

Essaim de véhicules aériens sans pilote non réutilisables en tant que capacité de combat

par Gary Martinic

Gary Martinic occupe le poste de chef d'équipe des services de soutien technique à l'université Western Sydney. En outre, il assume le rôle de Flight Lieutenant (AAFC) au quartier général de la 3^e Escadre, Australian Air Force Cadets (AAFC), situé aux casernes Lidcombe. Démontrant un intérêt de longue date quant à l'aviation et à l'histoire militaires, il a consacré énormément de son temps à la supervision, à l'instruction et au mentorat de cadets de la Force aérienne. En outre, il s'intéresse vivement au domaine des systèmes d'armement aériens, terrestres et maritimes sans pilote. Il a rédigé nombre d'articles pour des journaux et périodiques nationaux et internationaux sur la défense.

Introduction

Les véhicules aériens sans pilote (UAV) sont utilisés dans le cadre de missions de renseignement, de surveillance et de reconnaissance (RSR) depuis plus d'un siècle et, depuis plus d'une décennie, en tant que plateformes d'armes légères dans le cadre de missions¹ de frappe², dans les théâtres de conflit modernes. Bien que la technologie robotique soit aujourd'hui relativement répandue, on poursuit les activités de recherche et développement (R & D) en vue d'exploiter des appareils de plus en plus petits en une seule unité, ou « essaim »³, et d'améliorer leurs capacités et leur efficacité en matière de ciblage d'adversaires. Cette évolution est mue principalement par les avantages tactiques que cette nouvelle technologie pourrait conférer. Par exemple, toute technologie militaire qui peut encaisser de multiples coups et demeurer fonctionnelle présente, dans l'optique du combat, un avantage considérable par rapport aux autres systèmes tels que des avions pilotés et même des avions autonomes sans pilote employés seuls, qu'on peut détruire au moyen d'un unique missile⁴. En outre, cette technologie présente trois champs d'application aux

forces militaires: l'attaque, la défense et des fonctions de soutien telles que le RSR⁵, sans compter qu'elle permet de réduire le risque de perte de vie humaine et d'équipement coûteux au combat⁶.

Deux grandes percées se démarquent de la fusion des UAV en essaims :

- la capacité des UAV de se rassembler en vue de former un essaim peu après leur lancement d'une catapulte pneumatique située sur un avion, un bâtiment ou un sous-marin;
- la réduction de leur coût, de sorte qu'ils soient « non réutilisables ».

Discussion

Lorsqu'Adolf Hitler a adopté des tactiques et des technologies avancées, comme des moyens de communication de pointe dans le cadre de ses opérations de guerre-éclair, ainsi que des armes améliorées, comme le chasseur à réaction Me-262, la bombe volante V1 et des missiles balistiques V2 déployés vers la fin de la Seconde Guerre mondiale, les forces alliées ne parvenaient pas à suivre le rythme de l'évolution technologique de la guerre. Ce retard les a poussés à modifier leur approche future au combat⁸. Au cours des 70 années qui ont suivi, les puissances militaires occidentales ont cherché à s'imposer comme chef de file dans les activités de R & D liées à l'aérospatiale et à l'armement. Par conséquent, les États-Unis et d'autres puissances occidentales ont veillé à conserver un avantage manifeste en matière de tactique et de technologie, étant souvent en avance d'au moins une génération sur leur temps par rapport à leurs adversaires potentiels. Pour ce faire, ils ont misé sur la *qualité* plutôt que sur la *quantité*, de façon à être en mesure de dissuader n'importe quel adversaire⁹

