

ANNUAIRE FRANÇAIS
DE
RELATIONS
INTERNATIONALES

2017

Volume XVIII

**PUBLICATION COURONNÉE PAR
L'ACADÉMIE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES**

(Prix de la Fondation Edouard Bonnefous, 2008)



Université Panthéon-Assas
Centre Thucydide

INNOVATION ET TECHNOLOGIE DANS L'ARMEMENT : UN MODÈLE EN NÉCESSAIRE TRANSFORMATION

PAR

RENAUD BELLAIS (*) et JOSSELIN DROFF (**)

La formation et l'entraînement sont des dimensions fondamentales dans la réussite des armées, mais cette dernière repose également sur des innovations qui vont permettre aux forces d'acquérir un avantage tactique ou stratégique. Dans un rapport de forces, l'armement tient une place importante pour que les armées puissent s'imposer face aux forces adverses. Innover dans les équipements est donc une nécessité et, du fait du progrès scientifique et technique qui caractérise nos sociétés depuis le XIX^e siècle, l'efficacité des armées et la protection des militaires reposent aussi sur l'accès à des équipements appropriés aux missions et opérations.

Dans le domaine capacitaire, l'innovation de défense consiste à disposer de nouveaux équipements plus performants ou à améliorer la performance d'équipements existants sur un plus large spectre de performances (puissance de feu, résistance, vitesse, discrétion, capacité d'écoute, capacité de traitement de l'information, etc.). Cependant, il ne s'agit pas uniquement d'un enjeu technologique. L'innovation capacitaire consiste aussi à disposer d'équipements bien adaptés aux usages militaires, donc pleinement intégrés dans la doctrine, et à repenser les processus de conception, production et entretien des équipements pour garantir aux troupes l'accès aux moyens dont elles ont besoin avec la réactivité appropriée.

Ces différentes dimensions de l'innovation de défense sont complémentaires et leur prise en compte est nécessaire pour comprendre les logiques et les parcours d'innovation de défense afin de relever les défis technologiques, opérationnels et budgétaires auxquels sont confrontées les grandes puissances aujourd'hui. L'innovation doit prévenir ou, en tout cas, permettre de réagir rapidement face à toute surprise stratégique, c'est-à-dire « *Chief Economist* à la direction des Affaires publiques France d'Airbus Group. *sur la base d'une perception erronée de la menace* » (1).

L'absence de certitudes quant à la nature de la menace avant que cette dernière ne se concrétise conduit à accorder une place importante à l'innovation capacitaire. L'autonomie stratégique peut alors être conçue

(*) *Chief Economist* à la direction des Affaires publiques France d'Airbus Group.

(**) Docteur en Sciences économiques de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO, France).

(1) A. LEVITE, *Intelligence and strategic surprise*, Columbia University Press, New York, 1987, pp. 1-3.

comme un concept à deux facettes : sa propre aptitude à générer de la surprise stratégique – dans une perspective offensive, de domination de l'adversaire – tout en étant capable d'y faire face – dans une perspective défensive, de résilience. La maîtrise de certaines technologies est alors nécessaire pour garantir aux armées leur autonomie et une supériorité stratégique, ce qui suppose la mise en place d'un système d'innovation approprié.

Quelle approche de l'innovation est-elle nécessaire aujourd'hui pour garantir la supériorité stratégique des forces armées tout en évitant de subir des surprises stratégiques ? Quelles sont les catégories d'équipements innovants dont les forces armées ont besoin ? Vers quel système de production faut-il aller afin de garantir des innovations capables d'assurer une certaine autonomie stratégique ? Dans un contexte où les forces armées sont fortement sollicitées, assiste-t-on à une accélération ou un déclin de l'innovation de défense ?

UNE DÉFENSE PORTÉE TOUJOURS PAR LA TECHNOLOGIE ?

Depuis la Seconde Guerre mondiale, la capacité des armées à dominer et vaincre leurs adversaires repose en grande partie sur leur habilité à tirer le meilleur parti des avancées scientifiques et techniques. Si la technologie ne fait pas tout, elle permet de surmonter les faiblesses d'une armée et d'amplifier les effets de ses actions. Cependant, le modèle hérité de la Guerre froide, caractérisé par une course technologique aux armements effrénée, apparaît moins adapté au contexte géopolitique et sécuritaire de ce début de siècle.

Un modèle techno-centrique hérité de la Guerre froide

La Seconde Guerre mondiale a démontré, notamment avec le programme Manhattan, que la technologie pouvait changer fondamentalement la donne dans un conflit. Il n'est donc pas surprenant qu'au cours de la Guerre froide les armées aient mis en place un modèle techno-centrique d'acquisition d'équipements militaires, dans lequel l'essentiel de la puissance découle de la capacité à maîtriser les technologies les plus avancées. La construction de ce paradigme capacitaire est liée à l'influence de l'« école matérielle » (2) et au caractère central de la dissuasion nucléaire, dont la crédibilité ne tient « *qu'à la pertinence et à la crédibilité des solutions technologiques apportées* » (3). L'importance accordée à l'innovation dans les matériels militaires a été renforcée, d'une part, par les avancées rapides des technologies sur lesquelles reposaient les équipements militaires au cours du XX^e siècle et, d'autre part, par le fait que les protagonistes de la Guerre

(2) H. COUTEAU-BÉGARIE, *Traité de stratégie*, Economica. Paris, 2011.

