



Le jumeau numérique au service de la Défense : mythe ou réalité ?



© BAE Systems

Axel Trinquier
Association Werra
Juin 2021



Axel Trinquier est diplômé du parcours en sécurité, défense et gestion de crise de l'Institut de Relations Internationales et Stratégiques Supérieur (IRIS Sup') et s'oriente désormais vers un master en Intelligence économique au sein de l'École Européenne d'Intelligence Économique. Animé d'un goût certain pour l'écriture, il a régulièrement apporté sa contribution au site d'actualité *Meta-defense.fr* sur des questions afférentes à La défense européenne. Passionné d'aérospatiale et de nouvelles technologies, Axel a effectué un premier mémoire d'étude sur le Système de Combat Aérien Futur (SCAF) et l'article qu'il vous propose aujourd'hui s'inscrit dans le cadre de ses derniers travaux portant sur le concept du Jumeau numérique appliqué à l'écosystème de défense.

Les propos exprimés par l'auteur n'engagent que sa responsabilité

© Tous droits réservés, Paris, Association Werra, Juin 2021



INTRODUCTION

Au fil des ans, les coûts et délais de conception et de développement des programmes d'armement de défense ont significativement augmenté, ces derniers prenant parfois des décennies à se concrétiser. En conséquence, sont apparus ce que certains ont parfois qualifié de « cycles d'acquisition non durables »¹, aussi bien sur le plan financier, que temporel mais surtout stratégique. La conduite de ce processus d'acquisition consiste en la fourniture aux armées de systèmes d'armes dont elles ont besoin en quantité appropriée au regard de leurs missions. Ce processus recouvre donc des enjeux à la fois politiques, de souveraineté et d'autonomie stratégique liés à l'indépendance et à la sécurisation des approvisionnements pour les forces armées.

À l'heure où la République populaire de Chine démontre chaque jour un peu plus l'incroyable dynamisme de son complexe militaro-industriel, ainsi que son avance technologique et opérationnelle dans certains domaines – à l'instar de la défense anti-aérienne et anti-missile, des drones de combat et des armes balistiques – le scénario d'une Chine parvenant à innover en matière d'armement et à conquérir de nouveaux marchés d'exportation est crédible : elle mène aujourd'hui ses propres programmes pour tous les grands systèmes d'armes et sa courbe semble exponentielle.

Sans être exhaustive, la liste des systèmes d'armes de manufacture locale est déjà impressionnante et indique un saut qualitatif de l'Armée Populaire de Chine (APL). Bien qu'il existe aux États-Unis et en Europe une tendance à minimiser les progrès de la Chine – l'argument récurrent étant qu'elle n'a jamais démontré dans des conflits armés le niveau de ses équipements – force est de constater que l'effort de défense chinois a déjà des effets politiques, notamment à Taïwan et en mer de Chine du Sud.

Ainsi, face aux succès grandissant de l'industrie d'armement chinoise dont découlent logiquement un rattrapage comparatif sur l'avantage technologique et industriel des bases industrielles et technologiques de défense (BITD) occidentales, une nouvelle approche en matière d'ingénierie, à savoir le concept de « jumeau numérique » (*digital twin*), permettrait d'accélérer considérablement le processus de développement d'un système de défense.

¹ Roper, Will. *Take the Red Pill : The New Digital Acquisition Reality*, USAF, 15 septembre 2020, (en ligne), consulté le 27 avril 2021. https://www.af.mil/Portals/1/documents/7/Take_the_Red_Pill-Digital_Acquisition.pdf



Ce concept serait déjà fortement utilisé outre-atlantique dans des programmes stratégiques – à l’instar du *New Generation Air Dominance* (NGAD) de l’US Air Force (USAF) – et impliquerait systématiquement l’existence du double numérique d’un objet physique, véritable simulateur virtuel qui permettrait, depuis la conception à la construction jusqu’à l’exploitation en passant par la maintenance, d’émuler et de tester presque indéfiniment les performances et caractéristiques du système développé. À grands traits, en couplant une logique de simulation et l’ensemble des données utiles à la conception et à la production, il serait possible de développer un nouvel objet en peu de temps, à moindre coût et en éludant la phase de prototypage. Cette nouvelle approche apporterait également des solutions organisationnelles innovantes dans l’exploitation des systèmes, notamment dans leur maintien en condition opérationnelle (MCO) et améliorant *in fine* leur disponibilité sur le terrain.