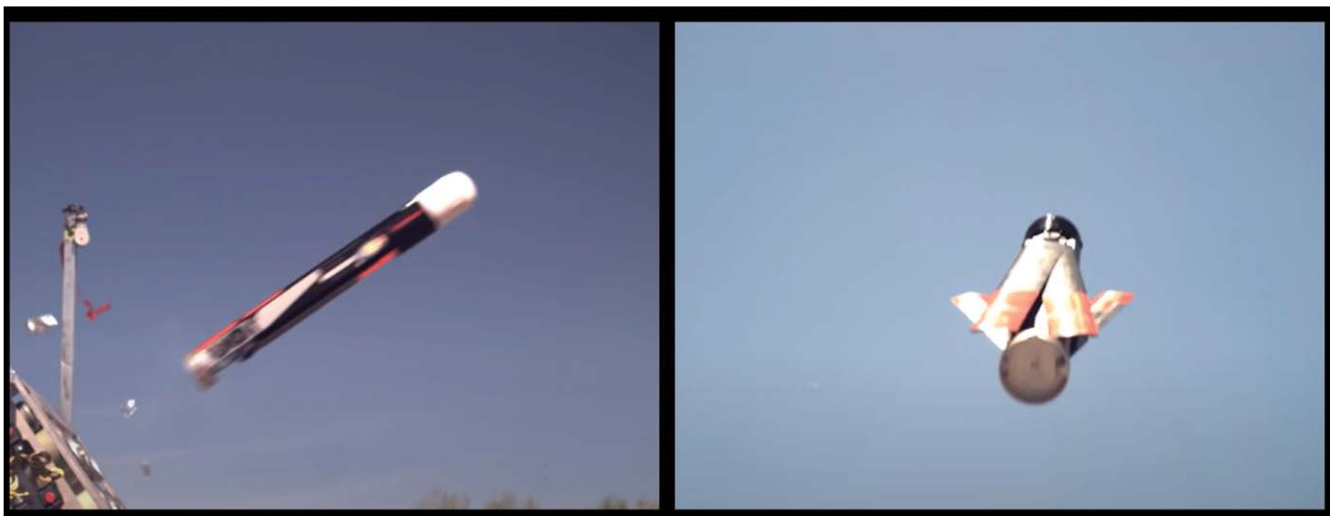
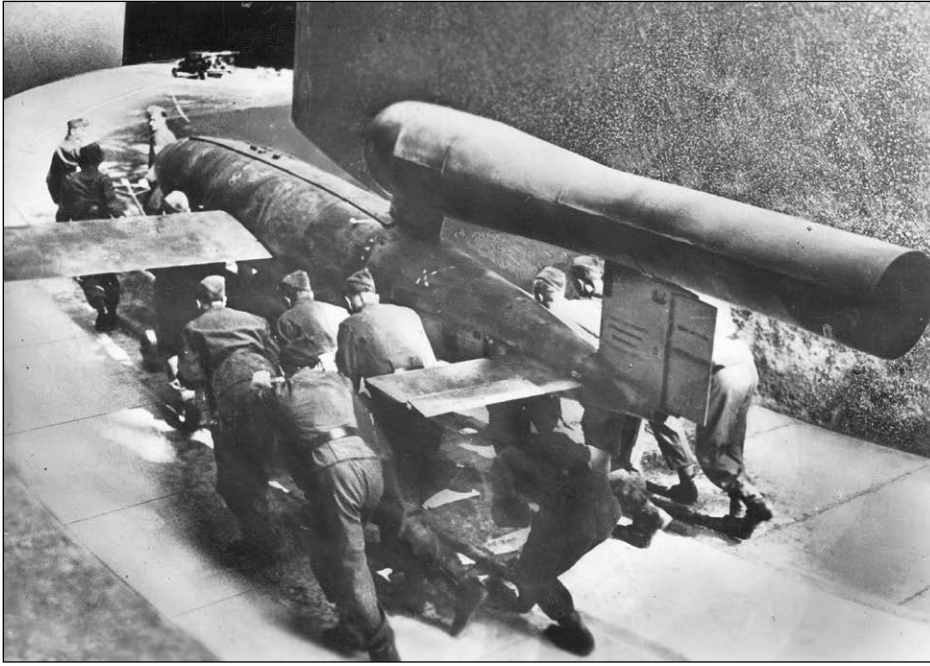


Figure 1 – Lancement par tube d'un petit UAV Coyote de Raytheon⁷



Missile allemand V1 avant son lancement.



Missile allemand V2 à bord d'un véhicule Mielier, vers 1943.

Aujourd'hui, cette course à la suprématie militaire englobe également les travaux de R & D relatifs aux systèmes d'armes sans pilote (UWS) pouvant être déployés en milieux aériens^{10,11,12}, terrestres^{13,14,15} et maritimes^{16,17,18}. En effet, les forces militaires les plus avancées du monde poursuivent sans relâche les travaux de développement des UWS en raison des avantages tactiques considérables qu'ils concèdent. Bien que la robotique ait connu d'importants progrès technologiques dans ces trois types d'environnement, celles-ci sont plus marquées dans le milieu aérien, où l'on retrouve les véhicules aériens de combat sans pilote (UCAV)¹⁹. Le prolongement logique de cette

parativement, par exemple, au Programme d'avions de combat interarmées F-35 dont le prix s'élève actuellement à environ 1,5 billion de dollars américains. Comme le coût de la plupart des missiles navals air-sol et antinavires peut atteindre un million de dollars chacun, on cherche à faire en sorte que le coût total d'un essaim d'UAV soit inférieur à celui de l'un de ces missiles. Raytheon a déjà atteint ce but avec son petit UAV à ailes repliables, le *Coyote* (voir les figures 1 et 2), dont le coût unitaire est d'environ 15 000 \$ US²⁵. L'entreprise s'efforce de réduire davantage ce coût afin qu'il atteigne de 5 000 \$ à 7 000 \$ US²⁶. Assurément, les UAV de toutes les classes sont désormais dotés de capacités offensives,

technologie consiste à l'appliquer aux essaims d'UAV où, comme dans la nature, un système est composé de nombreux agents individuels qui interagissent, non seulement les uns avec les autres mais aussi avec leur environnement. Ces agents suivent des règles simples, mais leurs interactions collectives peuvent mener à des comportements de groupe complexes et sophistiqués, notamment des comportements émergents et même un certain degré d'intelligence. Par exemple, un essaim peut demeurer en formation tout en changeant de cap à de multiples reprises²⁰. Pour ce faire, toutes les unités doivent présenter les mêmes caractéristiques physiques, la même programmation et les mêmes capteurs, permettant ainsi à chacune d'entre elles de communiquer les unes avec les autres. Il est à noter que les capteurs servent à dissimuler le comportement de l'essaim, fréquemment fondé sur des facteurs environnementaux externes²¹.