(3) J. HENROTIN, « L'analyse capacitaire, l'armement et le rôle de la technologie », in Stéphane TAILLAT / Joseph HENROTIN / Olivier SCHMITT (dir.), *Guerre et stratégie. Approches, Concepts*, Presses Universitaires de France, Paris, pp. 217-252.

froide ont construit leur effort de défense sur la base de philosophies stratégiques similaires, définies par une interaction système/antisystème favorable à une course qualitative et quantitative aux armements.

Du point de vue de la doctrine militaire, cette place accordée à la technologie comme facteur de puissance a atteint un paroxysme au début des années 1990, avec la *Revolution in Military Affairs* (RMA) entendue comme « la capacité à réaliser une rupture opérationnelle par l'effet multiplicateur des nouvelles technologies de l'information » (4). Dans cette approche, le progrès technologique était appelé à transformer radicalement la nature de la guerre. La RMA constituait l'aboutissement de la vision techno-centrique de la guerre, puisque la domination technologique devait permettre des guerres courtes de haute intensité, au cours desquelles les adversaires ne pourraient qu'être subjugués grâce à des équipements militaires hautement sophistiqués. La démarche de la RMA conduit à une automatisation très poussée des équipements, à la conception de systèmes réseau-centrés et très complexes à concevoir, à produire, à déployer mais aussi à entretenir.

De ce fait, cette vision techno-centrique a engendré des « cathédrales technologiques » comme le char Leclerc, le F-35, le F-22 ou le *destroyer* Zumwalt, qui correspondaient plus à la conduite d'une guerre idéale face à un adversaire comme l'Union soviétique qu'aux guerres caractérisant l'après-Guerre froide. Ce modèle d'innovation dans les capacités militaires était fondé sur un investissement massif en recherche et développement (R&D) s'inscrivant dans des trajectoires technologiques bien identifiées. Cette approche conduit au développement « par générations » des équipements : dès l'arrivée en service d'une plateforme, il est nécessaire d'engager le développement de sa remplaçante pour maintenir un gap technologique dans la course aux armements avec les adversaires potentiels. Cette dynamique permet aussi d'entretenir les compétences industrielles et technologiques nécessaires afin de disposer d'un outil industriel moderne et réactif en cas de crise internationale (5).

Cette course aux armements fondée sur la technologie induit une obsolescence planifiée des systèmes et des connaissances qu'ils incorporent. En effet, on ne peut pas conserver un avantage sur les forces adverses si ces dernières sont en mesure de rattraper l'avance technologique dont un pays dispose. Par conséquent, dans une telle approche de l'innovation de la défense, il est nécessaire de lancer la prochaine génération d'armements d'une capacité d'action supérieure dès que la dernière génération entre en service. Dans ce paradigme, le principe de développement des capacités

(4) M. GOYA, « La révolution arabe dans les affaires militaires », *Défense et Sécurité internationale*, n°125, sept.-oct. 2016, pp. 66-68.

(5) J. KÜRTH, « The political economy of weapons procurement: the follow-on imperative », *American Economic Review*, vol. LXII, n°2, 1972, pp. 304-311.

par générations successives était la condition *sine qua non* pour éviter toute surprise stratégique (6).

En France, dans l'aéronautique militaire par exemple, le Rafale est la plate-forme de dernière génération visant à remplacer le Mirage 2000. Le début du projet remonte à la fin des années 1970, c'est-à-dire lorsque le Mirage 2000 est entré en production. Il existe une forte continuité technologique entre les deux systèmes, qui ont été explicitement conçus pour deux raisons : la préservation des capacités industrielles de l'industrie aéronautique militaire française et le maintien d'une supériorité stratégique vis-à-vis des adversaires potentiels par des systèmes aux performances les plus avancées. Le même type de raisonnement est applicable à d'autres plates-formes aériennes (chasseurs Eurofighter, F-35 (7)) ou dans les domaines terrestres (char Leclerc) ou navales (frégates FREMM). Cette logique a progressivement amené les différents acteurs de la base industrielle et technologique de défense sur une trajectoire technologique où elle est maintenant « verrouillée » (*lock-in*) le long d'un sentier de dépendance (8). Sur cette trajectoire, l'évolution technologique se réalise alors indiscutablement dans un sens orienté par la recherche de l'efficacité telle qu'elle est présumée dans le paradigme initial (9).

Le rendement décroissant de la R&D de défense

L'approche générationnelle de l'innovation dans les équipements militaires se heurte toutefois à un rendement décroissant de la R&D de défense, au moins depuis la fin des années 1980. Il est possible de constater que, du fait d'un épuisement du potentiel d'amélioration des technologies-clefs, le développement de nouvelles générations d'équipements entraîne un coût marginal croissant.

Les armées cherchent généralement à réaliser des bonds dans les performances des équipements en déplaçant la frontière des connaissances par un approfondissement du potentiel des technologies associées. Le

(6) G. HEILMEIER, « Guarding against technological surprise », *Air University Review*, sept.-oct. 1976, p. 1.

(7) Le F-35 n'est même pas encore pleinement opérationnel – avec son lot de retards et de surcoûts – que le Pentagone pense déjà au développement de l'avion qui le remplacera, le chasseur de 6^e génération. Piloté par la DARPA, en partenariat avec la Navy et l'USAF, le projet vise à développer la prochaine génération de plates-formes aériennes. Les premiers appareils devraient pouvoir voler à l'horizon 2030. Les industriels étudient déjà les technologies potentielles pour ces avions de 6^e génération.