Aux États-Unis, cette nouvelle approche ferait partie d’un large effort pour briser la voie traditionnelle de développement et de fournitures des systèmes de défense, avec pour finalité première de demeurer compétitif dans une ère où la Chine, et dans une moindre mesure la Russie, démontrent des capacités concurrentielles importantes. L’idée que l’on puisse concevoir, construire et tester dans un univers digital, avec un degré de fidélité assez bon pour prototyper un aéronef à taille réelle matchant les données physiques et recommencer rapidement pour réitérer le processus si besoin, serait annonciateur d’une véritable disruption pour les industriels de l’armement et plus globalement, pour l’écosystème de défense dans son ensemble.

Il n’est pas question de se demander si l’industrie de défense rejoindra un jour cette révolution digitale. Elle s’y trouve déjà. La véritable question c’est : quand ? À quel degré ? Comment et pour quel bénéfice ? Même si ce n’est pas exactement quelque chose de totalement nouveau, le fait que l’USAF – et dans une moindre mesure les industriels britanniques du programme Tempest à l’instar de BAE Systems – en fasse une si grande affaire et la définisse activement comme sa stratégie de développement et d’acquisition pourrait potentiellement amener à une mise en œuvre de cette approche avec succès.

Toutefois, et bien qu’elle soit déjà déployée par des industriels français, tel que Dassault Aviation pour le maintien en condition opérationnelle des Rafale (RAVEL) ou bien encore Naval Group pour simuler le fonctionnement de la chaîne propulsive du sous-marin nucléaire d’attaque (SNA) Barracuda, la supposée palette de bénéfices et d’atouts sous-tendus par ce concept génère autant d’engouement que de scepticisme – à l’instar de celui exprimé par le Délégué général pour l’armement Joël Barre en réponse à une question posée sur l’emploi du



jumeau numérique dans le cadre du programme SCAF lors de sa dernière audition au Sénat² – et dont il conviendra d’en explorer les tenants et les aboutissants.

² COMMISSION DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES, DE La Défense ET DES FORCES ARMÉES. *Compte rendus de la Commission des affaires étrangères, de La Défense et des forces armées* en date du 21 octobre 2020, Sénat, consulté sur <http://www.senat.fr/compte-rendu-commissions/20201019/etr.html#toc3>



Aux fondements du jumeau numérique : un concept holistique aux contours flottants

Bien que l'engouement ambiant à son endroit soit relativement récent, le concept du jumeau numérique n'est pas nouveau : la NASA a été la première à l'expérimenter et l'utilise depuis des décennies pour suivre ses missions spatiales, les diagnostiquer et corriger à distance les défauts des systèmes embarqués³.

Par la suite, le Dr. Michael Grieves, professeur au département des systèmes en ingénierie du Florida Institute of Technology, a introduit le terme de « *digital twin* » lors d'une présentation face à des industriels sur la création d'un centre dédié à la gestion du cycle de vie des produits (*Product Life Management* ou PLM) pour qualifier le double numérique d'un matériel physique et les connexions entre ces deux parties⁴. Contenant ainsi toutes les informations et propriétés physiques de l'objet réel, ce double numérique peut être soumis aux mêmes tests que sa version matérielle. Le jumeau numérique établit une passerelle entre objet physique et objet numérique. Il est né de l'idée qu'il est possible de créer une expression numérique des informations d'un système physique.

Une première définition est donnée en 2010 par la NASA, cette dernière percevant le jumeau comme « *une simulation intégrée multi-physique multi-échelle d'un véhicule ou d'un système qui utilise les meilleurs modèles physiques, données de capteurs et historiques de la flotte pour être un miroir de la vie du jumeau volant lui correspondant* » (Shafto, 2010). En 2011, un article commun entre la NASA et l'US Air Force (USAF) le déclare comme technologie clé⁵.

Initialement axé sur les domaines de l'aéronautique et du spatial, on constate un début de foisonnement scientifique et les publications se multiplient dans d'autres domaines. En parallèle, émerge toute une série de technologies clés – *Internet of Things* (IoT), intelligence

³ Lors de la mission *Apollo 13*, l'explosion d'un réservoir d'oxygène met hors d'usage le module de service qui fournit l'énergie, l'eau, l'oxygène et le système propulsif. Les ingénieurs de la NASA ont utilisé une réplique matérielle, restée au sol pour servir à l'entraînement, comme miroir des conditions opérationnelles du véhicule spatial afin de tester des scénarios avant de les proposer à l'équipage.

