

# NOTE 03 T3

Note n°15/Consortium OBSAT-35  
du 4 février 2020

Marché n° 431532/SGA/SPAC/SDA/BPI du 27/02/2017

notifié le 9 octobre 2017  
réunion de lancement : 18 octobre 2017

## ***Les systèmes automatisés vont-ils redéfinir la nature du combat terrestre ?***

**THIBAUT FOUILLET, BRUNO LASSALLE, AVEC LE CONCOURS DE JEAN-JACQUES PATRY**



[WWW.FRSTRATEGIE.ORG](http://WWW.FRSTRATEGIE.ORG) | 4 BIS RUE DES PATURES 75016 PARIS | TEL : 01.43.13.77.77 | MAIL : [CONTACT@FRSTRATEGIE.FR](mailto:CONTACT@FRSTRATEGIE.FR)

SIRET 39409553300052 TVA FR74 394 095 533 CODE APE 7220Z FONDATION RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE DÉCRET DU 26 FÉVRIER 1993  
[WWW.EUROCRISE.COM](http://WWW.EUROCRISE.COM) | 8 RUE DE BELLEFOND 75009 PARIS | TEL : 01.49.49.01.23 | MAIL : [EUROCRISE@EUROCRISE.COM](mailto:EUROCRISE@EUROCRISE.COM)  
SIRET 438 431 207 00036 TVA FR 1743 8431 2070 0036 COPE APE 7022Z



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	III
SYNTHESE .....	1
<i>LES SYSTEMES AUTOMATISES VONT-ILS REDEFINIR LA NATURE DU COMBAT TERRESTRE ?.....</i>	<i>2</i>
<b>I. INTRODUCTION : DE QUOI S'AGIT-IL ? .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1 – Pour l'AdT : faire face à la généralisation de forces étrangères dronisées et aux capacités autonomes progressivement étendues.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2 – Une évaluation des opérations à venir impliquant la confrontation de masses « dronisées » manoeuvrantes, en cours de préparation.....</b>	<b>3</b>
<b>II. SEQUENÇAGE AUTOMATISME / AUTONOMIE : TOUR D'HORIZON DOCTRINALE DES PRINCIPALES PUISSANCES MILITAIRES MONDIALES. ....</b>	<b>4</b>
<b>II.1 – Doctrines préparant un emploi massif des systèmes automatiques et autonomes : USA, Chine, Russie, Israël .....</b>	<b>4</b>
<b>II.2 – Un exemple de déploiement restrictif des systèmes autonomes : le Canada .</b>	<b>8</b>
<b>II.3 – Conclusion : si les systèmes automatiques l'emportent à moyen terme, plusieurs voies d'autonomisation progressive des capacités semblent converger vers 2040 .....</b>	<b>9</b>
<b>III. LES OPERATIONS A HORIZON 2035 : L'USAGE DES SYSTEMES AUTOMATISES PAR LES FORCES FRANÇAISES .....</b>	<b>11</b>
<b>III.1 – Le modèle français d'emploi des systèmes automatisés : usage limité et centralité de l'Homme .....</b>	<b>11</b>
<b>III.2 – Systèmes automatisés et manoeuvre terrestre : la relation Homme/machine</b>	<b>12</b>
<b>III.3 – Systèmes autonomes et combat aéroterrestre français .....</b>	<b>13</b>
III.3.2 –L'impact des systèmes automatisés sur les forces : une refonte de la relation Homme/machine .....	17
<b>III.4 – Systèmes automatisés et opérations terrestres : impacts et enjeux .....</b>	<b>20</b>
III.4.1 – Impact des systèmes automatisés sur la conduite des opérations.....	20
III.4.2 –Systèmes automatisés et infovalorisés : l'enjeu de la compatibilité .....	20
<b>IV. REPONDRE AU DEFI DES SALA ENNEMIS A MOYEN TERME.....</b>	<b>21</b>
<b>IV.1 – La lutte contre SALA : cadre général .....</b>	<b>21</b>
IV.1.1 – La menace SALA : tendance des capacités adverses à horizon 2035 .....	21
IV.1.2 – La lutte contre SALA : tour d'horizon des moyens possibles .....	23

<b>IV.2 – La lutte contre SALA : le cas français .....</b>	<b>26</b>
IV.2.1 – L'évitement par camouflage et dispersion .....	26
IV.2.2 – L'affrontement des SALA ennemis : des dispositifs limités à monter en puissance à terme.....	26
<b>V. IMPLICATIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>29</b>
<b>VI. CONCLUSION .....</b>	<b>32</b>
<b>ANNEXE N° 01 : CLASSEMENT DES DRONES <i>US ARMY</i> ET OTAN .....</b>	<b>34</b>
<b>ANNEXE N° 02 : MODELES GENERIQUES DE COLLABORATIVE OPERATIONS ENTRE SYSTEMES AUTOMATISES ET AUTONOMES .....</b>	<b>36</b>
<b>ANNEXE N° 03 - COMBATTRE AVEC DES SYSTEMES AUTONOMES : SYNTHESE DOCTRINALE ET CAPACITAIRE .....</b>	<b>38</b>

## Avant-Propos

---

La réflexion proposée s'est attachée à être la plus synthétique possible, eu égard au format demandé. Elle repose donc sur une étude technique qui n'est pas présentée dans le corps de la note, mais qui peut être consultée en [annexe n° 03](#).

Compte tenu de la complexité du sujet, les conclusions de l'analyse reposent aussi sur un présupposé clairement affiché : les développements techniques et quantitatifs sont envisagés comme conformes aux prévisions doctrinales des diverses forces armées observées. Le raisonnement est mené « toute chose étant égale par ailleurs », sans prendre en compte des retards de production, des modifications de priorités budgétaires et des changements d'orientations ou ruptures technologiques.

**Bien entendu, la teneur de l'analyse présentée n'engage que les auteurs et aucunement l'Armée de Terre, ni aucun organisme propre au Ministère des Armées ou à la Fondation pour la Recherche Stratégique.**



## Synthèse

---

L'analyse des doctrines des grandes puissances étrangères confirme une tendance à la massification des **systèmes automatisés (SA)** et une progressive autonomisation de leurs capacités aussi bien létales que non létales. A cet égard, les principales puissances, USA, Chine, Russie, Israël, préparent le déploiement de **Systèmes d'Armes Autonomes Létaux (SALA)** sous supervision humaine, à la différence d'autres Etats comme la France et le Canada qui refusent de déshumaniser le combat.

Ce phénomène appelé à se développer du fait des progrès techniques et informatiques, pourrait connaître une accélération avec la maîtrise de l'intelligence artificielle et les progrès de miniaturisation. Cette prolifération pouvant se faire de manière discrète puisque la composition des SALA n'implique pas, pour une majeure partie, de composants soumis à un contrôle de la communauté internationale.

Cette menace impacte notablement la plupart des huit facteurs de supériorité opérationnelle retenus par l'armée de Terre, sensibles à l'apparition de nouveaux moyens automatiques et autonomes, et doit conduire les forces à évoluer en termes capacitaires (Doctrine, Organisation, R-H, Entraînement, Soutien, Equipement).

Il s'agit ainsi, de moderniser progressivement les forces terrestres françaises par l'introduction de systèmes d'armes automatiques et adaptés à la lutte contre les SALA en assurant leur compatibilité avec les moyens existants, en particulier le système infovalorisé SCORPION.

Pour garantir l'efficacité des forces aéroterrestres, il faut savoir tirer le meilleur parti des modules et plateformes automatiques, tout en préservant la place centrale de l'Homme. Cet impératif nécessitera d'accorder une attention particulière, au rythme d'introduction des systèmes autonomes dans les forces, au type de missions qui leurs sont confiées et à la relation Homme/Machine, par le développement de systèmes préservant la cohérence de l'action malgré une automatisation progressive de leurs fonctions.

Toutefois, il ne faudrait pas que le respect de principes éthiques empêche d'anticiper les risques constitués par le déploiement de SALA par l'adversaire. Dans cette perspective, la protection de la force avec des moyens adaptés constitue un autre impératif, tout aussi important. En effet, l'introduction de systèmes létaux autonomes en masse par un adversaire pourrait faire notablement évoluer la nature du combat. Une force ennemie ainsi dotée de très nombreux SALA, agissant au sol et près du sol, pourrait tirer parti au cours d'un engagement d'un effet de saturation et de relative insensibilité aux pertes matérielles en privilégiant la brutalité à la manœuvre.

# ***Les systèmes automatisés vont-ils redéfinir la nature du combat terrestre ?***

Pilote : Mme Maureen BONNASSERRE

Auteurs FRS : Thibault FOUILLET ; Bruno LASSALLE ; avec le concours de Jean-Jacques PATRY

## **I. Introduction : de quoi s'agit-il ?**

### ***I.1 – Pour l'AdT : faire face à la généralisation de forces étrangères dronisées et aux capacités autonomes progressivement étendues***

L'Armée de Terre (AdT), comme d'ailleurs l'ensemble des forces françaises, doit anticiper deux tendances capacitaires exprimées par les principales puissances militaires que sont les USA, la Chine, la Russie, Israël et par les retours d'expériences récents des théâtres d'opérations extérieurs :

- ➔ La généralisation de la « dronisation » au sein des forces conventionnelles, comme des entités non-étatiques pratiquant le combat asymétrique ;
- ➔ La progressive autonomisation et capacité collaborative entre les hommes et les machines et entre les machines elles-mêmes, liées à la très rapide diffusion des innovations technologiques civiles et militaires.

Une première difficulté s'annonce, avec les différents termes utilisés, qualifier les capacités des machines non habitées.

#### **Encadré n° 1 – Automatisation, autonomie : de quoi parle-t-on ?**

Pour les besoins de l'analyse, les définitions suivantes seront retenues :

- **Automatisme** : aptitude pour un système à accomplir des tâches sans intervention d'un opérateur humain.
- **Système automatisé** : système répétant et/ou réalisant une action préprogrammée sans contrôle humain.
- **Autonomie** : aptitude pour un système à décider selon un certain degré d'indépendance par rapport à l'autorité, ici l'opérateur humain.
- **Système autonome** : système sans opérateur humain, disposant d'une capacité d'autocontrôle, c'est-à-dire d'une certaine indépendance avec possibilité de choix même limités par observation de l'environnement et d'adaptation aux événements.
- **Remote-controlled system ou système téléopéré** : système réalisant une activité sous conduite directe d'un opérateur humain qui dirige ses actions à distance.



Il existe plusieurs échelles de classement des niveaux d'autonomie, dont le plus connu est *Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS)* dans les sciences de l'ingénierie. Pour faciliter l'analyse, la classification suivante est proposée<sup>1</sup> :

- ➔ Niveau 1 - Machine asservie au pilotage humain à vue ou à distance (immersion par capteurs vidéo en temps réel) ;
- ➔ Niveau 2 – Machine asservie au pilotage humain à vue ou en immersion avec assistance à la navigation (pilotage humain par succession d'automatismes pour les déplacements) ;
- ➔ Niveau 3 – Machine à navigation automatique préprogrammée sans intervention humaine ;
- ➔ Niveau 4 – Machine à capteurs de déplacement terrestre ou aérien et d'identification d'obstacles disposant d'une aptitude à la manœuvre d'évitement. ;
- ➔ Niveau 5 – Machines à capacité de calcul embarquée, disposant de liens de communication et de capteurs de positionnement autorisant la « prise de décision » (système expert).

