



## Technologies émergentes et de rupture Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?

Pierre-Louis RENARD

L'enseigne de vaisseau de deuxième classe Pierre-Louis RENARD est entré dans la réserve de la Marine en 2019. Dans le civil, il est diplomate en poste à la Représentation permanente de la Belgique auprès de l'OTAN depuis 2020.

*Kunstmatige intelligentie, kwantumtechnologie: de wereld van de militaire innovatie ondergaat ingrijpende veranderingen met de opkomst van nieuwe en ontwrichtende technologieën. De overheersende rol van start-ups bij het ontwerpen van deze technologieën voor tweërlei gebruik vraagt om een hervorming van de ontwikkelings- en aankoopmodellen van legers. Hoe kunnen we ervoor zorgen dat we de volgende technologische revolutie niet missen? In dit artikel probeert de auteur enkele wegen voor hervorming te verkennen op basis van de triple helix-benadering. De recente NAVO-initiatieven op dit gebied en hun gevolgen voor België worden eveneens besproken.*

### La start-up comme nouveau moteur de l'innovation militaire

Les guerres sont à l'origine de nombreuses révolutions technologiques qui ont trouvé par la suite un nouvel usage dans la sphère civile. Cherchant l'avantage décisif au combat, les armées nationales ont lancé de vastes programmes de recherche ayant influencé les grandes révolutions technologiques du 20<sup>e</sup> siècle. L'invention du GPS par une agence de l'armée américaine est un des exemples les plus connus de ces technologies qui, partant d'un usage militaire, font désormais partie de notre quotidien. Depuis quelques décennies, on constate néanmoins que ces grands programmes de

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

recherche militaire ne sont plus le premier moteur de l'innovation. Les technologies émergentes et de rupture (*Emerging and disruptive technologies* – EDT) sont en train de transformer profondément le domaine de l'innovation militaire.

Les EDT sont des technologies à double usage qui regroupent notamment l'intelligence artificielle, les systèmes autonomes, la technologie quantique ou encore la biotechnologie. Elles sont qualifiées de « technologies de rupture » car elles sont susceptibles d'avoir un large impact sur l'espace social, mais aussi de changer significativement notre manière de conduire la guerre, gérer les crises et maintenir la paix<sup>1</sup>. Ces technologies duales de rupture ont pour caractéristique commune d'être principalement développées non plus tant par les grands acteurs institutionnels que par le secteur privé au sens large : Big Tech, start-ups, PME, etc. Les technologies de l'information, qui constituent l'innovation de rupture la plus récente, illustrent l'importance prise par le secteur privé dans le développement de technologies utilisées quotidiennement par nos forces armées. Pour résumer, on assiste à une inversion des rôles. C'est désormais le secteur privé qui devient le moteur de l'innovation militaire.

Partant de ce constat, il importe de bien identifier les conséquences engendrées par l'avènement des EDT et les réponses à apporter pour permettre à nos forces armées de saisir les opportunités offertes par ces technologies.

L'accélération exponentielle des processus d'innovation est la conséquence la plus remarquable. Cette accélération est générée par la mainmise du secteur privé sur le développement des EDT. En effet, si la guerre est un facteur périodique d'accélération de l'innovation, la concurrence dans le secteur privé rend cette accélération continue, dans des proportions toujours grandissantes. Cette accélération oblige les armées à interagir de manière systématique avec le secteur privé et le secteur académique, sous peine de manquer la prochaine révolution technologique. L'approche triple hélice qui conceptualise la coopération dynamique entre les secteurs public, privé et académique permet d'accompagner cette accélération. Pour appliquer cette approche à l'innovation militaire, il faut créer un cadre de collaboration qui incite les secteurs

---

<sup>1</sup> Le présent article n'a pas vocation à entrer dans le débat sur le bien-fondé du concept de « révolution dans les affaires militaires » et de la prépondérance ou non de la dimension technologique dans la conduite de la guerre. On peut ajouter que l'innovation de rupture n'est pas une notion nouvelle et il faut parfois se montrer prudent à l'égard des annonces spectaculaires au sujet de nouvelles technologies militaires qui changeraient la nature de la guerre. Les applications effectives de nouvelles technologies dans le domaine militaire sont parfois très éloignées de celles qui étaient escomptées au départ.

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

privé et académique à proposer la solution la plus innovante aux défis rencontrés par les militaires. La solution technologique est souvent déjà là, c'est l'absence de canaux de communication entre les acteurs de la défense et le secteur privé qui ralentit l'innovation militaire. Les militaires vont devoir ensuite s'impliquer tout au long du processus de développement de la solution technologique jusqu'à sa commercialisation par l'entreprise. L'implication continue de l'opérateur final va permettre de s'assurer que la technologie développée réponde bien au défi prédéfini, ce qui garantira son adoption par les forces armées, et donc des revenus pour l'entreprise qui a pris des risques financiers au départ. En conclusion, dans un contexte d'accélération exponentielle de l'innovation, l'approche triple hélice permet d'aligner efficacement la recherche fondamentale et le secteur privé sur les besoins des armées modernes.