⁴ Julien, Nathalie et Éric Martin. *Le Jumeau Numérique - De l'intelligence Artificielle à l'industrie Agile : De l'intelligence Artificielle à l'industrie Agile (Hors Collection)*. DUNOD, 2020.

⁵ Glaesgen, E. H. And Stargel, D. S. *The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles*, NASA Langley Research Center, Air Office of Scientific Research, 2011. (PDF)



artificielle (IA), *Cloud computing* ou bien encore *Big Data* – sur lesquelles repose la concrétisation du concept du jumeau numérique, rendant ainsi son implémentation possible. Rapidement, il s'étend au domaine industriel avec l'apparition du concept « industrie 4.0 » en 2011 : le jumeau initialement cantonné à la simulation, s'ouvre à l'optimisation, la prédiction et l'évolution en temps réel. La même année, l'Air Force Research Laboratory (AFRL) élargit le concept à une architecture intégrée pour l'aide à la décision⁶.

En 2014, le Dr Michael Grieves publie un livre blanc approfondissant le concept du jumeau numérique comme un « modèle virtuel dynamique »⁷ et l'ouvre à divers secteurs d'activités (automobile, pétrole, santé, etc.). En 2018, le cabinet américain Gartner classe le jumeau numérique parmi les 10 technologies les plus prometteuses pour la décennie à venir⁸.

Depuis lors, de nombreux organismes se sont emparés du concept et les publications scientifiques prolifèrent : on assiste à un emballement dans tous les domaines d'activités. Et pourtant, bien que les technologies afférentes au concept soient assez matures pour le transformer en réalité, le terme de « jumeau numérique » est loin d'être clair et de faire l'unanimité tant les problématiques qu'ils recouvrent sont multiples et complexes. Chacun y va de sa propre définition et de ses propres contours, souvent restreints au domaine d'applications qui les concernent. Il n'est dès lors pas surprenant de constater qu'il existe autant d'approches et de visions différentes du jumeau numérique qu'il n'existe d'industriels, TPE/PME ou bien encore startups.

Nous sommes véritablement en présence d'un objet fluctuant, dont l'horizon ne cesse de s'élargir à une vision plus complexe pour des applications toujours plus variées. C'est dire les potentialités sous-tendues pour un secteur de la défense constamment en quête des dernières avancées technologiques pour répondre à des champs d'applications et des besoins opérationnels constamment renouvelés.

⁶ Tuegel, Eric. *The Airframe Digital Twin : Some Challenges to Realization*, Air Force Research Laboratory, April 2012. (PDF)

⁷ Grieves, Michael, *Digital Twin : Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*, Florida Institute of Technology, March 2015, (en ligne), consulté le 27 avril 2021. https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication

⁸ Gartner. « Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2019 », *Gartner*, 15 octobre 2018, (en ligne), consulté le 3 mars 2021. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2019/>



Le jumeau numérique appliqué à l'industrie de la défense : de quoi parle-t-on ?

Le concept du jumeau numérique est devenu un mot « *trendy* » que certains n'hésitent pas à qualifier de « *buzz word* »⁹. En ce sens, l'on peut être tenté de n'y voir qu'une simple mode tant les contours de ce concept demeurent flous et sujets à interprétation : on dénombre plus d'une centaine d'articles de recherche proposant chacun une nouvelle définition du terme « *digital twin* ».

Cette confusion des premiers pas ne doit pas cacher les énormes enjeux, à la fois économiques, techniques mais aussi humains, que recouvre le concept du jumeau numérique pour le domaine industriel¹⁰ : il est l'un des piliers de ce que l'on nomme aujourd'hui « l'industrie 4.0 », un concept qui se développe rapidement depuis près de 7 ans et qui structure, en partie, la politique industrielle menée par de nombreux pays.