À l'heure actuelle, les UAV de taille moyenne sont plutôt conçus aux fins de RSR et de frappe légère dans un environnement incontesté ou relativement permissif. Toutefois, on a réalisé des progrès considérables dans l'élaboration de la prochaine génération d'UAV de plus petite taille pouvant former des essaims²² dans le but d'attaquer des cibles militaires particulières²³ ou être muni de capteurs intégrés servant à brouiller les communications ennemies. Autre avantage de cette capacité : l'ennemi gaspille ses ressources en attaquant les nombreux UAV²⁴. Cette génération est conçue selon une approche modulaire, adaptable et peu coûteuse, car leur charge utile détermine le type de mission qu'ils peuvent mener. Ces appareils s'avèrent une technologie militaire moins dispendieuse et globalement plus économique com-

Figure redessinée de Swarms of drones « will think for themselves » par Deborah Haynes.

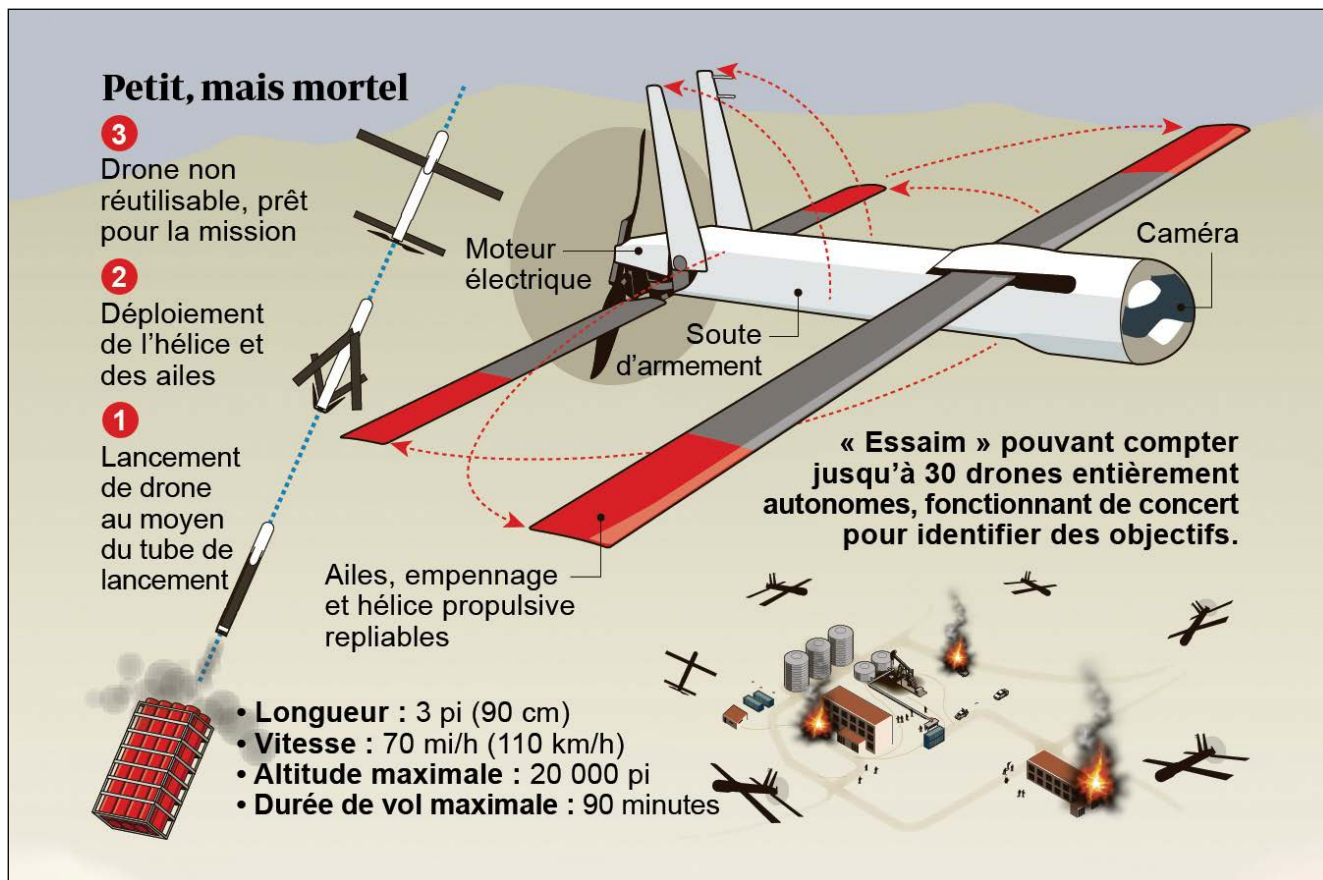
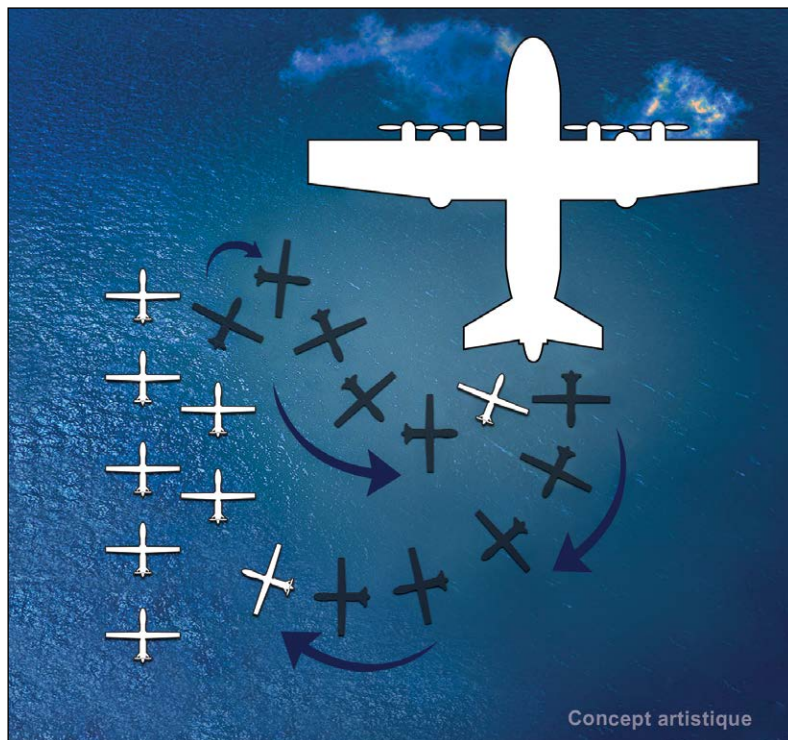