Deuxièmement, les start-ups vont désormais jouer un rôle prépondérant dans l'innovation militaire. Les nouvelles capacités militaires sont des systèmes de plus en plus complexes, souvent le fruit de la conjonction de dizaines de technologies (récentes et/ou anciennes) développées par différentes entreprises, dont des start-ups. Malheureusement, les start-ups de la *deep tech* ne peuvent pas répondre aux programmes d'armement parce que leurs processus de développement sont trop lents. D'autres n'ont pas les moyens financiers pour développer une capacité qui soit directement opérationnelle et renoncent à proposer leur technologie à double usage. Pour mieux intégrer les start-ups dans l'innovation militaire, il faut adapter les modèles de développement et d'acquisition de défense à leur manière de travailler. Par exemple, l'armée en tant que cliente doit aussi être attentive au succès commercial civil de la technologie à double usage. C'est le double usage, et donc le potentiel d'avoir accès à un double marché, civil et militaire, qui va encourager les start-ups à développer leurs technologies.

Concernant cette coopération avec le secteur privé et les start-ups, nous disposons de deux avantages stratégiques qui doivent être davantage cultivés : l'acceptation de la prise de risque et le développement d'un cadre éthique transparent. Dans une économie ouverte, la concurrence et la créativité générées par les start-ups permettent l'innovation. L'acceptation du risque raisonnable dans les modèles de financement et d'acquisition des EDT est donc nécessaire pour intégrer les start-ups. Les acteurs de la défense doivent aussi assimiler cette culture du risque venant des start-ups pour s'approprier rapidement les prochaines technologies, même si elles ne sont

pas encore à maturité. D'autre part, le développement et l'usage de ces technologies posent des questions éthiques importantes pour le public. L'établissement d'un cadre éthique transparent autour de l'usage responsable de ces nouvelles technologies répond au respect de nos valeurs et du droit international humanitaire. Cela permet aussi aux armées d'installer un climat de confiance avec le secteur privé et le monde académique qui développent ces technologies duales. En conclusion, l'acceptation du risque et l'établissement d'un cadre éthique transparent sont nécessaires au fonctionnement optimal de l'approche triple hélice dans le contexte de l'innovation militaire.

Troisièmement, l'importance des technologies de rupture dans le monde civil et militaire installe une forte compétition technologique entre les États. Les technologies et les développeurs du secteur privé ne vont plus seulement changer la nature des conflits mais seront susceptibles de devenir un objectif de guerre. Les entreprises et les centres de recherche engagés dans ces innovations à double usage deviennent la cible de toutes les convoitises sans parfois en avoir conscience. Plus marquant encore, certaines entreprises technologiques font aujourd'hui irruption dans des conflits. La mise à disposition par Elon Musk de Starlink, un réseau de satellites, à l'armée ukrainienne en est l'illustration la plus récente. À cet égard, la sensibilisation des entreprises sur les conséquences potentielles d'une telle activité est nécessaire.

## **L'approche OTAN en matière de technologies émergentes et de rupture**

Maintenant que les enjeux liés aux EDT ont été exposés, le présent article propose d'analyser l'approche de l'OTAN concernant ces enjeux. Tout au long de son histoire, l'Alliance atlantique a toujours considéré comme central le maintien de sa supériorité technologique afin d'assurer la crédibilité de sa posture de dissuasion et de défense. Depuis 2019, l'OTAN travaille sur les EDT avec pour objectif de maintenir cette avance technologique. Les Alliés ont adopté une stratégie EDT en 2021 qui constitue le document fondateur de l'approche OTAN. Cette stratégie vise à renforcer la compréhension des EDT, en accord avec les valeurs de l'Alliance, et à favoriser l'interopérabilité entre Alliés. Elle vise aussi à protéger les Alliés contre l'usage des EDT par leurs adversaires. La stratégie EDT identifie sept technologies

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

prioritaires : big data, intelligence artificielle, systèmes autonomes, technologie quantique, biotechnologie, hypersonique, espace. Chaque technologie fera l'objet d'une stratégie individuelle afin de favoriser la compréhension commune des Alliés sur les risques et les opportunités liés à ces technologies.



Cérémonie de signature organisée par le secrétaire général de l'OTAN, Jens Stoltenberg, avec vingt-deux Alliés pour le lancement du fonds d'innovation OTAN, lors du sommet de Madrid en juin 2022.