À grands traits, La 4^e révolution industrielle, qui serait en cours, constitue un déterminant majeur de la transition numérique que vit actuellement notre société. Elle sous-tend une interconnexion des moyens de production et le développement de l'intelligence artificielle. Nombreux sont ceux à y voir une opportunité de redevenir compétitif et de recréer des emplois : les pays industriels ne s'y sont pas trompés et ont tous déclinés leur propre stratégie de renouveau industriel, suivi de près par les pays émergents.

À cet égard, l'industrie de défense, qui se démarque par son haut niveau de technicité et qui est constamment ouverte aux technologies nouvelles, s'est rapidement imprégnée de cette nouvelle approche, fruit d'une politique industrielle menée par de nombreux pays et qui influe directement sur la transformation numérique des BITD des pays développés et émergents. Celles-ci semblent tendre plus avant vers ce concept de jumeau numérique et n'ont, pour l'instant, découvert qu'une infime partie des applications potentielles. Outre le renforcement de la performance des systèmes produits, il permettrait également d'anticiper les étapes de leur cycle de vie, d'optimiser les performances des lignes de production ou de développer de la maintenance prédictive.

⁹ Ibid Julien et Martin.

¹⁰ Ibid Julien et Martin.



Le concept du jumeau numérique s’inscrit précisément dans ce cadre. Surtout présent en Allemagne, en Chine et aux États-Unis, il est encore mal connu en France. Et pourtant, la grande diversité de ses applications couplée à un contexte technologique et économique favorable à son épanouissement fait que le jumeau numérique est certes un concept en vogue, mais avant tout une idée qui s’instille progressivement mais sûrement chez les industriels, TPE/PME et startups de la BITD française. Correctement déployé, il permettrait l’avènement d’un cycle de développement – et donc d’acquisition pour les forces armées – beaucoup plus court, avec à la clé, une offre commerciale enrichie par les services créés par le déploiement d’un jumeau numérique.

Par ailleurs, il convient de souligner une dynamique propre à l’industrie de défense, et plus spécifiquement aux programmes d’armement majeurs qui ont émaillé son histoire depuis 30/40 ans. Les systèmes conçus, puis déployés dans les forces armées, qu’ils touchent aux domaines aérien, terrestre, naval ou bien encore spatial, ont considérablement gagné en complexité, allongeant de fait la longueur de leur cycle de développement respectif.

À cela vient s’ajouter un phénomène inhérent au premier : l’accélération des progrès technologiques ces dernières années. Couplé à l’allongement du cycle de développement, l’utilisateur final – les armées donc – demande de nouveaux systèmes en plus de l’ensemble initial de spécifications, ce qui entraîne des retards. Inévitablement, les cycles de développements longs, couplé aux retards, conduisent à des dépassements coûteux.

Malgré cette réalité, parce que ces projets sont prioritaires – et que d’importantes sommes ont été dépensées – ils deviennent irrémédiablement « *too big too fail* », aggravant de fait le dépassement des coûts initiaux. C’est le cas classique du serpent qui se mord la queue : les dépassements augmentent les enjeux du projet et, à leur tour, conduisent à des spécifications encore plus exotiques pour justifier les coûts et les retards. Tout ceci ayant par la suite des répercussions directes sur l’utilisateur final, celui-ci devant alors répartir les coûts sur un plus grand nombre de systèmes tout en les maintenant en service pendant une période plus longue pour contenir des coûts de développement à un niveau justifiable. Cependant, la mise en service d’un grand nombre d’appareils, qui plus est embarquant des sous-systèmes extrêmement complexes et donc coûteux, n’est pas à la portée de toutes les armées, même les plus capables, technologiquement et financièrement parlant.

Compte tenu de cette réalité, divers outils et concepts de rationalisation et d’optimisation des coûts, cherchant à maintenir parallèlement ce haut niveau de technicité, sont actuellement



pensés, élaborés, développés et expérimentés, au premier chef desquels des concepts d'ingénierie numérique dont le jumeau numérique fait pleinement partie. Semblant paré aujourd'hui de toutes les vertus – à tort ou à raison – le jumeau numérique permettrait de concevoir et développer des systèmes complexes en réduisant significativement les délais et en permettant d'assurer une maîtrise des coûts. Outre cette phase clé de la conception, son emploi trouve des applications novatrices dans la production mais aussi dans la phase d'exploitation et de maintenance des systèmes militaires.

