénarios représentatifs (une situation de combats plus ou moins sporadiques en zone urbaine, une opération de stabilisation postconflictuelle, une situation de combats de haute intensité).

Conclusion

Enjeu majeur du développement capacitaire de l'armée de terre, mais aussi de l'évolution de l'ensemble du

TACTIC, une unité expérimentale pour l'armée de terre

L'expérimentation est une étape essentielle pour la maturation des concepts militaires et la DGA y participe en réalisant des démonstrateurs pour les armées. Ainsi, l'investissement majeur du PEA démonstrateur de la BOA (90 M€ TTC) sert à concevoir et réaliser un démonstrateur (TACTIC = Technologies et architectures du combat aéroterrestre info-valorisé au contact) qui constitue une véritable unité expérimentale au profit de l'armée de terre.

Cette unité regroupera des blindés (12), des fantassins (30), des drones (3), des robots (5) et des capteurs déposés, qui seront tous reliés par un système d'information opérationnel permettant l'échange d'informations en temps réel. Son expérimentation permettra à l'armée de terre de mettre au point son organisation et ses besoins en équipements futurs.

Les rendez-vous majeurs (points de visibilité sur la maturation de TACTIC) sont :

- 2007 : illustration en laboratoire de la tenue de situation tactique en temps réel,
- 2008 : illustration sur le terrain de la tenue de situation tactique en temps réel,
- 2009 : illustration en laboratoire des capacités de gestion coordonnée des feux, protection collective, fusion de données,
- 2009 : une expérimentation franco-allemande (ARTIST), sur le terrain, autour des capacités issues de l'info-valorisation,
- 2012 : une expérimentation complète sur le terrain autour de trois scénarios représentatifs (une opération de combats en zone urbaine, une opération de stabilisation post-conflictuelle, une opération de combats de haute intensité).

ministère de la Défense pour la maîtrise de ses futurs systèmes de systèmes, le PEA démonstrateur de la BOA fédère trois industriels majeurs de la défense mais procède également à la mise en œuvre d'un processus de plans d'acquisition contractuels formalisé dans le marché permettant d'étendre la participation à d'autres industriels et de bénéficier ainsi des meilleures technologies du moment sur toute la durée du marché.

Avec ce contrat, la DGA, au profit des états-majors, poursuit sa politique de développement d'une base industrielle européenne toujours plus innovante et compétitive au profit des états-majors.

À travers le lancement de ce démonstrateur, la France vise aussi à créer un effet d'entraînement sur les coopérations européennes dans le domaine de l'armement terrestre, dont ARTIST est une première étape tangible.

Ce démonstrateur permettra enfin de cristalliser la convergence des approches et des échanges fructueux avec nos partenaires européens comme transatlantiques. ■