Au-delà de la définition d'une approche stratégique et politique commune des EDT, l'OTAN cherche à s'engager directement avec les secteurs privé et académique, acteurs dominants de l'innovation militaire. Lors du sommet de Bruxelles de 2021, les Alliés ont lancé deux initiatives pour créer un écosystème d'innovation dédié aux EDT : l'accélérateur d'innovation de défense pour l'Atlantique Nord (*Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic – DIANA*) et le fonds d'innovation. Le modèle de ces deux initiatives vise à prendre en compte les enjeux liés aux EDT définis dans le premier point (accélération exponentielle de l'innovation, rôle des start ups) et à mettre en œuvre l'approche triple hélice. Ces initiatives s'inspirent du modèle américain de la *Defense Advanced Research Projects Agency*, qui a prouvé son efficacité depuis sa création en 1958. C'est un modèle flexible, peu bureaucratique et porté sur la prise de risque.

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

L'objectif de l'initiative DIANA est de faciliter la coopération entre Alliés dans le développement de solutions technologiques qui répondent à leurs objectifs de défense. DIANA va lancer des programmes Défis et innovation communs destinés aux entreprises développant des technologies à double usage. Chaque programme sera basé sur l'identification d'un défi critique pour la défense et visera à mettre en concurrence des entreprises de pointe et à les encourager à développer les solutions technologiques les plus innovantes pour répondre au défi en question. Les entreprises sélectionnées dans le cadre de l'initiative DIANA auront accès à un réseau d'accélérateurs et de centres de test mis à disposition par les Alliés et recevront des financements non dilutifs (financements qui ne requièrent pas d'ouvrir le capital de l'entreprise). Ce réseau comprend actuellement 9 accélérateurs et 63 centres de test répartis en Europe et couvrant le *big data*, l'intelligence artificielle, les systèmes autonomes, la biotechnologie, les nanotechnologies, l'aérospatiale, la technologie quantique, les nouveaux matériaux. Les entreprises auront également accès à un réseau d'investisseurs fiables pour des financements complémentaires, des programmes de mentorat, des opportunités pour tester leur technologie duale et la possibilité d'obtenir des contrats de développement et d'adoption avec les Alliés. Les entreprises qui développent des technologies à double usage mais qui n'ont pas les capacités d'intégrer les programmes d'acquisition de défense des Alliés vont être soutenues pour accéder plus facilement à ces marchés spécifiques. DIANA va donc profiter principalement aux petites et moyennes entreprises qui développent des technologies à double usage.

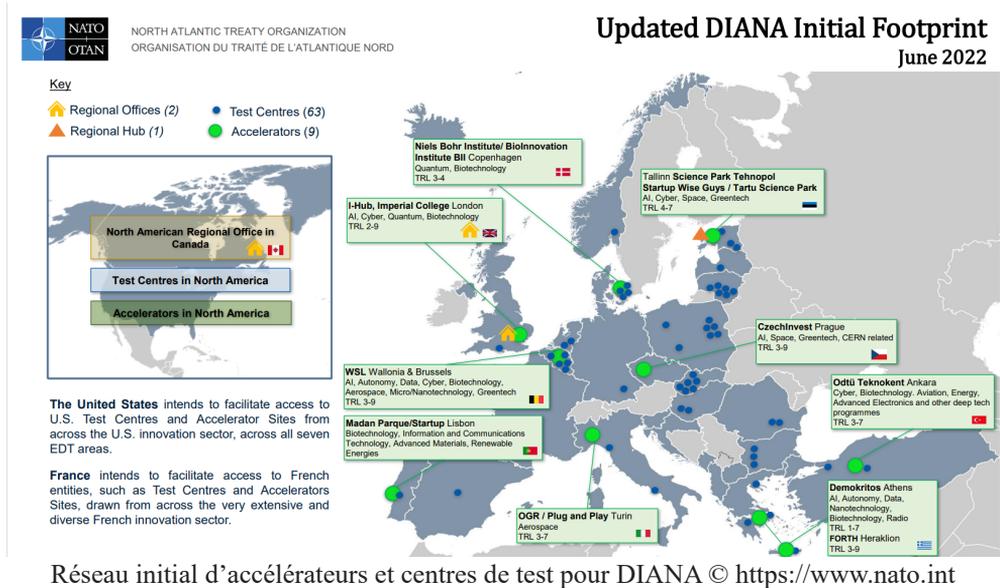
Lors du sommet de Madrid en juin 2022, vingt-deux Alliés dont la Belgique ont annoncé leur participation au fonds d'innovation OTAN<sup>2</sup>. Ce fonds de capital-risque « multi-souverain » doté d'un montant d'un milliard d'euros va investir à partir de 2023 dans des start-ups qui mettent au point des technologies à double usage prometteuses en matière de défense et de sécurité. Le fonds aura aussi une activité *fund of funds* et pourra donc investir dans d'autres fonds spécialisés dans l'innovation de défense. Les investissements devront être alignés sur les trois objectifs du fonds : recherche de solutions technologiques aux défis auxquels l'Alliance est confrontée, renforcement des écosystèmes d'innovation *deep tech* chez les Alliés, soutien au succès commercial des start-ups sélectionnées. Comme indiqué au point précédent, beaucoup de ces start-ups ne parviennent pas à attirer des investissements car leurs