(8) On retrouve ici les phénomènes de « *lock-in* » et de « *path dependency* » mis en évidence par les économistes évolutionnistes. Cf. G. DOSI, « Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change », *Research Policy*, vol. XI, n°3, 1982, pp. 147-162 ; G. DOSI / D. TEECE / S. WINTER, « Les frontières des entreprises : vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise », *Revue d'économie industrielle*, vol. LI, n°1, 1990, pp. 238-254 ; R. NELSON / S. WINTER, *An evolutionary theory of economic change*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 1982. Le concept de sentier de dépendance est particulièrement intéressant dans notre cas, car il traduit un comportement social répété au cours de l'histoire, alors même que les situations subies par les acteurs ont changé de nature. D'abord appliqué à l'évolution des technologies (cf. P. DAVID, « Clio and the economics of QWERTY », *American Economic Review*, vol. LXXV, n°2, 1985, pp. 332-337), le concept a aussi été utilisé dans l'explication des changements institutionnels (D. NORTH, *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990).

(9) A. GRAS, *Fragilité de la puissance : se libérer de l'emprise technologique*, Fayard, Paris, 2003.

cas des Etats-Unis est emblématique de cette recherche systématique de la performance et surtout de la recherche du « *saut générationnel révolutionnaire* » (10). Il s'illustre récemment avec la mise en service d'équipements comme le F-35 ou encore le destroyer Zumwalt. Une fois la technologie stabilisée, la R&D vise à améliorer les performances de l'équipement, mais dans le cadre de rendements décroissants dans le rapport performances/coûts.

Cette décroissance de l'efficacité marginale d'une technologie par rapport aux montants investis peut être mise en parallèle avec l'analyse de Robert Gordon (11) sur les raisons pour lesquelles, aujourd'hui, la croissance économique reste faible dans les économies avancées. Dans l'analyse de R. Gordon, une invention apparaît de façon discrète (dans un secteur de l'économie, dans un pays), puis son application se généralise, ce qui conduit à une expansion de l'économie. Cette innovation est ensuite améliorée de façon incrémentale, mais avec un rendement marginal décroissant, ce qui conduit à une réduction du rythme de croissance, voire à une atonie de la croissance. Si nous suivons cette analogie, il est possible de considérer qu'aujourd'hui les technologies dominantes dans les équipements de défense ont atteint « un plateau technologique » et qu'en dépit d'investissements croissants, leur potentiel de croissance est de plus en plus faible (12) au regard de leur efficacité stratégique.

De ce fait, en dépit d'efforts importants pour améliorer les performances des systèmes majeurs, les nouveaux équipements n'atteignent pas les résultats escomptés. Les coûts de développement et de production deviennent exorbitants pour des gains de performances somme toute marginaux par rapport aux équipements déjà en service et avec des coûts d'usage et de soutien bien plus élevés du fait des choix techniques qui ont été faits pour rechercher les performances souhaitées. Les analyses sur l'avion de combat F-35 sont éclairantes à ce propos par rapport aux F-16 et F-18.

Cette quête de la performance marginale aboutit à réduire mécaniquement le nombre d'équipements en dotation dans les forces compte tenu de budgets limités, notamment par l'endettement des Etats. De plus, la recherche systématique de la performance marginale accroît généralement la complexité des équipements, générant des difficultés techniques croissantes, et augmente les délais tant dans la conception que dans la fabrication, comme l'illustre indubitablement là encore le programme d'avion de combat F-35 Lightning II. Les équipements entrent parfois en

(10) J. HENROTIN, « Les Etats-Unis et la pérennité des générations d'armement : un exemple pour nos armées ? », *Défense et Sécurité internationale*, oct. 2011, n°74, pp. 78-83, et *La Technologie militaire en question. Le cas américain et ses conséquences en Europe*, Economica, Paris, 2013 (2^e éd.).

(11) R. GORDON, « Is US economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds », *NBER Working Paper Series*, n°18315, 2012.

(12) R. BELLAIS / J. DROFF, « Innovation, technology and defence procurement: reform or paradigmatic shift? », in Kevin BURGESS / Peter ANTILL (dir.), *Emerging Strategies in Defense Acquisitions and Military Procurement*, IGI Global, Hershey, 2016, pp. 205-221.

service bien après la phase la plus intense de la menace – qui justifiait initialement leur production –, voire après disparition de la menace. Par exemple, dans l'armée française, le char Leclerc a été conçu à partir de la fin des années 1970 dans le but de surclasser technologiquement les chars du Pacte de Varsovie. Le système est arrivé dans les forces armées au début des années 1990, lorsque le contexte stratégique avait totalement changé, avec une très faible probabilité d'un combat de chars de haute intensité sur un théâtre en Europe centrale, hypothèse dominante lors du lancement du programme (13). La question qui se pose alors est de démontrer l'utilité d'une recherche systématique d'amélioration des capacités technologiques et de définir ainsi une stratégie de « *juste technologie* » (14) (Desportes, 2009).

Un modèle d'innovation en butée budgétaire et opérationnelle

Depuis les années 1980, le modèle d'innovation mis en place au cours de la Guerre froide se heurte à une double crise. Il n'est plus toujours soutenable du point de vue budgétaire, mais il est aussi devenu partiellement inadapté aux attentes des armées car il n'apporte pas toujours les solutions capacitaires nécessaires pour la conduite des opérations qu'elles doivent concrètement réaliser.