Ainsi, dans un monde où nos adversaires redoublent constamment d'ingéniosité et de pragmatisme pour marquer plus avant leur prévalence technologique et opérationnelle, il s'agit vraisemblablement d'être en mesure de répondre aux défis qui nous sont aujourd'hui imposés en matière de technologie de défense, mais également en termes de format des armées. La capacité à concevoir, développer, produire et déployer dans un temps technologiquement et opérationnellement viable pour maintenir – si ce n'est accroître – l'efficacité de notre outil militaire, ne peut reposer sur des méthodes de conception, de production et de maintenance conventionnelles. En ce sens, le jumeau numérique, et de façon plus globale, l'ingénierie numérique, semble apporter des perspectives novatrices, si ce n'est révolutionnaires.

Un objet de curiosité croissante dans l'industrie de la défense pour des potentialités commerciales attrayantes

De plus en plus nombreux sont les industriels et entrepreneurs de la défense qui se lancent dans l'aventure du jumeau numérique. Les potentialités sont énormes et couvrent toutes les phases du cycle de vie d'un système. Le jumeau numérique doit accompagner le système dès le début de sa conception – parfois très en amont – en passant par toutes les études d'ingénierie et de développement système, jusqu'à l'industrialisation, la fabrication et enfin son suivi pendant sa vie opérationnelle jusqu'à son retrait. Le jumeau a vocation à être un double du produit pendant tout le cycle de vie. Cette notion de cycle de vie, de la totalité de la vie du produit est importante et séduit grandement les industriels¹¹.

¹¹ Entretien avec un ancien haut-cadre de chez Naval Group, 31 mars 2021.



Ainsi, il n'est pas surprenant de voir émerger une myriade de nouveaux programmes de défense intégrant en leur sein un volet jumeau numérique. Dans les pays anglo-saxons, ils sont légion et concernent, à titre d'exemples : les programmes de chasseurs de combat de 6^e génération britannique (*Tempest*)¹² et américain (*New Generation Air Dominance*)¹³ ; le nouveau chasseur d'entraînement eT-7A « Red Hawk » de Boeing et Saab¹⁴ ; le programme expérimental de maintenance des bâtiments de l'US Navy ; ou bien encore le satellite américain GPS IIR¹⁵ de Lockheed Martin. En France, le concept est également dans les esprits, dans une moindre mesure, mais il est bien présent. Des acteurs de la BITD nationale sont déjà engagés – ou sont en train de le faire – dans cette nouvelle voie, à l'instar de Thales, Naval Group, Dassault Aviation, Nexter, Arqus ou bien encore Airbus.

Ces derniers ne s'y sont pas trompés et saisissent l'importance des facteurs de différenciation sous-tendus par le déploiement de jumeaux numériques dans leurs activités respectives. *In fine*, ce sont autant d'opportunités, de nouveaux services potentiels sous-tendus par leur emploi, qui viendraient enrichir l'offre commerciale de ces industriels à leurs clients. Il existe un intérêt commercial évident ainsi qu'un avantage concurrentiel non négligeable¹⁶. Outre la possibilité induite de réduire les temps de développement, de prototypage et d'essais, les prestations de services sont déjà nombreuses, du suivi en temps réel de l'état opérationnel d'une flotte de chasseurs de combat à la formation de soldats aux rudiments d'un nouveau blindé en passant par la détection de faille cyber dans les systèmes d'échange de données à bord d'un navire de combat.

Toutefois, l'arrivée de ce concept au sein de ces organisations sous-tend également des changements organisationnels, souvent profonds, et qui ne sont pas sans susciter autant d'engouement que de résistance au changement. C'est une histoire de personnes, d'attitudes, mais aussi et surtout, de conduite du changement¹⁷. Pour saisir et aborder les changements culturels induits, il faudra un exposé pragmatique sur le pourquoi, le quoi et le comment de

¹² Szondy David, « BAE Systems uses a digital twin in development of Tempest fighter jet », *New Atlas*, 24 août 2020, (en ligne), consulté le 25 mai 2021. <https://newatlas.com/military/bae-systems-digital-twin-tempest-fighter-jet/>

¹³ Tucker, Patrick. « The Virtual Tools That Built the Air Force's New Fighter Prototype », *Defense One*, 15 septembre 2020, (en ligne), consulté le 23 mai 2021. <https://www.defenseone.com/technology/2020/09/virtual-tools-built-air-forces-new-fighter-prototype/168505/>