Figure 2 – Lancement par tube d'UAV armés peu coûteux et non réutilisables²⁸

grâce à l'intégration de munitions adaptées et sur mesure. Ils pourront jouer un rôle de plus en plus diversifié, à mesure qu'on améliore leurs capacités. Par exemple, la *Defence Advanced Research Projects Agency* (DARPA) mène actuellement des travaux sur le déploiement et la récupération d'UAV armés, que l'on peut également lancer depuis un « vaisseau mère », comme le présente la figure 3, et récupérer après la mission²⁷.

Une étape importante de l'avenir de la guerre aérienne a été franchie vers la fin 2016, lorsque la Navy des É.-U (USN) a réussi à fusionner environ 30 UAV *Coyote* pour survoler l'océan à l'unisson, en un seul essaim, à un emplacement non divulgué²⁹. Cette mission visait à démontrer la capacité d'autoconfiguration de l'essaim, c'est-à-dire qu'à la destruction d'un UAV, les autres unités pouvaient modifier leur comportement de façon autonome³⁰ et mener à bien la mission. De ce fait, un essaim de petits UAV dans lequel chaque appareil est conscient des mouvements et de la position des autres représente un progrès incroyable, ce qui signifie qu'un essaim sera beaucoup plus difficile à stopper.

Au cours de ces essais, les UAV ont prouvé leur capacité de se positionner de façon autonome,



Lancement d'UAV armés peu coûteux et non réutilisables lancés à partir d'un aéronef³¹.

Figure redessinée des Gremlins de la DARPA tirée de www.defensemilitary.com.



Le USS *Providence*, sous-marin d'attaque de classe Los Angeles, navigue sur le Thames, tandis qu'il quitte la base sous-marine New London pour une sortie régulièrement prévue.

de voler en formation sans être dirigé, ce qui, comparativement au télépilotage, représente un énorme bond en avant, car l'essai fait preuve d'un comportement collaboratif³². Les UAV *Coyote* sont de petits appareils électriques d'un mètre de long, lancés par tube. Conçu comme ressource non réutilisable employée aux fins de reconnaissance, cet UAV est équipé d'ailes repliables, ce qui permet de le lancer au moyen des tubes employés pour larguer des mines acoustiques à bord des aéronefs de lutte anti-sous-marine, ou au moyen d'un lanceur pneumatique installé sur un bâtiment de la USN. Le *Coyote* pèse environ 6 kilogrammes et ses ailes se déploient après le lancement. En outre, sa pile offre une autonomie de vol de 1,5 heure et permet la transmission de messages vidéo dans un rayon de 30 kilomètres³³. L'*Office of Naval Research* (ONR) des États-Unis a également utilisé cet UAV au cours d'un programme appelé « *Low-Cost UAV Swarming Technology* (LOCUST; technologie d'essaim d'UAV à faible coût), conçu pour démontrer la possibilité d'employer de petits UAV autonomes en essaim pour submerger un adversaire à un coût inférieur à celui des systèmes d'armes conventionnels.³⁴

Le fait le plus remarquable de l'essai LOCUST réalisé par l'ONR est qu'on soit parvenu à lancer 30 UAV en 40 secondes, avant que ces derniers se regroupent rapidement en essaim et volent en formation de façon autonome pour mener à bien la mission, communiquant par l'entremise d'un réseau de radiocommunication de

faible puissance pour échanger leur position et d'autres données³⁵. Comme ces appareils ne disposent que de 90 minutes d'autonomie de vol, la rapidité de lancement constitue un facteur crucial pour ces UAV à piles, afin de donner le meilleur rendement possible en fonction de la plateforme, de la charge utile et de la mission^{1,15}. Le mécanisme de l'essaim employé lors du programme LOCUST consistait en un lien « parent-enfant », où un UAV *dirige* alors que les autres *suivent*. Toutefois, il est possible de changer le « dirigeant » s'il est détruit en cours de mission¹. Il est intéressant de souligner qu'en utilisant certaines commandes électroniques, l'opérateur peut rediriger des UAV distincts afin qu'ils exécutent d'autres missions. En outre, l'essaim peut se diviser en groupes plus petits pour exécuter d'autres manœuvres, ou encore un seul UAV peut quitter la formation³⁶ en vue d'examiner la cible de plus près, puis réintégrer l'essaim afin de lancer une attaque³⁷. Ces scénarios confirment l'atteinte d'un degré important de maîtrise de la formation, et que l'on a procédé à la collecte d'autres données essentielles, notamment sur la capacité de l'essaim à voler en formation serrée, l'altitude de vol maximale de l'essaim et le type de manœuvre qu'il peut exécuter.³⁸