Les machines de niveaux 1 à 3 relèvent de systèmes automatisés et celles des niveaux 4 et 5 de systèmes autonomes.

La seconde difficulté consiste aussi à mettre de l'ordre dans les familles de machines non habitées qui entrent rapidement dans les forces armées. En effet, les classes de machines assurent des missions et des tâches distinctes dans les opérations aux trois niveaux : stratégique, opératif et tactique. La classification américaine des drones aériens et terrestres sera retenue, puisqu'elle est reconnue par l'OTAN (cf. [Annexe n° 01](#)).

## **1.2 – Une évaluation des opérations à venir impliquant la confrontation de masses « dronisées » manoeuvrantes, en cours de préparation**

Pour cerner les conséquences opérationnelles à horizon 2035 du déploiement intensif de groupes de machines dans les opérations, l'analyse adoptera une démarche en trois étapes :

- ➔ Etape 1 – Une synthèse doctrinale et capacitaire de l'usage des systèmes automatisés et autonomes dans les principales puissances internationales présentant une vision et des programmations identifiables ;
- ➔ Etape 2 – Une analyse de la conduite d'opérations françaises avec des systèmes automatisés, tels qu'ils sont envisagés aujourd'hui ;
- ➔ Etape 3 – Une évaluation de la menace des systèmes automatiques et autonomes et des moyens concevables pour les contrer.

Les implications pour les forces seront ensuite traduites en recommandations DORESE.

---

<sup>1</sup> Jean-Jacques PATRY, *Quelles réponses peut-on opposer à l'emploi massif de mini et micro-drones aéroterrestres robotisés ?*, Fondation pour la Recherche Stratégique, 2018, pp.16-17.

## II. Séquençage automatisme / autonomie : tour d'horizon doctrinale des principales puissances militaires mondiales.

### II.1 – Doctrines préparant un emploi massif des systèmes automatiques et autonomes : USA, Chine, Russie, Israël

► Les Etats-Unis

DOCUMENTS DOCTRINAUX	PHASAGE ENVISAGE	MISSIONS DEVOLUES AUX SA	ROLE DES SA DANS LA MANŒUVRE
<p>2018 : <i>IA strategy du Department of Defense</i></p> <p>2017 : <i>Us army robotic and autonomous systems strategy de l'Army</i></p> <p>2016 : <i>Joint concept for robotic and autonomous systems du Joint Chiefs of staff</i></p>	<p>2020-2025 : développement des capacités de flottes et massification de l'utilisation tactique des SA.</p> <p>2030-2035 : maîtrise des capacités de <i>swarming</i> pour des déploiements autonomes et la conduite d'opérations complexes</p> <p>2040 : réalisation des manœuvres opératives futures par centralité des SALA : cœur du succès de la mise en œuvre de MDO</p>	<p>Dès que les capacités en termes d'autonomie et de fiabilité seront acquises il est envisagé un déploiement universel :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact : à court terme : faciliter le ravitaillement des unités et fournir des aides à la mobilité. Par la suite les SA et SALA seront intégrés en tant qu'éléments actifs : missions autonomes (reconnaissance, surveillance, etc.) et des actions défensives (écran) comme offensives (appui-feu).</li> <li>- Appui : capacités d'appui quasi-instantanés avec accélération de la boucle décision-frappe, et augmentation de la puissance des appuis (cf. drones largués par roquettes).</li> <li>- Soutien et logistique : majorité des déploiements de court terme : convois logistiques entièrement robotisés, comme pour le ravitaillement de contact ou les évacuations médicales.</li> </ul>	<p>Fondamental : l'objectif final étant la conduite de missions entièrement réalisées par des SA et SALA (flanc-garde, reconnaissance, désignation, destruction, etc.) ; ainsi que de fournir le cœur de la manœuvre future sous modèle MDO.</p>

**Commentaires :**

**A moyen terme (2035) :** massification des plateformes automatisées aériennes (drones HALE et MALE) et terrestres, afin de disposer d'éléments de manœuvre intégrés aux forces. L'automatisation de l'ISR autorise une accélération synchronisée des séquences décision/frappe pour une meilleure synergie entre les contacts et les appuis.

**A long terme (2050) :** disposition de moyens autonomes par maîtrise du *swarming* et de l'autonomie de communication et d'action (en fonction d'objectifs assignés)<sup>2</sup>. L'acquisition de ces capacités est l'enjeu fondamental des programmes américains, puisque c'est la maîtrise de ces strates d'autonomie et d'automatisation des actions, qui permettront de concrétiser la manœuvre multi-domaine future<sup>3</sup>. Toutefois, l'homme reste dans la boucle. Il n'est pas envisagé de systèmes létaux complètement autonomes.

► **La Chine**

DOCUMENTS DOCTRINAUX	PHASAGE ENVISAGE	MISSIONS DEVOLUES AUX SA	ROLE DES SA DANS LA MANŒUVRE
<b>2017 : New generation IA development plan</b>	<p>Maitrise en 2030-2035 des technologies du <i>swarming</i> par leadership mondial sur l'IA.</p> <p>Passage aux opérations autonomes massives de drones agissant en essaim dès 2040.</p>	<p>Ensemble du spectre des capacités avec un développement ciblé sur l'IA pour dégager une autonomie optimale et générer une masse d'effecteurs autonomes à bas coûts.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact : assistance des combattants (surveillance, exploration, etc.) actions létales et missions indépendantes.</li> <li>- Appui : rôle d'acquisition des cibles et accélération de la boucle de décision.</li> <li>- Soutien/log : MEDEVAC, ravitaillement, convois logistiques autonomes.</li> </ul>	<p>Primordiale : cœur des actions futures avec préférence pour la massification des effecteurs à bas coûts au niveau tactique pour opérer une saturation de l'espace de bataille.</p>

**Commentaires :**

La vision chinoise des systèmes autonomes et automatisés est construite autour de l'idée que l'IA constitue l'avenir des opérations et l'instrument décisif de la guerre future. C'est dans cette optique qu'est énoncée la volonté de devenir en 2030 le leader mondial en termes d'IA<sup>4</sup>.

**A moyen terme (2035) :** l'automatisation est perçue comme indispensable dans l'ensemble des systèmes d'acquisition/frappe, afin d'accélérer les boucles de décision (OODA) et d'exécution, pour en offensive comme en défensive disposer d'une quasi-instantanéité entre la demande du contact et l'appui, mais également dans le cadre d'interception des tirs indirects adverses<sup>5</sup>. Les éléments

<sup>2</sup> Secretary of Defense, *Unmanned systems integrated roadmap FY 2017-2042*, US DoD, pp.18-24.

<sup>3</sup> Future warfare division, *Operationalizing robotic and autonomous systems in support of Multi-Domain Operations white paper*, Army capabilities integration center, 2018, pp.3-39.

<sup>4</sup> Matej TONIN, *Artificial intelligence: implications for NATO's armed forces*, Nato Parliament Assembly : Science and Technology Committee, 2019, p.11.

<sup>5</sup> Elsa B. KANIA, *Battlefield Singularity: Artificial Intelligence, Military Revolution and China's Future Military Power*, Center for a new American Security, 2017, p. 14.

concernés sont donc avant tout les capacités ISR et le déploiement d'engins robotisés de reconnaissance et d'acquisition, mais également des systèmes de détection et ciblage automatiques.

**A long terme (2050) :** l'autonomie viendra accroître le rôle des éléments d'interception et de frappes indirectes, puisque les systèmes pourront agir indépendamment, y compris pour des tirs en autonomie complète. La question d'une limitation éthique concernant les SALA n'étant pas évoquée dans les documents de doctrine publiés<sup>6</sup>.

► **La Russie**

DOCUMENTS DOCTRINAUX	PHASAGE ENVISAGE	MISSIONS DEVOLUES AUX SA	ROLE DES SA DANS LA MANŒUVRE
<p><b>2018-2019 :</b> <b>Général Gerasimov, Discours devant l'académie des sciences militaires</b></p> <p><b>2014 : Doctrine of the Russian Federation, Ministry of Defense</b></p>	<p>2020-2040 : création des architectures numériques et des technologies d'interconnexion Hommes/machines.</p> <p>2040 : maîtrise des ressorts de l'autonomie robotique et fondation d'unités robotiques autonomes.</p>	<p>Ensemble du spectre de l'action armée, avec une priorité pour les opérations de contact : massification des vecteurs pour saturation de zone et interdiction des espaces.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact : assistance des combattants (surveillance, exploration, etc.) mais surtout priorité des actions létales de saturation.</li> <li>- Appui : acquisition et facilitation des communications dans la profondeur.</li> <li>- Soutien/log : MEDEVAC, ravitaillement, convois logs autonomes</li> </ul>	<p>Elément tactique et micro-tactique indispensable : action de saturation de la ligne de contact : fixation des éléments ennemis pour donner aux forces aéroportées la possibilité de conduire des actions dans la profondeur.</p> <p>Conduite d'opérations robotisées autonomes pour favoriser l'acquisition des cibles et la communication très longue distance pour la conduite des frappes d'appui.</p>

**Commentaires :**

La priorité russe dans le développement des systèmes automatisés réside dans la volonté de « ne pas exposer l'homme aux risques du combat »<sup>7</sup>. Pour ce faire deux ensembles progressifs sont envisagés, le développement des architectures C4ISR pour une information et une communication globale unifiée<sup>8</sup> et la maîtrise de l'autonomie des systèmes robotisés afin de produire une masse robotique à bas coûts capable de mener des combats d'usure<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> Ibid. p.15.

<sup>7</sup> <http://thailand.mid.ru/en/military-doctrine-of-the-russian-federation>.

<sup>8</sup> Russian General Staff Chief Valery Gerasimov's 2018, *Presentation to the General Staff Academy Thoughts on Future Military Conflict*, March 2018 (Translated by Dr. Harold Orenstein), p.8.

<sup>9</sup> David MAJUMBAR, « Russia's Military in 2035: Killing the Enemy from Distance (With Cruise Missiles) », *The National Interest*, 26 December 2017 - <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/russias-military-2035-killing-the-enemy-distance-cruise-23808>.

**A moyen terme (2040) :** c'est l'acquisition d'un système de communication et d'une architecture numérique automatisée qui constitue le cœur de cible du développement des SA. La doctrine russe en effet considère que la mise en œuvre d'éléments automatisés ne sera efficace que si elle s'intègre de manière fluide dans la manœuvre et dispose de la capacité à lier les machines entre elles, mais également les machines aux Hommes. Pour ce faire il faut disposer d'ici 2040 de l'*unified information environment*<sup>10</sup>, structure ISR générale et automatisée permettant une boucle détection/acquisition/frappe optimale et liant l'ensemble des effecteurs (machines et humains) d'une zone d'opérations même si l'espace électromagnétique est dégradé.

**A long terme (post-2040) :** le développement des technologies d'intelligence artificielle et de communication, permettront de produire des systèmes de combat autonomes à bas coûts pouvant réaliser des missions en autonomie par maîtrise des architectures collaboratives. Ainsi, est attendu un perfectionnement et un déploiement opérationnel et conséquent des robots armés actuellement en développement, comme les systèmes de mini-chars Uran-9 et Vikhr<sup>11</sup>, ou encore des essais de drones armés pour des missions de saturation.