¹⁴ Boeing. « Computer screen to first flight in three years », *Boeing*, 17 décembre 2020, (en ligne), consulté le 16 mars 2021. <https://www.boeing.com/features/innovation-quarterly/2020/12/t-7a-red-hawk-eseries-leader.page>

¹⁵ Cozzens, Tracy. « GPS satellite gets a digital twin to ensure cyber security », *GPS WORLD*, 18 mars 2020, (en ligne), consulté le 15 avril 2021. <https://www.gpsworld.com/gps-satellite-gets-a-digital-twin-to-ensure-cyber-security/>

¹⁶ Entretien avec un haut-cadre de Thales, 30 avril 2021.

¹⁷ Entretien avec un consultant senior en transformation numérique, CGI Consulting, 28 avril 2021.



l'ingénierie numérique, développé et livré avec impact, et soutenu par des analyses de cas d'utilisation et de rentabilité¹⁸.

Des applications pour maintenir la domination technique et la supériorité opérationnelle des forces armées

La première application, probablement la plus élémentaire et cohérente, consiste à déployer un système militaire rapidement au sein des forces armées et ainsi à augmenter la probabilité de le livrer en temps et en heure pour qu'il réponde aux besoins opérationnels exprimés au moment de son introduction¹⁹.

La seconde application couvre le champ du maintien en condition opérationnelle (MCO) des équipements. C'est un enjeu majeur mais surtout une préoccupation inhérente aux forces armées, constamment soucieuses de tenir l'ensemble de leurs contrats opérationnels. C'est véritablement sur la phase de maintenance que les plus grands gains permis par le déploiement d'un jumeau numérique sont attendus et les projets foisonnent dans tous les domaines : du bâtiment de guerre²⁰ au chasseur de combat en passant par le véhicule blindé et le système satellitaire²¹. Les jumeaux numériques peuvent constituer un levier majeur pour améliorer la disponibilité des équipements militaires, et *in fine*, la « *combat readiness* » des forces.

À grands traits, il s'agit de récupérer les données de maintenance des flottes, de les introduire dans le jumeau numérique de chaque système puis d'en faire l'analyse afin de réduire le temps d'intervention et de développer de la maintenance prédictive²². À titre d'exemple, ce

¹⁸ Chesebrough, Dave et Ed Kraft. « Aerospace and defense industry must join digital revolution ». *National Defense*, 30 mai 2018, (en ligne), consulté le 2 février 2021. www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/5/30/aerospace-defense-industry-must-join-digital-revolution.

¹⁹ Ibid Chesebrough et Kraft.

²⁰ Kanowitz, Stephanie. « How digital twin keep Navy ahead on ship maintenance », *Defense Systems*, 6 mai 2020, (en ligne), consulté le 16 avril 2021. <https://defensesystems.com/articles/2020/05/06/navy-digital-twin-ship-maintenance.aspx>

²¹ Waterman, Shaun. « Digital twinning takes flight ». *SIGNAL*, 1 juillet 2020, (en ligne), consulté le 13 mars 2021. www.afcea.org/content/digital-twinning-takes-flight.

²² Entretien avec un haut-cadre de Dassault Aviation, 25 avril 2021.



concept est actuellement au cœur du contrat de maintenance RAVEL (RAFale VERTicaLisé)²³ et semble assurer avec succès²⁴ le MCO des équipements des 152 Rafale de l'Armée de l'air et de la Marine nationale.

Enfin, parmi les autres applications envisagées, on peut évoquer l'aide à l'optimisation d'une mission – avec par exemple le calcul d'un itinéraire maritime en fonction de l'état de la mer – ou d'un navire (réduction de l'usure des équipements embarqués). Le jumeau pourrait également être utilisé en situation de crise, dans une situation de combat réel, pour gérer les dommages, les évaluer et indiquer au commandant l'état de son navire et sa capacité à poursuivre – ou non – sa mission²⁵. Il pourrait aussi constituer un outil de formation et d'entraînement pour les forces mais aussi de commandement opérationnel. Pour le premier cas d'usage, c'est aujourd'hui un besoin exprimé par la Marine nationale qui souhaite avoir un jumeau numérique embarqué à bord de ses navires afin de disposer de moyens d'entraînements de ses équipages qu'elle n'a pas, ou pas en nombre suffisant. Pour le second cas d'usage évoqué, la PME toulousaine Virtual-IT a développé des modèles numériques des Ferry français pour les Commandos marines de Lorient. Il s'agit de leur permettre d'améliorer leurs interventions dans des conditions critiques et ainsi optimiser leur prise de décision²⁶.