S'il est indéniable que ce modèle d'innovation s'est avéré plutôt efficace au cours de la Guerre froide pour acquérir des armements modernes, il conduit à une envolée du coût unitaire des équipements. Cette approche de l'innovation capacitaire est devenue insoutenable d'un point de vue budgétaire, ce que la « Loi d'Augustine » a bien illustré : sans une maîtrise de l'évolution des coûts unitaires des équipements, le Pentagone ne pourra acheter qu'un seul avion en 2054 avec la totalité de son budget (15). Cette tendance résulte du fait que l'amélioration des performances des équipements implique de se rapprocher de la frontière technologique, donc de faire face à des difficultés techniques croissantes et donc à une augmentation exponentielle du coût des gains marginaux de performance.

De ce fait, il est nécessaire de disposer de ressources financières croissantes pour concevoir, de manière récurrente, de nouveaux équipements dans une logique générationnelle. Les coûts de R&D augmentent fortement et les investissements atteignent des montants faramineux, à tel point que beaucoup de pays ne sont plus capables de développer seuls les équipements majeurs d'aujourd'hui. Cela ne concerne

(13) La cible d'acquisition est d'ailleurs passée de 1 500 chars aux débuts du programme à 400 chars au début des années 2000 puis à 250 aujourd'hui. Cette réduction de la cible accompagne la réduction du nombre de régiments de chars, qui passe de 17 en 1988 à 6 en 2001, 4 en 2014. Et certains spécialistes des blindés anticipent 2 régiments à l'horizon 2020 avec un parc total de 96 chars.

(14) V. DESPORTES, « Armées : 'technologisme' ou 'juste technologie' ? », *Politique étrangère*, vol. LXXIV, n°2, 2009, pp. 403-418.

(15) N. AUGUSTINE, « Augustine's laws: an irreverent guide to traps, puzzles and quandaries of the defense business and other complex undertakings », American Institute of Aeronautics and Astronautics, New York, 1983.

d'ailleurs pas seulement le coût de développement des équipements, mais aussi les coûts d'usage. En effet, plus les systèmes sont sophistiqués, plus leur fonctionnement et leur maintenance sont onéreux.

Or la fin de la Guerre froide a conduit à une réduction relative des ressources budgétaires des armées. Certes les budgets militaires sont importants, mais la part relative du PIB dédiée à la défense a nettement diminué depuis 1990. Ainsi, la France consacre aujourd'hui une part deux fois moins importante de sa richesse nationale à la défense, avec seulement 1,8% du PIB en 2016. C'est également le cas pour la plupart des pays européens. De plus, du fait de l'inflation, le pouvoir d'achat des armées s'est érodé depuis trois décennies, ce qui entraîne un « effet de ciseau » avec les coûts unitaires croissants des équipements en tendance longue. L'impasse budgétaire change la donne, même si les Etats recourent à des programmes en coopération pour essayer de préserver ce modèle technocentrique d'innovation capacitaire.

Outre la dimension budgétaire, la focalisation de l'innovation sur la performance technologique apparaît aujourd'hui moins adaptée aux attentes des armées. En effet, ces dernières ont moins besoin d'équipements d'une grande sophistication pour accomplir les missions qui leur sont confiées. Dans des conflits asymétriques avec des adversaires non étatiques, les capacités de tels équipements apparaissent disproportionnées ou inadaptées pour répondre aux besoins opérationnels, comme le montrent les conflits de l'Afghanistan à la Syrie depuis deux décennies.

La prédominance des évolutions technologiques dans l'armement pendant plus de soixante ans a conduit beaucoup d'acteurs de la défense à penser que l'innovation était nécessairement technologique et que seuls des équipements plus performants pouvaient apporter la victoire, conduisant parfois à ce que Mary Kaldor a appelé des « *arsenaux baroques* » (16). Or les conflits récents montrent qu'il n'en est rien. La lutte contre les engins explosifs improvisés, le terrorisme ou les cyber-menaces ne nécessitent pas les mêmes équipements qu'au cours de la Guerre froide. Par exemple, les chars Leclerc français sont très coûteux, sur le plan logistique, à déployer à l'étranger et sont considérés inadaptés aux combats urbains ou dans le désert. De même, l'Eurofighter, appareil conçu pour des missions de la chasse aérienne pendant la Guerre froide, se révèle peu adapté au bombardement stratégique et à l'appui-feu des troupes au sol – qui constitue une grande partie des missions actuelles des forces aériennes.

Aujourd'hui, la supériorité technologique n'est plus suffisante pour opérer en toute sécurité et avec une réelle efficacité. La vision d'une supériorité stratégique fondée sur la technologie est fortement remise en question. Il convient de distinguer la technicisation, définie comme l'injection de technologies dans les armées, de la technologisation, qui constitue une idéologie dans laquelle la technologie tend à surdéterminer

(16) M. KALDOR, *The Baroque Arsenal*, Hill and Wang, New York, 1981.

les comportements militaires, aux niveaux tactique, stratégique et politique (17).

LA TECHNOLOGIE POUR L'ARMEMENT MALGRÉ TOUT,
MAIS DIFFÉREMMENT

Depuis la guerre du Golfe (1990-1991), les avantages apparents de la technologisation ont conduit à croire que la supériorité des armées occidentales découlait de leur supériorité technologique. Or les engagements récents ont démontré que cela n'était plus suffisant. Pour autant, faut-il des équipements frustrés, plus simples et moins technologiques ? N'y a-t-il plus de place pour l'innovation technologique ? Les évolutions récentes soulignent la nécessaire préservation d'une stratégie d'innovation à la fois technologique et non technologique pour les équipements de défense.