► Israël

DOCUMENTS DOCTRINAUX	PHASAGE ENVISAGE	MISSIONS DEVOLUES AUX SA	ROLE DES SA DANS LA MANŒUVRE
2016 : <i>L'armée au-delà de l'horizon, Armée de Terre</i>	Maitrise progressive des ressorts de l'autonomie pour des actions massives en essaim au contact.  Actuellement développement de flottes de drones ISR et de contact.  Volonté à l'avenir d'essaims autonomes.	Augmentation de la masse disponible et actions autonomes en micro-tactique.  - Contact : forces de frappe autonomes et auxiliaires des éléments humains pour créer une masse tactique  - Appui : frappes à distance (munitions maraudeuses), développement des capacités ISR et extension des distances de communication  - Soutien/Log : ravitaillement, MEDEVAC	Augmentation des effets par apport en masse pour les actions de contact.  Développement des capacités d'appui, centralité dans le futur des capacités ISR

**Commentaires :**

L'automatisation des forces israélienne n'est pas nouvelle, son usage opérationnel de systèmes ISR automatisés et d'interceptions de tirs indirects automatisés (*Iron dome*) est éprouvé depuis 2010. C'est désormais vers le développement et l'emploi de systèmes automatisés de combat que se penche *Tsahal*.

<sup>10</sup> Voir à ce sujet et plus globalement pour tous les énoncés sur la doctrine robotique russe, les développements de la partie III de la note 1 T3 de l'OBSAT 35 : Thibault FOUILLET, Bruno LASSALLE, *Le concept russe de 'guerre nouvelle génération' quelle exploitation pour l'Armée de Terre ?*, 2019, pp.10-19.

<sup>11</sup> Luis ROBERT, *Intelligence artificielle et robots armés*, TBC France, 2017, p. 3.

Si aucune *timeline* précise n'est envisagée, apparaît à court terme le développement de flottes de drones ISR de contact pour fluidifier la manœuvre et augmenter la sûreté des éléments d'infanterie et de cavalerie<sup>12</sup>. Ce couple Homme/machine doit devenir la norme des opérations avec une introduction généralisée de ces forces robotisées. A plus long terme la maîtrise de l'IA collaborative, permettra de constituer des essaims à même de conduire des missions de frappe en autonomie (intervention d'un opérateur uniquement pour la décision de tir) de contact comme d'appui, un triptyque automatisé (voir automatique dans certains cas) technique ISR/communication/frappe par SA est donc énoncé comme fondement des opérations futures.

## II.2 – Un exemple de déploiement restrictif des systèmes autonomes : le Canada

DOCUMENTS DOCTRINAUX	PHASAGE ENVISAGE	MISSIONS DEVOLUES AUX SA	ROLE DES SA DANS LA MANŒUVRE
<p>2015 : <i>Canada's future army, Canadian Land Army Warfare Center.</i></p> <p>2014 : <i>No man's land : tech considerations for Canada future army, DOD.</i></p>	<p>Prévision jusqu'en 2050 pour les évolutions doctrinales, avec pivot de la maîtrise des techniques collaboratives à horizon 2040 comme moyen de passer d'une assistance par les SA, à la conduite de véritables actions autonomes.</p>	<p>Volonté générale même après maîtrise technique du <i>swarming</i> de cantonner les SA à un rôle d'auxiliaire (et usage limité des systèmes autonomes).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact : missions non-létales (surveillance, exploration, écran), et d'appui feu si nécessaire.</li> <li>- Appui : relai de communication et développement des moyens d'observation et d'acquisition</li> <li>- Soutien/log : fonction principale, notamment à court terme : interventions sur les zones contestées (zones contaminées, déminage) et réalisation des MEDEVAC et ravitaillements.</li> </ul>	<p>Central mais uniquement pour des fonctions d'appui et de soutien : les opérations autonomes sont envisagées mais pour des apports logistiques, médicaux ou d'aide à la décision.</p>

### Commentaires :

La prise en compte du cas canadien est symptomatique de la vision d'une puissance militaire moyenne, s'imposant de fortes contraintes éthiques pour l'usage opérationnel des SA. Le Canada entend bannir tout usage des systèmes létaux autonomes et plus largement limiter l'emploi des systèmes automatisés à des actions ISR et de soutien et logistique<sup>13</sup>. La doctrine d'emploi des systèmes

<sup>12</sup> Jean-Jacques PATRY, *Quelles réponses peut-on opposer à l'emploi massif de mini et micro-drones aéroterrestres robotisés ?*, Op. Cit., p.22.

<sup>13</sup> Peter GIZEWSKI, *Unmanned ground vehicles in development and practice: country study: Canada*, p.51.

autonomes adopte une vision d'auxiliaire aux forces<sup>14</sup> ; position intéressante qui tranche avec les doctrines énoncées précédemment et dessine une autre voie possible pour un développement militaire des systèmes automatisés.

### II.3 – Conclusion : si les systèmes automatiques l'emportent à moyen terme, plusieurs voies d'autonomisation progressive des capacités semblent converger vers 2040

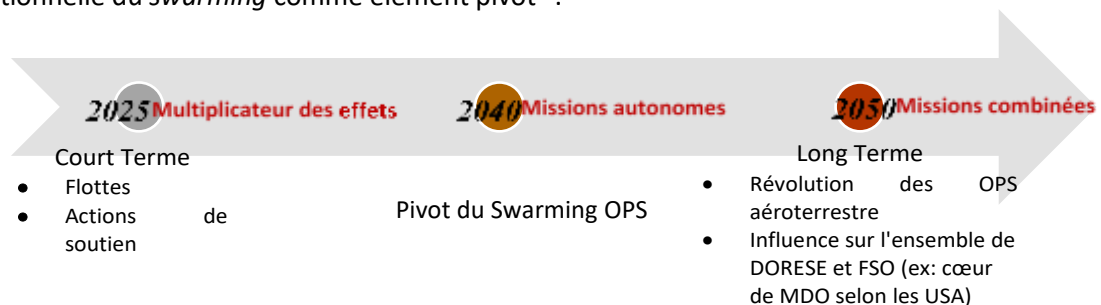
L'étude des doctrines étrangères permet de déterminer plusieurs tendances. Si les systèmes automatiques l'emportent à moyen terme, une voie vers l'autonomisation progressive semble se dessiner, avec en point d'orgue la capacité pour ces plateformes à conduire des missions complexes en toute autonomie.

Celles-ci désignées dans la doctrine américaine sous le vocable de *collaborative operations*<sup>15</sup>, mettent en œuvre des actions combinées robotisées pour l'atteinte d'objectifs en faisant usage de niveaux successifs d'autonomie (des drones « mères » contrôlés par un opérateur humain, pourraient déployer et diriger des essaims de drones « filles ») (voir l'annexe n° 02).

S'il s'agit d'un objectif de long-terme, la prise en considération de cet horizon doctrinal commun est essentielle, tant pour anticiper les évolutions futures des opérations, que pour mieux comprendre la réalité du combat de court et moyen terme.

En effet, la concrétisation de ces opérations combinées robotisées, implique la maîtrise d'une technologie pivot : le *swarming opérationnel*. Cet horizon estimé autour de 2040 constitue le cœur de cible doctrinal et capacitaire des puissances étrangères et structurera l'évolution des opérations à venir. Néanmoins, avant cette maîtrise du *swarming*, le cadre d'usage des SA est envisagé comme celui des *flottes*, c'est-à-dire des systèmes automatisés et non pas autonomes, avec pour conséquence opérationnelle un usage en tant qu'assistant et facilitateur des opérations. Les éléments robotisés et informatisés sont tous reliés à un opérateur, et sont donc à traitement et action automatisés, mais pas autonome.

Un phasage de la redéfinition des opérations aéroterrestre apparaît alors, avec un court terme centré sur l'automatisation, et un long terme gouverné par l'autonomie des systèmes, usant de la maîtrise opérationnelle du *swarming* comme élément pivot<sup>16</sup>.



<sup>14</sup> Ibid. pp.54-57.

<sup>15</sup> Kamesh NAMUDURI, Serge CHAUMETTE, Jae H. Kim, James P.G.STERBENZ, *UAV networks and communications*, Cambridge university press, 2018, p.172.

<sup>16</sup> Ce phasage fait écho à celui énoncé par la doctrine américaine à propos des développements de l'autonomie des systèmes. Cf. Secretary of Defense, *Unmanned systems integrated roadmap FY 2017-2042*, Op. Cit., p.18.



Cette caractérisation temporelle, si elle déborde l'horizon 2035 de la note, est essentielle pour distinguer les tendances capacitaires engagées dès aujourd'hui pour application à long terme et ainsi permettre aux forces françaises de les anticiper et de s'y adapter. En outre, c'est à la lecture de ce phasage qu'apparaît la nature des opérations avec systèmes automatisés à moyen-terme, avec rôle pivot de plateformes automatisées fournissant une accélération/facilitation de la manœuvre et une démultiplication des effets, mais également l'introduction progressive de systèmes autonomes notamment au sein des forces étrangères. Toutefois, la concrétisation de l'autonomisation des systèmes et l'ampleur de leur déploiement dépendent de plusieurs contraintes potentielles.

► **Les contraintes capacitaires :**

Nous retrouvons ici deux limites inhérentes à tout programme d'armement, la maîtrise technique et le budget. De fait, si les innovations techniques prennent du temps ou sont retardées, le phasage sera décalé et par conséquent l'impact des SA à moyen terme en sera d'autant minoré, si bien que peu de systèmes pourront être déployés. De même, la mise en œuvre de systèmes automatisés constitue un processus coûteux (du moins à court terme) et par conséquent fortement dépendant des contraintes budgétaires, toute contraction des financements limitant d'autant la mise en œuvre des plateformes.

► **Les contraintes doctrinales :**

Même en cas de maîtrise technique et de possibilités financières, le développement et le recours en masse aux SA est tributaire d'une décision politique. A ce titre, deux ensembles limitatifs fondamentaux sont mis en exergue, les considérations éthiques qui peuvent interdire tout système autonome et système automatisé mettant en œuvre des armements (débat autour de la problématique de distanciation soulevée par l'usage de « drones tueurs » américains dans la dernière décennie, etc.), mais également le choix doctrinal de la centralité de l'Homme dans les opérations cantonnant de ce fait les SA à des missions d'assistance et non de combat.

Ces critères expriment autant de freins possibles à un usage massif et systématique des systèmes automatisés, en dépit des déclarations et volontés doctrinales des grandes puissances. Double séparation primordiale dans le cas français, puisque l'usage sera limité (comme indiqué dans la partie suivante), mais qu'il conviendra de développer les moyens de se prémunir de l'effet de surprise occasionné par de nouveaux systèmes, comme d'un usage massif de tels systèmes par l'ennemi.

**A retenir :**

En somme, par l'étude des déterminants techniques et enjeux des systèmes automatisés, ainsi que d'un tour d'horizon doctrinal, le modèle probable de l'usage de ces plateformes à moyen terme a été établi. Celui-ci s'articule entre la centralité de l'automatisation (en évolution progressive vers l'autonomisation) et une dimension quantitative non-définie obligeant à envisager aussi bien un contexte d'emploi massif, que limité.