En octobre 2016, la USN a réussi le lancement d'un essaim de 103 drones miniatures depuis des chasseurs F/A-18, à un emplacement non divulgué³⁹. Au début de 2017, elle a effectué des essais semblables au polygone de tir d'armement aérien

de la base aéronavale de China Lake, en Californie⁴⁰. Dans le cadre de ces deux essais, les micro-UAV *Perdix* ont présenté des comportements d'essaim avancés, comme la prise de décision collective et le vol en formation adaptative. Ces micro-drones *Perdix* évoluant à basse altitude ne constituaient pas des unités individuelles synchronisées, programmées au préalable, mais plutôt un « organisme » collectif exploitant un même cerveau réparti entre eux et servant à la prise de décision ainsi que permettant à chaque unité de s'adapter les unes aux autres, comme dans les essaims qu'on retrouve dans la nature⁴¹. Puisque chacun de ces drones communique et collabore avec les autres appareils *Perdix*, cet essaim ne comporte aucune unité dirigeante et peut s'adapter aisément à l'arrivée ou au départ de drones⁴².

De fructueuses démonstrations antérieures comprennent d'une part le largage par éjecteurs de leurres d'un chasseur F-16 réalisé en 2014 par la *Air Force Test Pilot School* des États-Unis, à la base de l'aviation militaire Edwards⁴³. D'autre part, en décembre 2013, la USN a réussi le lancement vertical de petits drones équipés d'une voileure en X, depuis un tube de lancement de torpille d'un sous-marin américain submergé, nommé *USS Providence*⁴⁴.

Malgré le caractère impressionnant des démonstrations des ONR et d'autres organismes, il reste des obstacles à franchir avant que ces nouvelles capacités ne soient pleinement établies. En premier lieu, les technologies autonomes de détection et d'évitement dans les petits UAV en sont encore à leurs balbutiements, et il faut trouver des solutions à cet égard. Toutefois, à mesure que les processeurs de ces appareils gagnent en puissance et en fiabilité, cette question devrait être réglée grâce aux progrès technologiques réalisés en matière d'apprentissage en profondeur et de réseau neuronal⁴⁵. Il s'agit d'un élément important, car il ne suffit pas pour un essaim de voler au-dessus d'un plan d'eau; il doit également pouvoir survoler le relief et éviter de nombreux obstacles tels que des édifices, des lignes électriques et des arbres, sans compter les scénarios de combat terrestre où il doit potentiellement faire face aux armes ennemies⁴⁶.

Deuxièmement, il existe deux autres problèmes à accorder sa confiance aux systèmes entièrement autonomes, lesquels devraient être réglés à force d'essais réussis. Troisièmement, il faut aborder la question de l'autonomie de l'essaim limitée par la durée de vie des piles des unités qui le compose. Une solution potentielle consisterait à établir des stations de base, ou des « ruches », où chaque UAV peut retourner et recharger sa pile pendant que les autres poursuivent leur mission⁴⁷.

Finalement, les politiques de sécurité publique traitent majoritairement les aéronefs sans pilote comme s'ils étaient pilotés; ils font donc l'objet d'une réglementation rigoureuse s'ils présentent un danger pour la sécurité publique ou s'ils entrent dans l'espace aérien civil. Le problème ici est que les décideurs politiques seront plus vigilants lorsqu'il est question d'UAV entièrement autonomes plutôt que d'aéronefs télépilotes (ATP), car ces derniers demeurent préférables du point de vue de la sécurité de vol⁴⁸. À ce point-ci, il est important de relever les différences entre ces deux systèmes. Un ATP consiste en un type de système aérien sans pilote (anciennement « UAS »), qui n'est aucunement autonome, étant contrôlé directement par un pilote, quoiqu'à distance, à toutes les étapes du vol⁴⁹. Un essaim d'UAV est formé d'une volée ou d'un groupe de petits UAV qui peuvent *se déplacer et agir en groupe* en ne nécessitant que peu d'intervention humaine