Les cas d'usages sont nombreux et il est fort probable que son champ d'application dans le domaine de la défense s'étende encore dans les prochaines années. Pour suivre le rythme imposé par la menace et le besoin opérationnel qui en découle, le jumeau numérique a probablement un rôle à jouer et constitue une opportunité de faire les choses différemment²⁷. Reste à déterminer dans quelle mesure et à quel degré il pourra, à terme, influencer sur le caractère opérationnel des forces armées.

²³ Signé en 2019 entre Dassault Aviation et la Direction de la maintenance aéronautique du ministère des Armées, pour une durée de 10 ans.

²⁴ Boquet, Justine. « Rafale : le programme Ravel porte ses fruits ». *Air et Cosmos*, 11 mars 2021, www.air-cosmos.com/article/rafale-le-programme-ravel-porte-ses-fruits-24374.

²⁵ Entretien avec un haut-cadre de Naval Group, 16 mars 2021.

²⁶ Bambaron, Elsa. « Virtual IT, créateur de jumeaux numériques pour l'industrie », *Le Figaro*, 7 janvier 2020, (en ligne), consulté le 25 avril 2021. <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/virtual-it-createur-de-jumeaux-numeriques-pour-l-industrie-20200107>

²⁷ Torchinsky, Jason, « The Pentagon's concurrency myth is now available in supercarrier size », *Jalopnik*, 17 juin 2015, (en ligne), consulté le 17 mars 2021. <https://jalopnik.com/the-pentagons-concurrency-myth-is-now-available-in-supe-1689810660>



Conclusion

L'emploi du concept de jumeau numérique dans le cadre précis de l'industrie de défense revêt indéniablement des enjeux de compétitivité technologique, commerciale mais aussi stratégique, et il pourrait, à terme, générer d'importants gains opérationnels pour les forces armées. Pour continuer à préserver la supériorité technologique occidentale, il est nécessaire de concevoir des systèmes de plus en plus complexes et pour garantir la maîtrise de cette complexité, il est indispensable de recourir à des moyens numériques poussés comme le jumeau numérique. C'est une voie mais ce n'est pas la seule.

Il n'est à cet égard pas surprenant de constater un intérêt croissant des industriels et des institutionnels français - au premier chef desquels la Direction générale de l'armement (DGA) - pour ce sujet. Certains ont le sentiment qu'il y a un « wagon à attraper »²⁸, avec cette nécessité au fond, de demeurer compétitif dans une ère où la concurrence des BITD émergentes sur les segments défense s'est considérablement intensifiée ces dernières années.

L'idée que l'on puisse concevoir, tester, produire, exploiter, maintenir ou bien encore démanteler en un temps record des systèmes aussi complexes que des chasseurs de combats ou bien encore des bâtiments de guerre pourraient bouleverser la voie traditionnelle d'acquisition des systèmes de défense aux seins des armées. Des applications sont envisagées dans tous les domaines et dans tous les espaces, qu'ils relèvent de l'aéronautique, du spatial, du naval, du terrestre ou bien encore du cyber. Le jumeau numérique se pense comme un concept transverse, à même de décloisonner les métiers et les compétences au sein d'organisations complexes. Cette perspective demeure novatrice au sein d'un secteur où le silotage et la confidentialité sont des éléments structurels prégnants.

Néanmoins, il convient de souligner que le jumeau numérique complet d'un système n'existe pas encore et le flou demeure volontairement entretenu par les industriels pour capter des budgets. Il relève, pour l'instant, de la science-fiction. Avant de parvenir à cet idéal, il s'agira de lever une série de limites avant tout humaines, organisationnelles et « *business* ». Les technologies existent bel et bien mais le frein demeure avant tout humain : une véritable conduite du changement se devra d'être menée dans les organisations mais aussi et avant tout dans les esprits avant que le jumeau numérique ne devienne une réalité probante au service de la défense.

²⁸ Entretien avec un consultant senior en transformation numérique, CGI Consulting, 28 avril 2021.