Pour l'AdT cela implique de déterminer la nature des opérations susceptibles d'être conduites avec des systèmes automatisés, puis de définir le cadre de la lutte contre ceux déployés par l'adversaire.



### III. Les opérations à horizon 2035 : l'usage des systèmes automatisés par les forces françaises

L'étude de l'influence des innovations sur la conduite de l'action armée ne peut échapper à la dialectique de l'épée et de la cuirasse. Autrement dit il faut envisager l'usage des nouveaux matériels, et les moyens de s'en prémunir si l'ennemi les mets en œuvre. Cette partie a pour objet de traiter le premier temps de cette dialectique, à savoir l'usage des systèmes automatisés par les forces françaises.

Pour ce faire, comme énoncé dans la partie précédente, il convient de déterminer avant toute chose le cadre d'emploi desdits systèmes (1), afin par la suite de déduire les plateformes envisagées et leur influence sur les missions tactiques et la structure des forces (centralité du rapport Homme/Machine) (2), pour *in fine* en comprendre l'impact sur les fonctions opérationnelles (3).

#### III.1 – Le modèle français d'emploi des systèmes automatisés : usage limité et centralité de l'Homme

L'emploi des SA dans les forces armées est tributaire de deux dynamiques, l'une qualitative qui détermine le type d'autonomie souhaitée pour les systèmes (automatisation ou autonomisation), l'autre quantitative qui prône un usage massif ou limité. Le cas français, à l'image de la doctrine canadienne, tend à se prononcer pour un usage limité et contraint. Trois raisons plaident dans ce sens : un choix politique éthique, une centralité de l'Homme dans les opérations et une dynamique capacitaire ne prévoyant pas l'intégration de systèmes robotisés et autonomes à horizon de l'étude.

##### ► Le choix politique de l'éthique :

La France par le biais des déclarations de la Ministre des Armées a pris position pour l'interdiction de tout système létal autonome<sup>17</sup>, impliquant que toute décision d'ouverture du feu devrait être prise et validée par un opérateur humain, même en cas d'appui-feu. C'est dans ce sens qu'il faut interpréter l'initiative avec l'Allemagne de la « déclaration sur les SALA » à l'occasion de l'évènement *Alliance pour le multilatéralisme* du 26 septembre 2019<sup>18</sup>, mettant en place 11 principes directeurs, avec pour fil rouge la décision d'ouverture du feu sous contrôle humain et l'application du DIDH pour ces systèmes<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> Laurent LAGNEAU, « L'armée de terre veut placer les robots 'au cœur du groupe de combat' », *Zone militaire : Opex 360*, 2019 - [www.opex360.com/2019/08/12/larmee-de-terre-veut-placer-les-robots-au-coeur-du-groupe-de-combat/](http://www.opex360.com/2019/08/12/larmee-de-terre-veut-placer-les-robots-au-coeur-du-groupe-de-combat/).

<sup>18</sup> France Diplomatie, *11 principes sur les systèmes d'armes létaux autonomes*, Ministère des affaires étrangères, 2019 - <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/la-france-et-les-nations-unies/l-alliance-pour-le-multilateralisme/11-principes-sur-les-systemes-d-armes-letaux-autonomes/>.

<sup>19</sup> Déclaration d'ailleurs signée par la Russie et les USA, qui entendent encadrer l'usage des SALA tout en les déployant à terme au sein de leurs forces. Le principe de l'encadrement de l'ouverture du feu par un élément humain est formulé de manière assez large pour permettre des interprétations restrictives comme en France, mais également une interprétation extensive (de décision humaine de laisser la possibilité au SALA d'ouvrir le feu en autonomie pour une mission donnée) comme celle des USA et de la Russie.

Aussi en termes opérationnels, ceci implique une focalisation sur les systèmes automatisés non létaux et un refus de développer des capacités autonomes de combat au contact et de feu. De même, l'idée est de développer ces systèmes dans une dimension d'appui à l'engagement et aux opérateurs humains et donc de limiter les missions autonomes. Telle est l'expression qualitative d'un modèle français centré sur l'automatisation.

► **La centralité de l'Homme dans les opérations :**

L'introduction d'éléments automatisés et robotisés au sein des forces dépend en particulier de la place que l'on tient à donner à l'Homme, notamment au niveau tactique. De fait, si l'on reprend la doctrine russe, elle postule clairement le remplacement des individus par les machines puisqu'il s'agit de « soustraire l'Homme aux risques du combat » et implique par conséquent un usage massif. A l'inverse, la doctrine française est construite autour de la centralité de l'Homme. C'est d'ailleurs un des enjeux du modèle *Au contact*, qui replace en tant que priorité les engagements sur le territoire national et la spécificité française d'action au contact des populations (notamment en OPEX). De même, est érigé en tant que principe au niveau de la décision politique, que malgré toutes les évolutions possibles des IA les systèmes automatisés « ne remplaceront jamais les Hommes au cœur des opérations »<sup>20</sup>. Par conséquent leur emploi demeurera limité à un rôle d'auxiliaire et/ou de multiplicateur des effets et facilitateur des actions.

► **Le biais technique :**

La dynamique capacitaire des opérations terrestres n'apparaît pas centrée sur le développement de l'automatisation ou de l'autonomisation. Alors que dans d'autres Etats comme la Chine, l'IA apparaît comme prioritaire, la France développe un programme capacitaire qui accueille le drone, mais ne donne pas priorité au déploiement de systèmes automatisés ou des plateformes robotisées. Le programme SCORPION n'incorpore pas dans son développement à moyen terme de la robotique armée<sup>21</sup>. L'usage de systèmes automatisés est donc circonscrit à des fonctions d'appui à l'engagement et de soutien des opérations. Quand bien même de tels systèmes sont déjà en cours d'évaluation chez les industriels français, comme le robot OPTIO X 20 équipé d'un canon de 20mm de chez NEXTER.

La prise en compte de ces trois ensembles spécifiques au cas français, fait émerger une doctrine de l'usage limité tant en termes qualitatif que quantitatif.

### **III.2 – Systèmes automatisés et manœuvre terrestre : la relation Homme/machine**

Puisque le cadre doctrinal est établi, il importe désormais d'étudier les systèmes envisagés au sein des forces pour conduire la manœuvre tactique et le combat aéroterrestre (1), puis d'en dégager l'impact sur les forces dans la centralité de la relation Homme/machine et des moyens de la réaliser (2).

---

<sup>20</sup> Laurent LAGNEAU, « L'armée de terre veut placer les robots 'au cœur du groupe de combat' », Op. Cit..

<sup>21</sup> Ibid.

### III.3 – *Systèmes autonomes et combat aéroterrestre français*

Le cadre doctrinal énoncé précédemment permet de distinguer parmi les innovations industrielles, celles qui seront à horizon 2035 introduites dans les forces. De fait, certains développements comme les systèmes automatisés létaux (robots OPTIO X 20 avec canon 20mm de Nexter, TheMIS avec missile de moyenne portée), ne devraient pas être intégrés aux forces, puisque les capacités SCORPION ne sont pas prévues pour intégrer des robots dans leurs déploiements. Du moins à ce stade. Cet usage conduit alors à orienter les plateformes utilisées lors des opérations terrestres vers quatre types de domaines : ISR, C2, Eléments de contact, soutien/logistique.

#### ► **La capacité ISR cœur de l'usage des systèmes automatisés**

Les effecteurs ISR ont été les premiers éléments impactés par la numérisation des forces et forment le cœur de l'évolution des systèmes de combat sous SCORPION. Aussi, c'est dans ce cadre que l'intervention des systèmes automatiques est la plus prégnante. L'objectif de leur intégration dans ce domaine est à la fois de développer les capacités d'acquisition des cibles, d'accélérer le traitement et la fiabilité des informations pour fluidifier la décision et d'accélérer le couple acquisition/frappe par une liaison optimale des capteurs et effecteurs.

Dans ce cadre de nombreux systèmes sont envisageables à moyen terme. En premier lieu dans le déploiement de drones tactiques servant de « relais de communication »<sup>22</sup>, pour étendre la portée des systèmes et ainsi fluidifier la manœuvre et allonger la portée des appuis et les zones couvertes par la détection.

En outre, le partage de l'information en traitement automatisé par les optiques intégrés et numérisés des soldats et véhicules SCORPION, permettra par interopérabilité renforcée du système ATLAS ou successeur, de cartographier la zone de manœuvre en temps réel et ainsi de fournir, une aide à la décision pour le chef et un moyen de connexion supérieur des éléments de contact et d'appui pour délivrer les feux indirects. L'automatisation du calcul des coordonnées et de mise à jour des positionnements des pions tactiques, impliquant une accélération significative de la procédure acquisition/décision/frappe<sup>23</sup>.

Enfin, c'est dans les capacités de détection et d'acquisition que le rôle ISR des SA sera le plus important. En allongeant la portée de surveillance et d'observation des éléments de contact, les drones et micro-drones tactiques permettront une augmentation de l'efficacité et de la rapidité de détection et d'acquisition des éléments ennemis. Action d'autant plus efficace qu'elle opère aussi bien en offensive (exploration, infiltration par micro-drones, etc.) qu'en défensive avec l'extension du champ de surveillance et de couverture et ce jusqu'au niveau de la section de combat<sup>24</sup>. Le recours à des systèmes automatisés fournira donc des évolutions dans le cadre de l'ISR en termes d'accélération des

---

<sup>22</sup> Kamesh NAMUDURI, Serge CHAUMETTE, Jae H. KIM, James P.G.STERBENZ, *UAV networks and communications*, Op. Cit., p.20.

<sup>23</sup> Future warfare division, *Operationalizing robotic and autonomous systems in support of Multi-Domain Operations white paper*, Op. Cit., p.17.

<sup>24</sup> Laurent LAGNEAU, « L'armée de terre veut placer les robots 'au cœur du groupe de combat », Op. Cit.

communications et de la chaîne décisionnelle, d'identification et d'acquisition des cibles, et enfin de cartographie de l'espace de bataille.

### ► **L'automatisation des systèmes, outil d'aide à la décision**

Corollaire du développement de l'ISR, l'automatisation de l'action par usage de systèmes de traitement et de robots et drones d'acquisition et de communication, va impacter la structure de commandement et de contrôle des manœuvres tactiques.

En premier lieu, l'introduction d'IA plus robustes et rapides va conduire à une fluidification des communications et une représentation plus claire de la situation AMI/ENI et des espaces de manœuvre, grâce au partage automatique des informations des éléments tactiques jusqu'au PC de zone<sup>25</sup>. Le tout permettant une simplification et une accélération de l'information disponible et donc de la décision. De même, la fluidité des communications et le partage des positions en temps réel permettent d'accélérer le traitement des cibles par les tirs indirects, une fois l'ordre de feu délivré<sup>26</sup>. L'action des systèmes automatisés au niveau de la structure de commandement et de la décision est donc présente dans l'ensemble de la temporalité du commandement : en amont de la décision par simplification et accélération des informations, et en aval par accélération de l'intervalle entre l'ordre et sa réalisation (particulièrement pour les frappes indirectes). Enfin la visualisation du placement des unités par l'automatisation du calcul et de la remontée des positions, permettra une adaptation plus rapide des éléments, notamment en cas de création d'intervalles entre les unités, ou pour des besoins de couverture et de coordination des feux, voire même de réarticulation du dispositif<sup>27</sup> ; conférant ainsi plus de souplesse et d'aisance tactique au chef.