(semi-autonome), voire aucune (autonome)⁵⁰. En outre, toujours aux fins de comparaison, les ATP disposent généralement d'une autonomie de vol (ou de vol d'attente) considérablement plus élevée, contrairement à celle des essaims d'UAV, qui ne dépasse pas 1,5 heure de vol (quoique les efforts de R & D se poursuivent afin d'augmenter cette durée). Finalement, les ATP devraient être considérés comme un système essentiel à la sécurité, car ils franchissent souvent les frontières de l'espace aérien civil. Certaines autorités estiment que les essaims d'UAV présentent des risques trop importants et recommandent qu'on tienne compte de ces derniers sans tarder, avant que le potentiel destructeur de ces appareils ne prenne toute son ampleur⁵¹. Les essaims d'UAV peuvent donc être considérés comme *essentiels à la sécurité* et *essentiels à la mission*, quoiqu'ils constituent d'abord un système essentiel à la mission (il s'agit d'armes, après tout). C'est pourquoi ils doivent seulement être déployés dans l'espace aérien civil dans le cadre d'une mission militaire autorisée⁵². L'ouvrage de M. G. Tutty et T. White analyse en profondeur le processus décisionnel futur de l'homme en ce qui a trait aux systèmes militaires complexes et essentiels à la sécurité. Il traite du changement probable des armes, de la guerre cybernétique et de l'intelligence artificielle (systèmes intelligents et autonomes) pour souligner le fait qu'il faut rigoureusement mettre à l'essai ces nouvelles capacités avant de les déployer. On s'assure ainsi qu'elles sont sécuritaires et efficaces sur le plan opérationnel, tout en atténuant les effets néfastes et les dangers imprévus qu'elles présentent. Cet ouvrage offre également des explications détaillées sur le contrôle humain significatif⁵³ au cours de la chaîne de destruction « trouver-fixe-suivre-cibler-engager-évaluer » (TFSCEE), ainsi que des recommandations sur la conception éthique de l'IA et d'armes autonomes.

L'avantage des essaims robotiques est que leur applicabilité ne se limite pas à un seul domaine militaire⁵⁴. En effet, leur efficacité sera probablement la même dans *tous* les domaines, particulièrement s'ils sont employés conjointement aux tactiques avancées pour lesquelles ils sont conçus, qu'elles soient *offensives* ou *défensives*. Pour ce faire, il serait possible d'exploiter des essaims de drones afin de bombarder les zones ennemies de ressources de RSR, de brouiller les défenses aériennes de l'adversaire ou d'écraser les cibles ennemies sous la puissance de feu de ces essaims. En toute probabilité, ces derniers seraient particulièrement utiles durant toutes les étapes du cycle de ciblage TFSCEE et pourraient même servir de solution de rechange aux munitions à guidage de précisions (MGP), car même les MGP les plus sophistiquées deviennent inutiles s'il est impossible de repérer les cibles et de les désigner en vue d'une attaque⁵⁵.

La technologie et les tactiques propres aux essaims d'UAV modifient grandement les capacités de combat, notamment la capacité de mener des attaques de style « kamikaze » permettant de submerger les ressources des adversaires, par exemple en neutralisant des batteries de missiles, des stations radars et d'autres systèmes ennemis ou en rendant ces mêmes sites vulnérables aux attaques menées par des aéronefs pilotés et dotés d'armes plus lourdes. Les essaims d'UAV peuvent également être déployés en vue de mener des activités de RSR importantes ou d'exécuter des missions d'imagerie de cibles que l'on estime trop bien défendues pour utiliser des aéronefs pilotés. Ils peuvent également servir à des fins défensives, notamment pour la protection de grands bâtiments, des armes blindées, de l'artillerie lourde ou des ressources aériennes importantes, par l'établissement de barrières défensives. En effet, l'essai LOCUST fait partie d'un effort visant

l'élaboration de technologies autonomes pouvant être déployées dans les domaines terrestre, sous-marin et aérien⁵⁶.

Conclusions

L'importance croissante des véhicules sans pilote témoigne de l'évolution de la technologie militaire⁵⁷. L'auteur estime que les UWS, y compris les essaims d'UAV, représentent la guerre de l'avenir. La valeur des véhicules télépilotes dans la collecte de RSR est désormais un fait établi. En effet, ces véhicules peuvent demeurer en place afin de couvrir une zone d'intérêt, parfois pendant plusieurs jours, ce qui fait de ces appareils une plateforme précieuse pour la surveillance continue⁵⁸. En tant que plateforme d'armes, les UAV munis de missiles légers ont éliminé des forces ennemies et tué de nombreux dirigeants terroristes au Moyen-Orient lors de frappes de haute précision⁵⁹. En outre, l'utilisation de véhicules sans pilotes aide à protéger des vies humaines en les gardant hors de danger. De ce fait, ils peuvent entraîner une diminution du nombre de blessés sur le champ de bataille, ou encore du risque qu'un aéronef soit abattu et son pilote capturé; un tel incident peut faire les manchettes pendant des mois, voire des années⁶⁰.

La recherche sur les essaims d'UAV constitue l'un des domaines de R & D militaire des plus prometteurs, et il connaît l'une des plus fortes croissances. Il consiste, concrètement, à approfondir les capacités des UAV. Ces progrès ont été possibles en grande partie grâce aux algorithmes, dont l'application régit