La « Third Offset Strategy » ou le réinvestissement américain dans l'innovation capacitaire

En dépit des critiques à l'encontre d'une vision techno-centrique de l'innovation capacitaire, certains pourraient s'étonner de l'initiative « Third Offset Strategy » lancée fin 2014 par Ashton Carter au Pentagone. En effet, cette approche de l'innovation semble s'inscrire pleinement dans la continuité de la démarche de la Guerre froide, avec un accent marqué sur l'effort budgétaire de R&D. Elle fait aussi suite aux deux initiatives, lancées au milieu des années 1950 puis au début des années 1970, pour imaginer quelles seraient les technologies qui transformeraient la défense à la prochaine génération (18).

Cependant, les Offset Strategies ne se limitent pas à une vision techno-centrique, même si elles accordent une place importante à la R&D. En effet, il s'agit tout autant d'envisager les usages des nouveaux équipements dans une approche doctrinale. Certes, la veille technologique reste importante, mais il s'agit moins dans la Third Offset Strategy de mettre l'accent sur la frontière technologique que de développer une approche combinatoire des connaissances qui permette d'adapter l'offre capacitaire à la fois à l'évolution des menaces, pour rétablir rapidement le rapport de forces, et aux besoins opérationnels exprimés par les militaires, en proposant des solutions adaptées aux conditions réelles d'engagement militaire.

Cela repose non pas sur une logique de trajectoire technologique comme par le passé, mais sur la recherche des briques technologiques – existantes ou à développer – pour développer et livrer rapidement les équipements adéquats aux forces armées. De même, la demande prend de l'importance et, parfois, le pas, sur l'offre, au moins dans l'amélioration des équipements

(17) J. HENROTIN, *La Technologie militaire en question...*, *op. cit.*

(18) D. FIOTT, « Europe and the Pentagon's Third Offset Strategy », *The RUSI Journal*, vol. CLXI, n°1, 2016, pp. 26-31.

proposés ou utilisés, mais aussi dans les progrès analogiques à réaliser au regard des évolutions technologiques de l'économie civile.

Cela va de pair avec une transformation du fonctionnement des acquisitions d'armements. Les évolutions technologiques, stratégiques et sociétales sont de plus en plus rapides, ce qui impose aux pouvoirs publics de veiller à ce que les systèmes de défense restent en phase avec les besoins opérationnels des forces armées sur le terrain. A la place du processus traditionnel et séquentiel de renouvellement des équipements – programmes définis dans une démarche générationnelle –, la transformation a pour but de mettre en place un processus d'adaptation très réactif, inspiré des méthodes utilisées dans le secteur civil, pour instaurer un cycle rapide de décisions. Cela permettrait d'intégrer au plus vite les évolutions envisagées dans les concepts, les technologies, les doctrines ou les équipements utilisés par les armées.

La Third Offset Strategy constitue de ce fait un réinvestissement important du Pentagone dans le champ technologique. Il ne s'agit plus de mettre tout l'effort budgétaire sur l'amélioration des technologies existantes, comme dans la RMA, mais de mobiliser le potentiel des connaissances de l'économie civile pour des applications militaires. Cela trouve des applications concrètes dans plusieurs domaines comme la cyber-sécurité, les communications tactiques (sécurité des communications et architecture des satellites), l'exploitation des médias sociaux, le *big data*... Il s'agit donc d'avoir un effet levier à partir des connaissances disponibles se situant provisoirement en dehors de la base industrielle de défense, notamment dans les domaines cités précédemment qui, depuis une quinzaine d'années, évoluent plus rapidement dans la sphère civile que dans la sphère défense. L'innovation n'est pas qu'une question d'équipement ; elle passe aussi par les logiciels ou la compréhension des différentes formes d'organisation sociale (comme par exemple l'amélioration de la compréhension de la structure des réseaux terroristes à l'échelle mondiale) (19).

La démarche américaine est intéressante, car elle se propose de développer de nouvelles capacités sans pour autant s'inscrire dans une approche générationnelle trop dépendante de trajectoires technologiques. Là où le développement de la technologie dictait les générations futures d'équipements, ce sont aujourd'hui les besoins opérationnels qui définissent quelles sont les connaissances pouvant être mobilisées pour concevoir des solutions capacitaires. L'innovation est alors orientée, au moins partiellement, vers d'autres applications technologiques réalisées dans le monde civil.

Cependant, la Third Offset Strategy comporte aussi un important volet d'investissement en R&D, de l'ordre de 18 milliards de dollars par an. Cela s'explique notamment par le fait que les besoins des équipements

(19) T. PIERCE, « Rethinking innovation: disruptive technology and strategic response », *Strategic Insights*, vol. VI, n°4, avr. 2005, p. 2, disponible sur le site Internet calhoun.nps.edu/handle/10945/13764.

militaires ne peuvent pas nécessairement être satisfaits à partir des seules connaissances ou des solutions civiles « sur étagère ». En effet, les enjeux des équipements militaires diffèrent des caractéristiques des produits civils. Même quand il est possible d'utiliser ces derniers, il est nécessaire de les adapter aux contraintes et aux attentes des militaires.