### ► **Les systèmes automatisés au contact comme multiplicateurs des effets et facilitateurs de la manœuvre**

Le recours aux systèmes automatiques dans le cadre de la manœuvre tactique a pour enjeu d'augmenter l'efficacité des unités de contact livrant combat. En effet, il s'agit de leur permettre de mieux réaliser leurs objectifs tout en augmentant leur résilience et leur sûreté. A ce titre deux ensembles forment le cœur de l'usage opérationnel des systèmes autonomes pour les actions de combat : l'amélioration des appuis, et la conduite des actions de reconnaissance/surveillance<sup>28</sup>.

---

<sup>25</sup> Future warfare division, *Operationalizing robotic and autonomous systems in support of Multi-Domain Operations white paper*, Op. Cit., p. V.

<sup>26</sup> Matej TONIN, *Artificial Intelligence: Implications for NATO's Armed Forces*, Nato Parliament Assembly: Science And Technology Committee, 2019, p.3.

<sup>27</sup> Thierry BERTHIER, Gérard de BOISBOISSEL, Eric HAZANE, Olivier KAMPF, Nicolas MAZZUCCHI, Pierre-henri MARCONNET, *Approche économétrique du facteur multiplicateur de puissance associé à l'intégration de systèmes autonomes au sein d'un groupe de combat terrestre*, CREC, 2019, p.13.

<sup>28</sup> Gérard de BOISBOISSEL, *Unmanned Ground Vehicles in Development and Practice - Country Study: France*, in Digital Infantry battlefield solution: research and innovation, DIBS project, 2019, p.77.

⇒ **L'amélioration des appuis peut s'envisager selon le tableau ci-dessous :**

CAPACITES DE DETECTION	ACCELERATION DES TIRS D'APPUI	MUNITIONS MARAUDEUSES	AUGMENTATION DE LA SURETE
Elongation de la portée de détection et partage instantané des localisations AMI et ENI en cas de détection : fiabilisation des coordonnées de tir et multiplication du catalogue de cibles.	La certitude de la position AMI, et la fiabilité de la désignation des cibles, associées à une automatisation du traitement, permettent une fluidité sans précédent de la boucle acquisition/frappe, développant les capacités d'appui en précision, portée et rapidité.	Ces munitions permettent de développer à bas coûts des moyens de saturation avec une forte précision (drones lancés depuis des roquettes longue portée comme le GMRLS américain), développant les capacités des appuis à produire de la masse et un traitement de cibles multiples sans risque de dommages collatéraux.	La portée de détection augmentée par l'usage de systèmes robotisés, permet de détecter plus facilement les mouvements adverses et donc de diminuer les risques d'infiltration des éléments ennemis mais également de mieux localiser les appuis ennemis en cas de tirs de contre batterie.

⇒ **Les systèmes automatisés : moyens d'aide à l'engagement :**

Bien que l'usage de systèmes automatisés armés ne soit pas envisagé à moyen terme au sein des forces françaises, la possession de petits drones tactiques<sup>29</sup> au sein des groupes de combat (en plus de ceux des forces spéciales) est à même de multiplier les effets des éléments de contact.

**En offensive :** un ensemble de missions conduites par ces SA est envisagé, avec des tâches de reconnaissance et d'exploration (itinéraires, carrefours, découverts, zones cloisonnées ou inaccessibles) et de surveillance (flanc garde, couverture, surveillance 3D)<sup>30</sup>.

**En défensive :** les missions de surveillance permanente, mais également de remplacement des patrouilles légères, et de couverture, sont probables par l'usage de systèmes automatisés jusqu'au niveau de la section<sup>31</sup>.

L'emploi de SA, dans ce cadre, est d'une ampleur conséquente sur les opérations et notamment sur la réalisation des missions tactiques, puisque la conduite des missions de reconnaissance et surveillance par ces systèmes permet un allongement de la portée de détection et donc de la capacité technique d'un élément de combat<sup>32</sup>. De même, par soulagement des Hommes de la section du fait de l'allègement de ces activités, un gain d'efficience est doublement produit en augmentant leur

<sup>29</sup> Systèmes étant énoncés par la ministre des Armées comme en cours de développement et intégrés en 2021 dans les GTIA SCORPION. Cf. Laurent LAGNEAU, « L'armée de terre veut placer les robots 'au cœur du groupe de combat' », Op. Cit.

<sup>30</sup> Thierry BERTHIER, Gérard de BOISBOISSEL, Eric HAZANE, Olivier KAMPF, Nicolas MAZZUCCHI, Pierre-henri MARCONNET, *Approche économétrique du facteur multiplicateur de puissance associé à l'intégration de systèmes autonomes au sein d'un groupe de combat terrestre*, Op. Cit., pp.12-14.

<sup>31</sup> Gérard de BOISBOISSEL, *Unmanned Ground Vehicles in Development and Practice - Country Study: France*, Op. Cit., pp.75-76.

<sup>32</sup> Thierry BERTHIER, Gérard de BOISBOISSEL, Eric HAZANE, Olivier KAMPF, Nicolas MAZZUCCHI, Pierre-henri MARCONNET, *Approche économétrique du facteur multiplicateur de puissance associé à l'intégration de systèmes autonomes au sein d'un groupe de combat terrestre*, Op. Cit., p.17.

durabilité mais également en dégageant une masse de manœuvre puisque les éléments humains autrefois accaparés par ces tâches deviennent disponibles pour d'autres missions<sup>33</sup>.

► **Une refonte des missions logistiques par l'automatisation**

La logistique est la fonction tactique la plus concernée par le recours à des systèmes automatisés. La raison est double, vulnérabilité de ces missions ne participant pas directement au succès tactique et facilité de l'automatisation des tâches qui sont fondées sur la mobilité et la capacité de déplacement et de suivi d'itinéraires en autonomes. Ainsi deux domaines sont concernés par l'automatisation et la robotisation à court et moyen terme. En premier lieu il s'agit de l'allègement ou aide à la mobilité des combattants, c'est dans ce cadre que sera expérimenté dès cette année l'usage de « robots-mules » au sein des forces françaises (cinq ont été commandés pour test)<sup>34</sup>. L'objectif étant d'accélérer la manœuvre et d'augmenter la capacité de résilience des unités lors de missions prolongées. Ensuite c'est dans l'assistance au contact qu'est envisagé l'usage de SA en termes logistiques, avec le recours à des robots apportant le ravitaillement aux éléments au contact (pièces de rechange, vivres, munitions)<sup>35</sup>, mais également avec des plateformes robotisées d'EVASAN afin d'éviter l'immobilisation prolongée de la section et de réduire les risques pour les équipes médicales d'évacuation<sup>36</sup>.

Le tour d'horizon des systèmes automatisés et de leur usage tactique envisagé au sein des forces françaises à moyen terme, permet de dégager une synthèse de leur emploi représentée dans le tableau suivant<sup>37</sup> :

CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES AUTOMATISES POUR LES FORCES FRANÇAISES							
Domaines d'emploi	Taille des éléments	Volume de déploiement	Rôle des humains	Vitesse réaction	Missions	Vulnérabilité ou résistance aux armes	Influence sur la conduite du combat terrestre
ISR	Drones tactiques et micro-drones	Conséquent (régiments d'artillerie + régiment dédié du 61 RA + micro drones des éléments de contact).	Primordial : pilotage et traitement des données et images envoyée.	Rapide	Surveillance, traitement automatique des informations, fluidité de la communication, cartographie de l'espace de bataille.	Vulnérabilité faible pour les micro-drones car rapidité et faibles chances de détection.  Vulnérabilité moyenne pour drones tactiques si détection car vol plus lent.	Importante : développement des capacités RENS, réduction de la surprise, démultiplication des effets des tirs indirects.
C2	Ensemble des capteurs	Conséquent : ensemble des capteurs et	Faible pour le traitement	Rapide	Cartographie de l'espace de bataille, fluidité des informations et mise à	Forte aux brouillages et contestations	Importante : aide à la décision,

<sup>33</sup> Ibid., p.18.

<sup>34</sup> Laurent LAGNEAU, « L'armée de terre veut placer les robots 'au cœur du groupe de combat' », Op. Cit.

<sup>35</sup> Gérard de BOISBOISSEL, *Unmanned Ground Vehicles in Development and Practice - Country Study: France*, Op. Cit., p.78.

<sup>36</sup> Ibid., p.79.

<sup>37</sup> Synthèse en concordance avec les projets européens sur le développement de systèmes autonomes terrestres intégrés (UGS) lancé en 2018 avec 10 autres Etats-membres dont l'Allemagne, pour des systèmes devant développer des capacités de transport, imagerie, surveillance, etc. Cf. Sénat, *Défense européenne : le défi de l'autonomie stratégique*, Annexe 2 projets CSP, 2018. - <http://www.senat.fr/rap/r18-626-1/r18-626-119.html>.

		moyens de traitement automatisé de l'information.	des informations et les moyens de communication.		jour en temps réel, rapidité des communications, capacité à réorienter l'action par visualisation des éléments amis.	électromagnétiques.	réduction de la surprise, accélération de la boucle OODA.
<b>Combat</b>	Mini et micro-drones, robots terrestres.	Limité : éléments de reconnaissance et de surveillance au sein des éléments de contact.	Important : pilotage, assignation des missions, contrôle en temps réel.	Moyenne	Surveillance et reconnaissance (en offensive comme en défensive), flanc garde, fluidité de la réaction des appuis et des tirs indirects.	Vulnérabilité faible pour les micro-drones car rapidité et faibles chances de détection.	Moyenne : facilitation des missions et extension de l'efficacité tactique, mais pas de révolution des actions de combat ou de la conduite de la manœuvre.
<b>Soutien/log</b>	Robots terrestres.	Limité : quelques éléments dédiés aux missions de ravitaillement et d'évacuation.	Faible : mise en œuvre et contrôle, mais déplacements autonomes.	Faible	Allègement des éléments de contact, ravitaillement, EVASAN.	Moyenne : résistance aux armes légères par blindage intégré, vulnérabilité aux calibres élevés et aux tirs indirects.	Faible : facilitation de la manœuvre et des opérations, mais pas de rôle primordial dans la victoire tactique.

### III.3.2 – L'impact des systèmes automatisés sur les forces : une refonte de la relation Homme/machine

Le détail du déploiement des SA et de leur rôle dans la manœuvre terrestre ayant été fourni, il convient de s'attacher à son impact sur les forces. Un point focal émerge alors, prérequis indépassable à la réalisation des actions tactiques avec SA évoquées précédemment, la construction d'une relation Homme/machine efficiente et cohérente. Pour ce faire, trois domaines sont impactés : l'appui au commandement, les architectures de communication et la fondation de relations directes entre Hommes et systèmes au sein des groupes tactiques.

#### ► **L'appui au commandement cœur de la relation Homme/machine**

Puisque l'horizon 2035 implique en France non-pas une robotisation massive, mais bien une automatisation des effecteurs, c'est dans le traitement de l'information et sa transmission que se fonde l'apport prioritaire des SA. La relation Homme/machine prend donc toute son importance dans la gestion de ces nouvelles informations et de leur influence sur la décision.