le comportement d'un essaim en plus de faciliter les capacités de communication et de coopération au sein de celui-ci. Essentiellement, un essaim d'UAV est formé d'éléments à faible technicité regroupés au moyen d'une intelligence artificielle (IA) de pointe⁶¹. Cette combinaison deviendra sans doute une arme redoutable dans l'avenir, que l'on pourra mettre en œuvre à des fins mortelles ou non, permettant ainsi à une force d'attaque légère de venir à bout d'adversaires plus puissants et disposant de technologies sophistiquées⁶². Ces algorithmes permettront aux UAV et aux essaims d'assumer une plus grande variété de rôles sans intervention humaine, comme la détection, le ciblage, le réglage des armes et le déploiement de capteurs, ainsi que la détermination de la portée ou des capacités⁶³. En outre, les développements de l'IA amélioreront la capacité des plateformes autopilotées d'organiser, d'interpréter et d'intégrer des fonctions de façon indépendante, comme le filtrage de RSR, la manipulation de capteurs, les manœuvres de pilotage et la navigation. Ainsi, les technologies informatiques émergentes permettront aux UAV de prendre un plus grand nombre de décisions et d'exécuter un plus grand nombre de fonctions de façon autonome⁶⁴. L'arrivée de la technologie des vols en essaims marque le début d'une ère qui pourrait renverser la dominance militaire des États-Unis des 25 dernières années qui est marquée par le déploiement d'un nombre moins important de plateformes d'armes plus sophistiquées (et plus coûteuses). Il se peut qu'au cours du développement de la prochaine génération d'armes, des systèmes technologiques perfectionnés soient vaincus par un nombre écrasant d'unités dans les essaims autonomes⁶⁵.



DVIDS 5356101/US Army photo, prise par Pv2 James Newsome

Le 11^e Régiment de cavalerie blindée de l'armée des États-Unis et le Bureau de gestion des systèmes de menace opèrent un essaim de 40 drones pour mettre à l'épreuve les capacités des unités de rotation pendant la bataille de Razish au Centre national d'entraînement, le 8 mai 2019. Cet exercice était le premier d'une longue série organisée au Centre national d'entraînement.

La question est de voir combien de temps les États-Unis prendront pour parvenir à développer ces nouvelles capacités d'UAV en essais aux fins d'acquisition et de déploiement en tant que systèmes d'armes de première ligne. À l'heure actuelle, les États-Unis semblent sur la bonne voie d'atteindre cet objectif dans un avenir rapproché, alors que ce pays poursuit son travail de développement et d'essai d'une variété de systèmes dotés de divers degrés d'autonomie. Le caractère créatif et novateur de ces

projets représente un changement de paradigme sans précédent en lien avec les systèmes de lancement d'UAV, les stratégies et les tactiques qui exploitent une panoplie de mode de fonctionnement, et la technologie a très certainement toutes les caractéristiques nécessaires afin de changer les règles du jeu pour les États-Unis et ses alliés.