Nouvelle vague d'innovations et nécessaire adaptation

Cette réappropriation du champ de l'innovation militaire par les Etats-Unis est également la conséquence d'une évolution des besoins opérationnels. Pendant la Guerre froide, même si les technologies évoluaient rapidement, elles s'inscrivaient dans des trajectoires qui permettaient de planifier en quelque sorte les générations successives d'équipement. Cette stabilité d'action dans le champ technologique créait des défis, mais elle permettait d'engager des programmes aux contours connus. Elle a été renforcée par la prédominance technologique des pays occidentaux dans les années 1990 et 2000, ce qui a laissé croire que rien ne viendrait contester leur supériorité militaire. La domination de l'espace aérien par les Etats-Unis en a été le plus beau des symboles depuis la guerre du Golfe (1990-1991) jusqu'au début des années 2010.

Or nous assistons depuis le début des années 2010 à une nouvelle vague d'innovations, technologiques ou conceptuelles, qui ont un important potentiel militaire et donc la possibilité de remettre en question l'efficacité des équipements en service. Le *big data*, l'intelligence artificielle, la robotique, les systèmes autonomes, les nanotechnologies ou encore la numérisation sont des évolutions majeures, bien souvent portées par l'économie civile. Cependant, il est indéniable que ces connaissances nouvelles vont de plus en plus avoir une place de premier ordre dans la supériorité tactique et stratégique des armées. Or ces technologies proviennent majoritairement du secteur civil (notamment des GAFAs : Google, Amazon, Facebook, SpaceX...), qui investit bien plus de moyens financiers que les militaires pour leur développement. Cela ne signifie aucunement que les acteurs historiques de la base industrielle de défense n'investissent pas dans ces domaines. Par exemple, Lockheed Martin investit dans le *big data* avec des perspectives d'application dans les équipements de défense, mais aussi dans les applications civiles, notamment de santé. Toutefois, les entreprises majeures de la base industrielle de défense sont rarement aussi « *leaders* » dans ces domaines. A titre d'illustration, en 2015, l'industrie mondiale de défense a dépensé 20 milliards de dollars dans ses programmes de recherche et développement, contre 220 milliards de dollars pour l'ensemble du secteur des télécommunications et de nouvelles technologies (20).

(20) J.-B. COLAS, « Soldat digital. Perdre la bataille puis gagner la guerre », *Défense et Sécurité internationale*, n°126, nov.-déc. 2016, pp. 82-86.

La Third Offset Strategy a notamment pour objectif de raccrocher le Pentagone aux transformations radicales qui sont en cours pour bénéficier des avancées du secteur civil dans l'équipement des armées, mais aussi pour assurer une veille sur les potentialités militaires de telles technologies en soi ou de manière combinatoire avec des connaissances spécifiquement militaires. En effet, bien souvent, l'adversaire de nos armées utilise des technologies issues de l'économie civile. Ainsi, l'organisation « Etat islamique » utilise des mini-drones chinois avec des charges ISR (Intelligence Surveillance et Reconnaissance) civiles de haute performance (21). Ces équipements militarisés montent également en gamme et peuvent intégrer des charges létales (22).

L'adversaire utilise également ce que Paul Bracken appelle des « *sidewise technologies* » (23), c'est-à-dire des technologies généralement perçues comme dépassées dans un contexte donné mais qui, utilisées dans un autre contexte et des missions autres que celles pour lesquelles elles ont été initialement conçues, apportent un avantage militaire nouveau (24). Cette utilisation recombinaisonnée de technologies peut prendre des formes très variées, comme l'utilisation de jumelles de vision nocturne commerciales, de matériel informatique de base pour mettre en place des stratégies médiatiques, d'explosifs normalement destinés à la construction détournés à des fins militaires ou encore de véhicules 4x4 civils pour le transport rudimentaire de troupes. La meilleure illustration est sans aucun doute l'émergence, depuis les années 2000, d'une gamme très étendue d'engins explosifs improvisés ou IED, souvent élaborés à partir de téléphones mobiles rudimentaires et de catégories variées d'explosifs (par exemple de vieux obus datant de l'occupation soviétique en Afghanistan).

Enfin, si les technologies structurantes des plates-formes majeures ont atteint un plateau du fait de leur maturité avancée, dans certains domaines, le rythme de l'évolution technologique reste élevé. L'apparition de systèmes Anti-Access/Area-Denial (A2/AD) ou les recherches sur l'hypervélocité en sont de bons exemples. Dans ces deux cas, les adversaires potentiels ne cherchent plus à contrer un équipement par un autre équipement de même catégorie, mais à cibler les faiblesses de celui-ci pour en contourner les avantages. Ainsi les nouveaux radars rendent inefficace la furtivité des avions comme le F-35, ce qui était un paramètre essentiel de la domination aérienne depuis les années 1980. De même, des missiles à très grande vitesse (hypersoniques) peuvent percer des défenses adverses et mettre

(21) C. MALIS, « Horizon 2030 : réflexions prospectives sur le combat terrestre », *Revue Défense nationale*, n°778, mars 2015, p. 111.

(22) C'est cette catégorie d'appareils qui a, par exemple, tué deux combattants kurdes et blessé deux soldats français en octobre 2016 à Erbil en Iraq.

(23) P. BRACKEN, « Sidewise technologies: national security and global power implications », *Military Review*, vol. LXXXV, n°5, 2005, pp. 64-67.