De fait, c'est une rupture progressive des procédures de décision et d'élaboration des ordres qui est en cours de réalisation. Ainsi, alors qu'au niveau tactique et plus encore en micro-tactique, la gestion des missions est organisée par arme et en traitement humain des informations délivrées dans les compte-rendu des supérieurs pour une diffusion des ordres à la voix (radio ou briefing) ; désormais le traitement automatisé des informations et la cartographie de la situation amie dans une zone va entraîner une dématérialisation de l'information et une logique d'action interarmes puisque les contacts auront la vision en temps réel de la situation des appuis (et inversement). De ce fait, le commandement deviendra plus rapide, mais également plus dépendant de la variable technique qui



aura sélectionné les informations et proposera des catalogues d'ordres ou d'opportunités en fonction du « mapping » des unités ennemies vis-à-vis du positionnement des troupes amies.

Cette aide à la décision sera doublée d'une facilitation du commandement par transmission instantanée des ordres, ainsi qu'un contrôle de l'exécution par visualisation en temps réel du positionnement AMI. Les comptes-rendus seront automatisés réduisant le temps de réaction et fluidifiant la manœuvre. L'interaction dans le commandement modifie peu à peu sa nature, puisque la relation directe Homme-Homme devient une relation indirecte Homme-Interface-Homme, avec la rapidité de calcul que cela apporte mais également les éventuelles déconnexions entre l'exécution et la décision. En outre, parallèlement à une plus forte autonomie des éléments tactiques qui pourront gérer contact et appui jusqu'au plus bas échelons, s'oppose une plus grande centralisation et interférence hiérarchique dans la décision tactique puisque la cartographie numérisée du champ de bataille donnera la possibilité au commandement de théâtre d'interagir avec les sections au contact.

La transformation de la relation Homme/machine par l'ajout de l'interface automatisée vient donc bouleverser le rapport de commandement Homme/Homme en transformant la relation hiérarchique plus centralisée pour des actions à l'inverse plus autonomes (par possession de capacités supérieures et intégration optimale contact/appui).

### ► Le prérequis des architectures numériques

La banalisation de l'automatisation pourrait laisser penser qu'il s'agit d'un ensemble acquis dont le développement va de soi. Pourtant, la perspective de l'emploi pour des missions tactiques et les évolutions opérationnelles pressenties impliquent une connexion sans précédent des machines entre elles et des Hommes aux machines. C'est ici que prend place le rôle déterminant des architectures numériques de connexion et de communication, clé de voûte de l'automatisation des forces. Ainsi par exemple du déploiement d'un système de surveillance automatisé à l'image de l'américain CONOPS, mettant en œuvre deux drones MALE et 16 mini-drones tactiques de relais de communication et de détection, pour une extension des moyens de surveillance de forces de contact<sup>38</sup>.

L'ampleur des connexions automatisées et de traitement de l'information entre les capteurs et les effecteurs, comme la capacité des machines à interagir et à se transmettre de l'information entre elles,

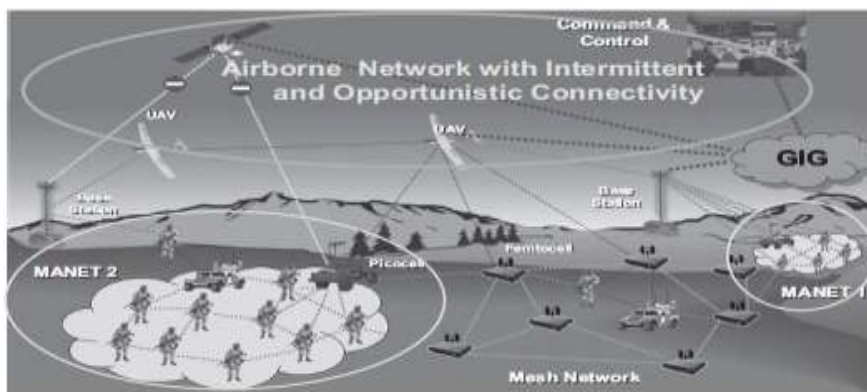


Figure 5.7 UAV internetworking and range extension field demo CONOPS

apparaît ici. Si l'on étend cela à l'ensemble d'un GTIA et au réseau de capteurs et effecteurs interarmes qu'il implique, l'on prend mieux conscience de la cardinalité des architectures numériques.

<sup>38</sup> Kamesh NAMUDURI, Serge CHAUMETTE, Jae H. KIM, James P.G.STERBENZ, UAV networks and communications, Op. Cit., p.108.



L'automatisation est en passe, par la réalisation d'un modèle comparable à celui évoqué par les russes de l'*unified information environment*, de révolutionner l'approche de la communication et du partage de l'information au sein des éléments tactiques. La relation Homme/machine d'auxiliaire devient centrale, puisque c'est la maîtrise de ces outils et de leur usage tactique jusque dans les groupes de combat (partage des informations recueillies par les capteurs, ou des coordonnées par systèmes de désignation laser, *mapping* par tablettes,...) qui fournira l'avantage effectif de la numérisation et de l'automatisation par accélération de la manœuvre, de la décision et de la connexion entre les éléments de contact et les appuis. Bien plus que la *situational awareness*, la multiplication des SA au sein des forces va nécessiter la fondation d'une IA de traitement global supérieure, à même de connecter ces éléments et de traiter la masse d'informations ainsi produite pour fournir une situation non-surchargée aux PC<sup>39</sup>. Définissant alors ces architectures numériques comme le cœur de la réussite de la généralisation des systèmes automatisés et de la possibilité d'une relation Homme/machine efficiente.

### ► **Systèmes automatisés de mêlée et groupes de combat : intégrer un nouveau camarade**

D'emploi encore limité, la mise en œuvre de systèmes automatisés ainsi que la nécessité d'opérer avec des SA dédiés au traitement de l'information et de diffusion de la situation tactique et des ordres, vient introduire jusqu'au niveau du groupe de combat une relation Homme/machine directe qui devient essentielle.

En premier lieu, la composition humaine des unités de combat va être modifiée avec l'introduction d'opérateurs/techniciens des systèmes automatisés qui devront s'intégrer aux missions et feront évoluer la conduite du combat<sup>40</sup> en accomplissant des missions (surveillance, détection) par des plateformes *cybernétisées*, etc. Mais c'est bien dans la gestion des SA et de leur rôle au sein de l'action tactique et du commandement que se situe la principale évolution. En effet, une mutation importante des aptitudes et compétences liées au combat sera effectuée, en prenant en compte le stress psychologique impliqué pour des groupes ayant été initialement formés à une action humaine. C'est notamment le cas pour certaines fonctions qui seront réalisées par des SA (compte-rendu, surveillance, PLO, etc.), ainsi qu'à une approche autrefois directe et limitée à l'échelon immédiatement supérieur pour le commandement et qui verront désormais interférer des ordres des PC de théâtre par cartographie optimale de la situation, ainsi que des ordres dématérialisés et automatisés. Une tendance qui imposera une instruction importante des unités sur ces systèmes et au fil de l'automatisation croissante et de la pérennité des SA au sein des unités (robots-mules, drones de surveillance...), à créer une **confiance** dans les machines et une coopération dans l'exécution de leurs missions (par exemple la mission de couverture automatiquement déléguée aux drones)<sup>41</sup>.

---

<sup>39</sup> Future warfare division, *Operationalizing robotic and autonomous systems in support of Multi-Domain Operations white paper*, Op. Cit., p.27.

<sup>40</sup> Ibid. p.34.

<sup>41</sup> Les américains détaillant ce phénomène jusqu'à prévoir l'instauration d'une « camaraderie » entre Homme et machines à mesure que celles-ci accompliront plus de missions tactiques et verront leur IA se développer et se complexifier. Cf. MAJ. Malon W. BROWN, *Developing readiness to trust artificial intelligence within warfighting teams*, Op. Cit., p.9.

Dans cette perspective on peut réfléchir à des binômes Hommes-machines en s'inspirant de ce qui existe déjà dans d'autres domaines où l'Homme et la machine coopèrent avec succès (chantiers de construction, manutention, surveillance, véhicules automatiques) mais évidemment en les adaptant à l'imprévisibilité des situations de combat, ce qui représente un réel défi.

### III.4 – **Systemes automatisés et opérations terrestres : impacts et enjeux**

#### III.4.1 – Impact des systemes automatisés sur la conduite des opérations

Le développement d'une nouvelle relation Homme/machine et l'augmentation des capacités dans certains domaines (ISR, C2, Contact, Log) par l'introduction de systemes automatisés, entraîne une évolution de la conduite des opérations, avec pour conséquence la création d'avantages et de vulnérabilités nouvelles pour les forces.

AVANTAGES ET VULNERABILITES DES SYSTEMES AUTOMATISES AU SEIN DES FORCES	
Avantages : une démultiplication des capacités	Vulnérabilités : de nouveaux domaines à protéger
<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Réduction des risques des combattants : missions de surveillance et de reconnaissance, EVASAN, compléments Log robotisés, et amélioration de la détection (réduction du risque de surprise).</li> <li>➔ Augmentation de la mobilité des combattants et extension de leur zone d'action (observation, flanc garde, etc.).</li> <li>➔ Fluidité de la manœuvre : lien appui/contact, couverture de plus grandes distances pour l'observation et la communication.</li> <li>➔ Performance du C2 : cartographie de la zone de manœuvre, réduction des intervalles, couverture des zones lacunaires, traitement automatisé du renseignement, simplification des décisions et de la transmission des ordres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Dépendance technique possible : notamment dans le cadre du C2 avec cartographie du champ de bataille et aide à la décision, qui en cas de brouillage pourrait conduire à une paralysie du commandement.</li> <li>➔ Faiblesse face au brouillage ou à l'intrusion cyber : l'automatisation de la communication et du traitement de l'information comme des décisions, entraîne une dépendance au fonctionnement des réseaux numériques, et par conséquent à une vulnérabilité accrue aux actions ennemies de brouillage et d'attaques cyber.</li> </ul>

#### III.4.2 – Systemes automatisés et infovalorisés : l'enjeu de la compatibilité

La compatibilité des SA avec les systemes de combat terrestres, et en particulier les plateformes du programme SCORPION, mérite d'être étudiée. En effet ces engins seront en service lorsque les systemes automatisés deviendront opérationnels, et ils seront utilisés conjointement dans des missions de combat.

Le traitement des données ISR automatisé étant inhérent à l'infovalorisation, c'est dans la communication et l'interaction entre les capteurs/effecteurs automatisés et les véhicules SCORPION que peut apparaître un décalage ou des incompatibilités. Ceci d'autant plus que ces engins n'ont pas été conçus pour accueillir de la robotique et que leur intégration au sein des plateformes n'est pas

prévue<sup>42</sup>. Par conséquent une architecture numérique interne liant engins terrestres et SA externes est actuellement absente, ainsi une nouvelle strate dédiée à l'automatisation de la communication devra être développée. L'adaptation du système SCORPION aux SA permettra alors d'associer au combat infovalorisé des capteurs et effecteurs apportant de nouvelles capacités.