NOTES

- Un exemple de mission de frappe à haute précision est disponible à l'Associated Press. Consultez l'article « *Abu Yahya al-Libi, al Qaeda deputy leader, killed in U.S. drone strike.* » de CBS News, daté du 5 juin 2012, disponible au : http://cbsnews.com/8301-202_162-57447601/abu-yahya-al-libi-al-qaeda-deputy-leader-killed-in-u.s-drone-strike/.
- La capacité de réaliser une mission de bombardement militaire avec une efficacité et une extrême précision. Selon G. Martinic. *Drones' or 'Smart' Unmanned Aerial Vehicles?*, publié dans Australian Defence Force Journal, n° 189, nov.-déc. 2012, p. 1.
- Fonctionner en une seule unité. Selon l'article de D. Hambling. *Drone swarms will change the face of modern warfare*, publié dans The Wired World, 2016, p. 1
- Ibidem.*
- P. Scharre. *Robotics on the Battlefield, Part II: The Coming Swarm*, Center for a New American Security, Washington, 2014.
- L. Lachow. *The upside and downside of swarming drones*, publié dans Bulletin of the Atomic Scientists, 73 (2), 2017, p. 96-101, p. 96 et 98.
- Photo, gracieuseté de l'Office of Naval Research des É.-U. (tirée de aviationweek.com). Consultée le 16 novembre 2017.
- J. Ostberg. *Warfare has changed forever now that there are no secrets*, publié dans WIRED, décembre 2015.
- Ibidem.*
- G. Martinic. *'Drones' or 'Smart' Unmanned Aerial Vehicles?*
- Rapport du Sénat, *Use of unmanned air, maritime and land platforms by the Australian Defence Force*, 2015, ISBN 978-1-76010-227-2, Presse du gouvernement australien, p. 11, 22-23 et 45, contributions sur invitation de l'auteur.
- Éditorial. *Unmanned aerial warfare. Flight of the drones. Why the future of air power belongs to unmanned systems*, publié dans The Economist, 2011, p. 5. Également disponible en ligne au : <http://www.economist.com/node/21531433/print>
- G. Martinic. Les technologies terrestres robotisées, foisonnantes et aussi variées qu'utiles, publié dans la Revue militaire canadienne, volume 14, no 4, 2014.
- E. Soefge. *America's robot army: are unmanned fighters ready for combat?*, publié dans Popular Mechanics, janvier 2013, p. 2. Également disponible au : <http://www.popularmechanics.com/technology/military/robots/4252643>
- US Committee on Army Ground Vehicle Technology (2002). Technology development for Army ground vehicles, p. 1, 2 et 5. National Research Council, National Academies Press, Washington.
- G. Martinic. *Unmanned maritime surveillance and weapons systems*, Headmark, Journal of the Australian Naval Institute, n° 151, mars 2014.
- National Academy of Sciences des États-Unis. *Engineering and Medicine, 'Mainstreaming unmanned undersea vehicles into future US naval operations*, National Academies Press, 2016.
- E. C. Whitman. *Unmanned underwater vehicles: beneath the wave of the future*, publié dans Undersea Warfare Magazine, septembre 2013. Whitman signale que le gestionnaire de projet de LOCUST travaille en étroite collaboration avec le Georgia Technological Research Institute dans le but de concevoir un système dans lequel chaque UAV pourrait se positionner de façon autonome pendant le vol en formation sans recevoir de commande explicite pour se placer.
- G. Martinic. *Drones' or 'Smart' Unmanned Aerial Vehicles?*
- L. Lachow.
- Ibidem.*
- Par « regrouper », on entend la capacité d'un UAV à se joindre à l'essai, selon D. Hambling, p.2
- Ibidem*, p. 1.
- Ibidem.*
- N. Lee. Vidéo : *Watch the (US) Navy's LOCUST launcher fire a swarm of drones*, publié dans Business Insider Australia, 2017.
- G. Warwick. *ONR: Swarming UAVs could overwhelm defences cost-effectively*, publié dans Aviation Week & Space Technology, p. 1 et 2, 2015.
- B. Stevenson. *DARPA seeks information on manned UAV mothership*, diffusé sur le site Flighglobal.com, novembre 2015, p. 1.
- Photo, gracieuseté de The Times UK (tirée de pinterest.com). Consultée le 16 novembre 2017.
- D. Hambling, p. 1.
- Le terme « autonome » signifie ici qu'une fois lancés, les UAV exécuteront la mission programmée au préalable par des humains. L'essai en soi ne possède aucune « conscience de ses capacités » et ne prend aucune décision de lui-même (autre qu'aux fins de navigation pour mener à bien la mission, etc.).
- Photo : gracieuseté de www.defensemiedianetwork.com. Consultée le 19 novembre 2017.
- D. Hambling, p. 1
- À noter que Tenix a proposé d'effectuer le lancement de *Coyote* au moyen des tubes de lancement de bouées acoustiques de l'aéronef AP-3C *Orion* comme solution de démonstration technologique non réussie en 2008, aux fins d'utilisation potentielle à bord du P-8 *Poseidon*.
- N. Lee.
- Ibidem.*
- Il s'agit de la capacité de l'UAV de quitter l'essai, comme le définit D. Hambling, p. 2
- D. Hambling, p. 2, et G. Warwick, p. 2.
- Ibidem.*
- C. Baraniuk. *US military tests swarm of mini-drones launched from jets*, publié dans Technology. Département de la Défense des É.-U. 2017, p. 1.
- S. Snow, *Pentagon successfully tests world's largest micro-drone swarm*, publié dans Pentagon & Congress, 2017, p. 1.
- Ibidem.*
- Ibidem.*
- Ibidem.*
- T. Eshel. *X-wing drone launched from a submerged submarine for the first time*, publié dans *Defense Update*, décembre 2013.
- D. Hambling, p. 3.
- Ibidem*, et Scharre, p. 31.
- D. Hambling, p. 3.
- Ibidem*, p. 2.
- Comme indiqué dans l'Australian Certified Unmanned Aerial Vehicle Operators, ACUO. Extrait le 18 mars 2018.
- L. Lachow, p. 1.
- L. Lachow, entre autres.
- M. G. Tutty et T. White. *Unlocking the future: decision making in complex military and safety critical systems*, Systems Engineering Test and Evaluation Conference, Sydney, du 30 avril au 2 mai 2018.
- IEEE EADS V2.0. *Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems*, version 2, Initiative globale de l'IEEE portant sur l'éthique en matière de systèmes autonomes et intelligents, ISBN 978-0-7381-xxxx-x, 3, Ave Park, New York (NY). 10016-5997, É.-U., décembre 2017. [Version en ligne, consultée le 15 décembre 2017].
- Les domaines de la guerre sont les suivants : physique (ce qui comprend les milieux terrestres [sous-terrains], aériens, spatiaux et marins [sous-marins]), humain (cognitif et social) et du renseignement, ou PHI.
- D. Turnbull. *Is relying on smart weapons a smart approach?*, publié dans Australian Defence Force Journal, no 204, 2018, p. 37.
- G. Warwick.
- J. Keller, *Military and aerospace electronics gives unmanned vehicle technology the attention it deserves*, publié sur MilitaryAeropspace.com, décembre 2013.
- G. Martinic. *'Drones'...*, Rapport du Sénat et éditorial.
- G. Martinic. *'Drones'...*
- J. Keller, p. 2
- E. Feng et C. Clover. *Drones swarms vs conventional arms: China's military debate*, publié dans Financial Times, 2017, p. 2-4. Consulter également l'adresse suivante : <https://www.ft.com/content/302fc14a-66ef-11e7-8526-7b38dcaef614>
- Ibidem.*
- J. K. Osborn. *Drones of tomorrow will be smarter, stealthier, and deadlier*, publié dans Warrior Scout, 2016, p. 1. Consulter également l'adresse suivante : <http://www.warethemighty.com/articles/drones-tomorrow-will-smarter-stealthier-deadlier>
- Ibidem.*
- E. Feng et C. Clover.