(24) P. LANGLOIT, « Première phase d'Iraqi Freedom'. Quelques leçons en matière de transformation », *Défense et Sécurité internationale*, n°73, sept. 2011, p. 61.

en péril des équipements majeurs comme un porte-avions, réduisant significativement leurs avantages tactiques et stratégiques...

Le progrès rapide de certains champs technologiques implique donc de maintenir un effort de R&D pour des technologies à la frontière de la recherche, car les connaissances qui en découlent peuvent entraîner des surprises stratégiques ou changer la donne dans l'équilibre stratégique et tactique. L'innovation capacitaire est plus que jamais une dimension majeure dans l'efficacité des armées et l'évolution technologique y a encore une place importante.

Une réelle convergence entre la BITD et l'économie civile ?

L'enjeu est bien alors de réussir à capter l'innovation « là où elle est » et non là « où on voudrait qu'elle soit », cela, au bon moment et, si possible, le premier. Comment capter l'innovation de la sphère civile pour en faire bénéficier la sphère militaire ? Les initiatives sont nombreuses mais elles sont structurées autour d'une idée forte : ouvrir la base industrielle et technologique (BITD) traditionnelle et modifier la façon dont on produit de l'innovation. Ces initiatives ont pour dénominateur commun de chercher à rapprocher les acteurs de la BITD et les centres d'innovation à la pointe des technologies actuelles.

On voit d'abord se multiplier les initiatives de recherche de dualité au travers de partenariats avec des entreprises civiles. Ainsi, la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) réfléchit actuellement avec un constructeur civil à un projet de moto tactique discrète à propulsion hybride pour les forces spéciales ou les troupes de reconnaissance, deux domaines importants du spectre capacitaire dans les conflits actuels (25). Dans le même esprit, une *start-up* britannique, une grande entreprise de défense spécialisée dans les solutions de sécurité et un laboratoire de recherche de l'armée américaine du Maryland ont coopéré sur le projet Hoverbike, une moto au *design* futuriste équipé de petits rotors et destinée, elle aussi, aux marchés à la fois civils et militaires. Toujours dans le domaine des véhicules terrestres, General Motors réfléchit actuellement, avec l'armée de terre américaine, au développement d'un véhicule blindé propulsé à hydrogène. Dans le domaine des drones, trois entreprises civiles se sont récemment associées pour créer très rapidement un système de lutte contre les drones : Blighter Surveillance Systems, Chess Dynamics and Enterprise Control Systems. Cette association a pour but de répondre efficacement et rapidement à un besoin urgent de lutte contre tous les types de drones.

Cependant, les barrières à l'entrée du marché des équipements de défense sont relativement importantes. Les contraintes administratives et contractuelles freinent l'arrivée sur ce marché d'entreprises issues de

(25) K. WONG, « Logos technologies advances hybrid-electric military motorcycle development », *Jane's International Defence Review*, fév. 2015, p. 6.

la sphère civile, de même que la faible lisibilité des potentialités de la demande militaire pour une entreprise en dehors de la BITD. Or ce sont ces entreprises qui peuvent transformer la manière dont l'innovation est mise en œuvre pour concevoir rapidement des capacités militaires adaptées aux besoins des armées. Outre les connaissances et les innovations qu'elles peuvent apporter, ces entreprises ont un rôle important à jouer pour faire entrer la défense dans la « Quatrième révolution industrielle ».

En effet, la transformation des modes d'innovation est intimement liée à la transformation de la manière dont la conception et la production évoluent. De nombreux indicateurs montrent que nous sommes aux prémices de la Quatrième révolution industrielle, qui se caractérise en particulier par une place centrale du digital et des productions en série courte, notamment grâce à l'impression 3D (26). Or la BITD reste conçue dans une logique fordiste, de production de masse standardisée, de la Troisième révolution industrielle : ce qui a constitué leur force au cours du XX^e siècle devient aujourd'hui un handicap et il convient de réfléchir à la façon dont il faut modifier la gestion de l'innovation et plus largement les procédures d'acquisition dans la défense.

L'ouverture de la BITD au secteur civil nécessite alors la mise en place d'un nouveau cadre institutionnel. Des initiatives allant dans ce sens existent. Une première voie serait de mettre en place des programmes pilotes pour faciliter les relations entre l'Etat et les acteurs en dehors de la BITD, ce qui implique aussi des changements radicaux sur les modalités de cette coopération. Aux Etats-Unis, les débats s'orientent notamment vers une rationalisation des procédures, des audits et un assouplissement des règles comptables et de propriété intellectuelle. Le cas du Space Enterprise Consortium qui vient d'être lancé par l'armée de l'air américaine illustre cette démarche. L'idée est de faciliter l'entrée de petites entreprises innovantes sur le marché spatial par des soutiens financiers, une réduction des contraintes administratives et réglementaires et une aide au prototypage rapide.

La mise en place de lieux spécifiques, physiques et virtuels, pour mettre en relation les acteurs de l'innovation en vue de favoriser leur coopération est également à l'étude. Aux Etats-Unis sont lancées des initiatives pour rapprocher virtuellement les acteurs de l'innovation, comme la plate-forme virtuelle TandemNSI (27) qui vise à connecter les innovateurs émergents sur des projets touchant à la sécurité nationale. Le rapprochement peut aussi être géographique. Les initiatives sont nombreuses avec, par exemple, l'Open Campus initiative, initiative de l'armée de terre américaine qui a pour objectif d'identifier les innovations dans différents Etats ou les DIUx (Defense Innovation Unit Experimental) mis en place par Ashton Carter

(26) E. BRYNJOLFSSON / A. MCAFEE, *The Second Machine Age. Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, New York, 2014.