---

<sup>2</sup> Les vingt-deux Alliés participants sont les suivants : Belgique, Bulgarie, République tchèque, Danemark, Estonie, Allemagne, Grèce, Hongrie, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Pays-Bas, Norvège, Pologne, Portugal, Roumanie, Slovaquie, Espagne, Turquie, Royaume-Uni.

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

recherches sont lentes, coûteuses et sans résultat garanti. Pour résoudre ce problème, le fonds jouera un rôle d'investisseur patient et fera des investissements à long terme sur 15 ans. En conclusion, il s'agira d'investissements risqués qui n'offrent pas nécessairement de gains rapides mais qui vont potentiellement révolutionner le secteur de la défense.



## Quelles implications pour la Défense belge ?

La Belgique jouit d'une solide réputation en matière d'innovation, principalement en raison de la qualité de son enseignement et de ses centres de recherche, de la disponibilité de ses travailleurs hautement qualifiés et de ses nombreux incitants fiscaux. Selon le tableau de bord européen de l'innovation de 2021, la Belgique complète le top 4 des pays les plus innovants au sein de l'UE. La sélection de l'accélérateur WSL et de cinq centres de test belges dans le cadre du projet DIANA démontre l'excellence de nos institutions scientifiques, faisant de la Belgique un des premiers pays contributeurs de cette initiative OTAN. D'autre part, l'approche triple hélice n'est pas inconnue de la Défense. La *Defence, Industry and Research Strategy* mettra en œuvre cette approche pour favoriser le développement d'une

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

industrie technologique compétitive dans le domaine de la défense et la sécurité. Ce tableau est plutôt flatteur, mais des améliorations sont toujours possibles afin de profiter pleinement de l'initiative DIANA et de faciliter la coopération triple hélice en Belgique entre la Défense, le secteur civil et le monde académique. Trois propositions sont développées ci-dessous, à titre informatif.

Une première étape serait d'effectuer une cartographie de l'industrie belge de défense qui recense les acteurs traditionnels, mais aussi les start-ups et les entreprises technologiques impliquées dans l'innovation à double usage. Cette première étape est primordiale afin de repérer et de contacter les entreprises susceptibles d'entrer dans un des programmes Défis et innovation de l'initiative DIANA ou qualifiées pour recevoir un investissement du fonds d'innovation OTAN.

La deuxième étape passerait par la création d'une plateforme de coordination qui regroupe les acteurs belges de l'innovation. Les marchés publics internationaux, au niveau OTAN ou UE, sont encadrés par des mécanismes financiers et juridiques complexes qui dissuadent les petites entreprises. Via cette plateforme, les start-ups pourront être informées sur les initiatives nationales et internationales, comme DIANA, et être accompagnées dans les processus de sélection. Au-delà de ce cadre institutionnel, un dialogue direct entre l'opérateur final, la Défense, et les entreprises est aussi pertinent. Grâce à ce dialogue, la Défense pourra apprendre comment adapter ses modèles d'acquisition et convaincre les start-ups de développer et de tester de nouvelles capacités directement avec les militaires. Ce dialogue sera aussi l'occasion de sensibiliser les start-ups, parfois très éloignées des préoccupations géopolitiques des États, sur les implications de la compétition technologique en cours.

Dans une troisième étape, un cadre éthique sur l'usage militaire de ces nouvelles technologies pourrait être développé. Il s'agit ici d'un travail en continu, afin de rester en cohérence avec le droit international applicable. Comme indiqué au premier point, cette étape est indispensable pour créer un climat de confiance avec le secteur académique et les start-ups.

En conclusion, l'approche triple hélice sera décisive pour s'assurer la maîtrise des prochaines révolutions technologiques dans le domaine militaire. La Défense belge doit pouvoir adopter les EDT suffisamment rapidement pour maintenir un arsenal moderne et interopérable avec ses partenaires et Alliés. Il faut ajouter

*Technologies émergentes et de rupture*  
*Quelle approche pour ne pas rater la prochaine révolution technologique ?*

que le développement des EDT offrira potentiellement d'importantes retombées économiques pour la Belgique car l'innovation, via les PME notamment, est devenue un levier fondamental de sa croissance économique. À cet égard, les initiatives OTAN offrent des pistes intéressantes qui peuvent aussi être appliquées au niveau national pour favoriser la coopération triple hélice.

**Mots-clés : OTAN, NATO, technologie, DIANA**