D'une part la multiplication des capteurs permettra une meilleure compréhension de l'environnement, et limitera l'effet de surprise. En outre, comme tout système infovalorisé, SCORPION est susceptible d'être menacé par des attaques électromagnétiques ou cyber, contraignant à adopter des mesures de sauvegarde adaptées dont le passage en mode dégradé pour produire des effets malgré l'attaque ennemie. Dans ce cadre, la délégation momentanée et dans un espace donné, d'une certaine autonomie à des systèmes automatisés ou des systèmes autonomes pourrait s'avérer judicieuse, et mérite une étude approfondie. La limitation de l'autonomie, son contrôle et sa délégation par décision humaine, permettant de ne pas entrer en contradiction avec les prises de positions interdisant les SALA.

## IV. Répondre au défi des SALA ennemis à moyen terme

Seconde étape de la dialectique technique, il s'agit de déterminer la cuirasse susceptible de contrer les systèmes automatisés et surtout autonomes potentiellement mis en œuvre par l'ennemi. Pour ce faire il faut en premier lieu analyser et mesurer la menace en établissant le catalogue des moyens prévisibles adverses, ainsi que les dispositifs de lutte (1). L'adaptation de tels moyens aux capacités françaises nécessitant ensuite de déduire les axes d'efforts prioritaires (2).

### IV.1 – *La lutte contre SALA : cadre général*

#### IV.1.1 – *La menace SALA : tendance des capacités adverses à horizon 2035*

L'étude des doctrines des principales puissances évoquées, décrit une tendance générale à la massification des engins automatisés puis autonomes au sol et près du sol pour conduire des actions de saturation des espaces. L'action de ces systèmes, couplée à l'usage de munitions maraudeuses est de nature à créer un effet disloquant, par manœuvre brutale où le choc des SA et SALA est coordonné avec le feu précis d'une multitude de munitions manoeuvrantes guidées. L'ensemble des moyens mis en œuvre permettant de disposer d'une boucle d'action très courte entre la détection, l'acquisition et le traitement de la cible puisque la communication entre les capteurs et les effecteurs est instantanée et automatisée et nécessite simplement une validation humaine pour opérer le tir de la munition. Ainsi à moyen terme apparaîtront en masse des systèmes composés de flottes de drones terrestres et aériens automatisés contrôlés par un opérateur et mettant en œuvre de 6 à 20 drones en simultané, pour occasionner des effets de saturation en défensive comme en offensive. Les exemples les plus parlants en la matière sont les programmes américains<sup>43</sup>:

---

<sup>42</sup> Laurent LAGNEAU, « *L'armée de terre veut placer les robots 'au cœur du groupe de combat'* », Op. Cit.

<sup>43</sup> Jean-Jacques PATRY, *Quelles réponses peut-on opposer à l'emploi massif de mini et micro-drones aéroterrestres robotisés ?*, Op. Cit., p.20.

- ➔ L'USMC souhaite lancer, une expérimentation d'un groupe de 15 drones/munitions maraudeuses opéré par un seul personnel et capable d'attaquer les drones adverses ou de servir de soutien direct à l'action des unités engagées (*programme Organic Precision Fire - OPF*). Les charges embarquées seraient modulaires : boule/capteurs ISR, charges militaires, guerre électronique.
- ➔ L'Army développe ses capacités de feux indirects des unités de combat expéditionnaires en environnement contesté, dépourvues d'appui aérien rapproché. Cette capacité est basée sur l'emploi de missiles maraudeurs. Elle dispose déjà du *Lethal Miniature Aerial Missile System* (LMAMS), des drones *Switchblade* d'*AeroVironment*, auxquels succéderont aux environs de 2025 les *Enhanced Single Multi-mission Attack Munition* (E SMAMS) basées sur le drone *Coyotte*. Grâce à son futur système de contrôle et de liaison (les *Missile Multiple Simultaneous Engagement Technologies* MSET), l'opérateur pourra superviser simultanément un essaim de 20 engagements de LMAM/SMAMS.
- ➔ Le cas de nuées de *Harrop II* israéliens préfigure aussi cette configuration.

L'action en groupe des effecteurs autonomes adverses dans l'engagement aéroterrestre peut par conséquent se synthétiser comme suit<sup>44</sup> :

EMPLOIS DE AEROTERRESTRES	COLLECTIFS SALA	ISR	COMBAT
Nano-drones (en cours de développement).	Modes d'action infiltration, reconnaissance <i>indoor</i> et souterraine (zone urbaine).		Sans objet pour l'instant.
Groupe 1 (micro et mini-machines)	Constitution d'une bulle mobile micro-tactique de proximité.		Modes d'action offensifs : attaque directe avec charges explosives ou auto-forgées sur cibles fixes ou semi-mobiles.  Modes d'action défensifs : nuage d'interdiction de périmètre type « pop-up ».
Groupe 2 (engins tactiques de petite taille).	Idem. La permanence dépend des dispositifs de rechargement en énergie disponibles (retour automatisés, dispositifs semi-mobiles de rechargement).		Idem. Possibilité d'emports supérieure en charge avec endurance augmentée.  Possibilités de charges chimiques ou radiologiques.
Groupe 3 (engins tactiques)	ISR tactique et opératif « bas » avec déploiement aérien ou tube LRM.  Permanence de la veille et / ou possibilité de basculement rapide d'une bulle ISR.		Modes d'action : attaque directe contre les sites de défense sol-air, bases ou convois. Avec ou sans appui de munitions maraudeuses.  Systèmes gigognes non habités de transport de mini drones d'attaque anti-blindés ou de reconnaissance.

<sup>44</sup> Ibid. p.22.

Une tendance générale se détache de l'usage tactique des SALA, pour une **saturation de l'espace de bataille** par une massification et une généralisation de l'emploi coordonné de munitions voleuses et de robots (terrestres et aériens). Celle-ci est rendue progressivement possible par la génération d'une sphère de « **contrôle élargi** »<sup>45</sup> permettant de développer une masse d'objets à bas coûts. L'objectif étant en offensive de développer une capacité d'attrition des systèmes de manœuvre adverses et de consommation des éléments ennemis d'A2/AD, et en défensive de créer une nouvelle strate d'A2 par formation d'écrans robotisés et d'éléments de contrôle de l'espace. L'usage des SALA entraîne ainsi un **retour de l'attrition comme élément central des opérations aéroterrestres**.

#### IV.1.2 – La lutte contre SALA : tour d'horizon des moyens possibles

Les moyens de se prémunir des SALA adverses sont identiques à toute protection contre un système de force ennemi, et peuvent se diviser entre, l'évitement par les procédures et le camouflage, ou la confrontation pour les détruire.

##### ▶ **Se prémunir des SALA (1/2) : l'évitement**

La lutte contre SALA n'implique pas forcément la destruction des systèmes, un ensemble d'actions passives peut être mis en œuvre pour éviter les systèmes ennemis et conserver sa liberté d'action.

- ➔ *Le camouflage* : Il peut s'appliquer dans la partie visible du spectre électromagnétique pour tromper les systèmes optiques adverses, ou plus largement dans tout le spectre pour duper les capteurs adverses ennemis en pratiquant la déception.
- ➔ *L'évitement* : Il peut bien entendu s'agir de contourner les zones de déploiement prévisibles des systèmes adverses (découverts, zones urbaines, etc.) en préférant des endroits difficilement accessibles (notamment pour contrer les drones terrestres : mobilité supérieure à moyen terme sur les terrains dégradés et les espaces à obstacles multiples), mais surtout il s'agira de disposer de moyens propres à la dispersion des éléments amis afin de diminuer voire neutraliser l'effet de saturation des SALA adverses par extension de la zone à couvrir.

##### ▶ **Se prémunir des SALA (2/2) : l'affrontement**

L'attaque des systèmes adverses peut s'opérer par des modes cinétiques ou-non, visant la destruction des objets, leur paralysie par brouillage ou destruction des capteurs, et l'attaque de la cohésion du groupe et/ou des éléments de communication et de contrôle des flottes. Pour ce faire l'action devra être conduite à l'instar d'un système de défense anti-missiles ou de défense aérienne, recherchant une synergie entre détection, identification et traitement des cibles, imposant de faire évoluer ces trois capacités simultanément sous peine d'inefficacité de la protection<sup>46</sup>.

---

<sup>45</sup> Matej TONIN, *Artificial Intelligence: Implications For Nato's Armed Forces*, Op. Cit., pp.9-12.

<sup>46</sup> Jean-Jacques PATRY, *Quelles réponses peut-on opposer à l'emploi massif de mini et micro-drones aéroterrestres robotisés ?*, Op. Cit., pp. 25-28.

DETECTER	TYPE DE PROCEDES	EFFETS ATTENDUS	CONTRAINTES OU LIMITES
	Radar hautes fréquences et algorithme de reconnaissance de signatures électromagnétiques.	Identification des LSS-UAS et différenciation avec les obstacles aériens (végétation, oiseaux).	Efficacité liée à la précision de l'algorithme pour élimination des signatures non pertinentes.  Limitations topographiques (environnement urbain ou compartimenté).
	Scanner et analyser des fréquences du spectre utilisé par les drones.	Repérage émission radio dans le secteur de surveillance attribué et du type probable de machines employée.	Ne détecte pas la localisation précise de la machine.
IDENTIFIER / POURSUIVRE	TYPE DE PROCEDES	EFFETS ATTENDUS	CONTRAINTES OU LIMITES
	Capteurs électro-optiques : détection de mouvement avec algorithme de reconnaissance de formes et de signatures thermiques.	Combinaisons de capteurs optiques et infrarouges pour observation jour – nuit et identification du type de machine par signature thermique.  Mise en « réseaux neuronaux » des capteurs pour augmenter la rapidité de la détection / identification.	Limitations météorologiques et aérologiques (visibilité, poussières).  Les nouvelles générations de LSS-UAS disposent de moteurs électriques à signature IR réduite ou indétectable dans un environnement congestionné ou urbain.  Plus le réseau de capteurs est dense, plus les informations inutiles saturent le système, meilleurs doivent être les filtres algorithmiques.
	Capteurs de sons et algorithmes de reconnaissance de signatures acoustiques	Identification par signature acoustique.	Limitations topographiques (propagation de sondes sonores), aérologiques (vitesse et direction du vent), niveau du bruit de fond.
TRAITER	TYPE DE PROCEDES	EFFETS ATTENDUS	CONTRAINTES OU LIMITES
	Prise de contrôle du signal ( <i>Spoofing</i> ) pour rediriger la machine dans une direction non dangereuse ou l'obliger à se poser.	Perturbation ou coupure du lien machines – pilote.  Facilité du mode d'action.  - Les LSS-UAS de premières générations ou du commerce fonctionnent sur des réseaux radios non protégés ou grand public à faibles protection (Wi-Fi).  - La généralisation des capteurs GPS pour la navigation rend le <i>spoofing</i> efficace et rentable.	Les nouvelles générations de machine peuvent fonctionner en automatique sans réception de signal.  Développement de réseaux informationnels sécurisés.
	Brouillage du signal ( <i>Jamming</i> ) pour rompre la liaison avec le pilote et pour mettre la machine en mode « incident » (stand-by ou retour au point de départ).	Excellente maîtrise de ces savoir-faire par les forces militaires ou de sécurité.  Permet de gagner le temps nécessaire au traitement physique de la machine.	La machine devient un objet mort qui représente un danger pour le milieu et la population environnants.