(27) Cf. le site Internet www.tandemnsi.com/.

dans des *hubs* d'innovation depuis plusieurs mois dans la Silicon Valley, mais aussi à Boston et à Austin. Ces démarches cherchent à rapprocher la défense des centres d'excellence comme Denver pour l'aérospatial, Pittsburgh pour la robotique, Boston pour les drones, la robotique et les biotechnologies. En France, ce type d'initiatives se retrouve – à une moindre échelle – dans le rôle moteur de la Direction générale à l'armement (DGA) du ministère de la Défense, au sein des pôles de compétitivité (28).

C'est peut-être dans le domaine des logiciels et du cyber que ces évolutions dans les modes d'innovation sont les plus originales. L'exemple du projet de cyber-armurerie (arsenal d'armes informatiques comme des virus, chevaux de Troie, etc.) développé par la DARPA est intéressant (29). L'idée de départ est de concevoir un système facile d'utilisation sans connaissances spécifiques en piratage ou informatique. La façon dont ce projet a été conçu est très différente de la logique de programme classique. Le projet a en effet été mené en partenariat avec des chercheurs, des ingénieurs en informatique de la Silicon Valley, des *hackers*, des acteurs de l'industrie du jeu vidéo, des entreprises d'effets spéciaux, d'importantes sociétés informatiques et de production audiovisuelle. Six semaines après la proposition du concept, un premier démonstrateur était présenté à la DARPA sur une tablette tactile d'un appareil issu du commerce.

Tout cela ne doit pas faire oublier que les entreprises traditionnelles de la BITD innovent aussi de manière plus traditionnelle et moins calquées sur celles de la Silicon Valley ou de l'univers des télécommunications. Sans pour autant nier l'importance des innovations informatiques et digitales – venant notamment d'entreprises civiles comme les GAFAs – dans les équipements actuels, Daniel Gouré (30) explique ainsi que, dans certains domaines comme la conception des véhicules blindés, l'innovation vient encore des acteurs traditionnels de la BITD, citant en exemple le centre d'innovation de BAE Systems à Detroit. Cet exemple conduit naturellement à relativiser la possibilité qu'une innovation de défense soit aisément issue d'entreprises purement civiles pour des équipements aussi complexes et difficiles à produire (31).

Les entreprises de la BITD cherchent aussi à s'inscrire dans la même dynamique de transformation de leur approche de l'innovation que les entreprises purement civiles (notamment par la transformation numérique, dont General Electric est la figure emblématique). Ainsi, Thalès a implanté un laboratoire de R&D (xPior) à Cambridge, au Massachusetts. Airbus Group s'est également associé au Media Lab du MIT pour une initiative

(28) S. MOURA, « Le poids de la BITD dans les pôles de compétitivité », *Ecodef* (Ministère français de la Défense), n°72, juil. 2015.

(29) R. MIELCAREK, « Plan X. La cyberguerre américaine passe à l'échelle industrielle », *Défense et Sécurité internationale*, n°97, nov. 2013, pp. 84-88.

(30) D. GOURÉ, « Defense innovation is alive and well in Detroit », 17 oc. 2016, disponible sur le site Internet nationalinterest.org/blog/the-buzz/defense-innovation-alive-well-motor-city-18069.

(31) « I can't recall a major defense acquisition program that failed as spectacularly as the Galaxy Note 7, and DoD works on really hard problems. »

similaire, mais sur la côte Ouest, dans la Silicon Valley. De même, Safran a récemment ouvert un centre de recherches dédié au paiement numérique, à l'identité numérique et à l'Internet des objets à Redwood, près de San Francisco.

* *

*

La question du coût de l'innovation dans les équipements de défense est fortement présente depuis la fin de la Guerre froide en raison des contraintes budgétaires et de la faible efficacité du modèle d'innovation caractéristique du XX^e siècle. Cette question est renforcée par les limites perceptibles des équipements majeurs en service dans les engagements militaires depuis le début du XXI^e siècle. Il apparaît que ces équipements très sophistiqués deviennent inabordable tout en étant inadaptés aux besoins concrets et immédiats des militaires.

Cependant, ces éléments portent à confondre évolution technologique et innovation dans les capacités militaires. Si la logique de course technologique aux armements est moins prégnante qu'au cours de la compétition entre les Etats-Unis et l'Union soviétique, les engagements militaires montrent que les armées doivent s'adapter à des adversaires hétéroclites et versatiles, qui réussissent à contourner les moyens dont disposent les armées.

L'innovation capacitaire est donc plus que jamais nécessaire pour permettre aux forces armées d'atteindre les objectifs qui leur ont été fixés. Toutefois, cela suppose une adaptation du modèle d'innovation, ce qui est une démarche difficile à engager du fait des mécanismes existants avec leurs effets d'inertie, mais qui constitue une nécessité impérative. Il ne fait aucun doute que la Quatrième révolution industrielle, dont nous percevons les prémices, va avoir de profonds impacts sur la manière dont les armées interagissent avec l'industrie pour répondre à leurs besoins capacitaires. Cela constitue une opportunité mais aussi une source de risques, puisque la convergence entre les bases industrielles civile et de défense permettra indéniablement à des pays ou des acteurs d'accéder plus facilement à des capacités militaires, ce qui favorisera le nivellement du jeu stratégique et sans doute produira de nouveaux risques sécuritaires.