	<p>Interdiction physique par choc cinétique.</p>	<p>Destruction de la machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation d'armes automatiques de petits et moyens calibres (munitions classiques ou <i>Air Burst</i>) combinés ou non avec missiles sol-air de courte portée ;</li> <li>- Munitions spéciales de type « filets » très courte portée ;</li> <li>- Drones d'interception par collision directe ou filet ;</li> <li>- Canon à eau (efficace et sans danger à très courte portée et disposant d'un accès facile à l'eau) ;</li> <li>- Lanceurs de projectiles à impact (équipements non létaux des forces de l'ordre, voire armes de <i>Paint Ball</i> automatisées).</li> <li>- Rapaces (pour mémoire ; la fiabilité n'est pas démontrée).</li> </ul>	<p>Problématique bien connue en lutte sol-air de la chute des débris de la cible et des munitions tirées (risques de dommages collatéraux). Les dispositifs légaux et réglementaires de sécurité et de protection des sites sensibles ou économiques difficilement compatibles avec le stockage et l'emploi de munitions réelles.</p> <p>Les nouvelles générations de LSS-UASS seront plus rapides et manœuvrantes, ce qui va compliquer la prise de visée et la poursuite, dans un temps de réaction encore plus réduit, impliquant une automatisation croissante de la défense.</p> <p>Pour les solutions non létales, les effets sont limités à la très courte distance.</p>
	<p>Interdiction physique par armes à énergie dirigée.</p>	<p>Destruction de la machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Par rayon laser</b> permettant, avec les dispositifs miniaturisés actuels, de traiter une cible avec grande précision à partir d'une station mobile ou semi-mobile sur quelques km (distance suffisante pour traiter des groupes limités à quelques dizaines d'unités). Le coût d'un tir est très bon marché comparé aux munitions et missiles. L'arme ne s'épuise pas tant que l'alimentation en énergie est assurée.</li> <li>- <b>Par armes à micro-onde</b> rendant inutilisables les composants électroniques embarqués dans une zone de diffusion. Particulièrement apte à traiter des groupes dronisés autonomes et sans temps de rechargement.</li> </ul>	<p>Facteur SWAP (<i>Size, Weight, and Power</i>) contraignant le développement d'arme efficace déployable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Pour les armes laser</b>, délai de maturation des solutions à fibre optique ; risque de dommages collatéraux (amis ou populations) lié à la réflexion du faisceau ou au cheminement au-delà de la cible notamment avec les lasers solides émettant sur des LO à insécurité oculaire.</li> <li>- Les conditions météorologiques (précipitations, poussières, fumées) restent contraignantes. Ces restrictions expliquent un usage toujours en binôme avec un canon automatique ou un missile TCP.</li> <li>- <b>Pour les armes à micro-onde</b> : problème des portées limitées (W/M<sup>2</sup>). Pour les mêmes raisons, besoins de binôme avec une arme à effet cinétique.</li> </ul>

Le cadre général de la menace SALA, de saturation et d'attrition des forces, et les moyens envisagés pour s'en prémunir ayant été énoncés, il est temps de les appliquer aux capacités françaises afin de déterminer les moyens probables de la lutte contre SALA et les axes d'efforts prioritaires qui émergent de cette lecture.



## **IV.2 – La lutte contre SALA : le cas français**

### **IV.2.1 – L'évitement par camouflage et dispersion**

La maîtrise de la dissimulation et de la déception s'impose dès aujourd'hui du fait de la multiplication des capteurs sur le champ de bataille. Toutefois l'apparition des systèmes automatiques et autonomes va occasionner une augmentation du nombre de capteurs de toutes natures disséminés par l'adversaire sur et autour des zones d'engagement.

Dans la perspective de la mise en service de tels systèmes, il s'agit de pouvoir renforcer les capacités en détectant au plus tôt les capteurs portés par les SA et SALA et de les contrer. L'utilisation des dispositifs traditionnels, peintures de camouflages, filets, obscurissants de toutes natures, constitue une première parade qu'il sera judicieux de compléter par des actions dans tout le spectre électromagnétique pour déjouer l'omniprésence adverse matérialisée par la mise en œuvre de très nombreux objets. Ces actions dans le spectre électromagnétique peuvent constituer un brouillage ou servir de support à des attaques cyber pour tromper ou aveugler les capteurs des SALA.

La dispersion des moyens dans une logique de *swarming* est complémentaire aux actions décrites ci-dessus. Cette dilution des moyens facilitée par les capacités propres aux systèmes infovalorisés devra être optimisée. Les phases de manœuvre conduisant à la concentration des moyens devront être limitées et écourtées. Outre les unités de mêlée, cette exigence s'imposera aux unités d'appui qui devront adapter leur manœuvre pour délivrer des feux en élargissant la surface des positions des batteries et en limitant la durée des tirs depuis les mêmes positions, et aux unités de soutien en fragmentant le transport logistique. Néanmoins, la nature même des éléments de mêlée, centrés sur les véhicules terrestres et le combat débarqué des fantassins, ne permet pas en cas de contact avec les SALA ennemis de disposer d'une capacité de dispersion immédiate. L'échec de la détection et de la capacité de concentration-dispersion rapide, entrainera inévitablement l'imbrication. Dans ce cas, l'évitement demeurera possible mais il faudra alors distinguer entre les pions tactiques, l'élément de contact avec les SALA sera imbriqué et devra donc traiter la menace pour la détruire ou du moins assurer sa retraite, ce sont les autres éléments (renforts, appuis) qui alertés automatiquement de cet affrontement par les SA amis pourront effectuer une dispersion rapide pour un redéploiement optimal.

### **IV.2.2 – L'affrontement des SALA ennemis : des dispositifs limités à monter en puissance à terme**

Pour déterminer les capacités françaises de lutte contre les SALA à horizon 2035 il faut examiner l'ensemble du processus de DRI (Détection, Reconnaissance, Identification), suivi de l'alerte et/ou du traitement des cibles.

Les capacités de DRI devraient s'adapter progressivement à cette nouvelle menace du fait du développement progressif de l'automatisation et de la massification des capteurs. A l'instar des capacités de détection efficaces pour les tirs indirects et les aéronefs ennemis, il suffira d'étendre les procédures au niveau tactique et micro-tactique à ces nouveaux adversaires, et constituer ainsi une bulle d'acquisition englobant les zones de déploiement des forces et garantissant un très faible taux de fausses alertes. Le traitement des cibles quant à lui, s'appuie naturellement sur des systèmes existants mais devra être renforcé du fait de la multiplicité des objets envisagés.



L'éventail des solutions prévisibles est présenté dans le tableau ci-dessous :

LES MOYENS FRANÇAIS DE TRAITEMENT TACTIQUE DES SALA				
MOYENS IMMATERIELS		MOYENS PHYSIQUES		
Attaques cyber	Brouillage	Armes de saturation	Moyens non létaux	Armes à énergie dirigée
Prise de contrôle de systèmes ou paralysie des capteurs et moyens de communication adverses : <b>possible mais limité</b> du fait de l'absence d'opérateurs cyber au sein des formations tactiques, et d'effets non-garantis.	<b>Capacité la plus efficace mais potentiellement délicate</b> : impose pour chaque élément tactique de niveau SGTIA des capacités de brouillage avancées. Mais surtout implique pour les forces amies de pouvoir également opérer en zone brouillée (sauf <i>jamming</i> très ciblé, délicat en cas de réponse à une vague en masse des SALA) et donc de se passer des SA de nos propres forces pendant la durée du combat.	<b>Capacités indispensables mais limitées</b> : moyen de réaction immédiate. L'emport est aisé notamment sur les véhicules des éléments de contact : mitrailleuses téléopérées ou canon de moyen calibre à tir rapide téléopéré. Toutefois leur efficacité reste limitée en cas de mini et micro robots agissant en masse, en plus des risques de chute des débris et de la forte consommation en munitions.	<b>Capacités limitées si non-autonomisées</b> : l'usage de canons à eau, de filets ou même de drones d'interception sera du fait de la rapidité croissante des systèmes ennemis de plus en plus délicate à opérer par contrôle direct ou validation des tirs, aussi l'autonomisation de ces moyens deviendra à moyen terme indispensable pour être efficaces.	<b>Capacité trop éloignée dans le temps</b> . L'efficacité de ces systèmes ne fait pas de doute, mais leur déploiement par des puissances en avance sur ces technologies (USA) n'est pas envisagé avant l'horizon 2040, impliquant un délai supplémentaire en France, débordant donc de l'horizon de cette note.

Au bilan, les capacités probables des forces pour les opérations aéroterrestres dans le traitement des SALA apparaissent limitées et se concentrent surtout sur des capacités de brouillage et d'armes de saturation pour opérer une défense de courte portée. L'estimation des forces en présence entre les systèmes adverses équipés de nombreux SALA et bénéficiant d'un surplus d'efficacité par l'autonomisation (traitement de calcul et capacité de réaction supérieure, ainsi que contraintes plus faibles que les opérateurs ou l'Homme), et les capacités françaises, pourraient présenter un déséquilibre au profit de l'adversaire. On peut anticiper une confrontation entre une force française numérisée privilégiant la manœuvre en souplesse par exploitation des intervalles et usant de la vitesse, et un adversaire mettant en œuvre des systèmes autonomes en recherchant le choc et l'attrition par la saturation des capacités adverses et l'imbrication brutale de ses éléments de contact.

Pour assurer la poursuite de la manœuvre et permettre l'expression des avantages des systèmes français, apparaît le besoin de concevoir une résistance à l'attrition accélérée par la prolifération des systèmes non habités, impliquant de facto une destruction de masse des SALA. Ce qui, pour l'heure, apparaît hors de portée des capacités actuelles de défense sol-air qui enregistreront progressivement un retard (à terme fatal) dans le calcul et le traitement des informations. Par conséquent, seule une autonomie de traitement pourra compenser l'autonomie adverse.

Si à horizon de l'étude ce décalage ne devrait pas être trop important (sauf cas de rupture technologique majeure) c'est à long terme que la problématique émerge. Dans ce cadre plus lointain, trois voies capacitaires pourront alors être opposées à ce phénomène : l'usage limité de SA (entraînant une supériorité des systèmes adverses), l'usage massif de systèmes automatiques pour constituer une défense locale efficace sous forme d'une nouvelle *bulle aéroterrestre*, le recours à des SALA pour contrer ceux de l'adversaire dans un cadre stricte de contrôle et d'emploi pour correspondre aux volontés éthiques.

Le tableau suivant synthétise les configurations de confrontations possibles futures.

CONFIGURATIONS POSSIBLES	1) - USAGE LIMITE DE SA	2) - USAGE MASSIF DE SA	3) - USAGE MASSIF DE SA ET CONTROLE DE SALA
<b>Idée générale</b>	Refus de l'automatisation massive, centralité des plateformes existantes.	Automatisation progressive des forces et massification des engins robotisés pour créer une « bulle » défensive.	Parité d'efficience avec les systèmes ennemis par usage encadré et limité de SALA.
<b>Exemples de capacités déployées</b>	SA limités aux capacités ISR.	Capacités ISR développées et interconnectées entre systèmes et humains. Robots et drones déployés par les engins terrestres pour démultiplier la détection et les chances de traitement (1 <sup>ère</sup> étape du dôme), et servir d'écran aux tirs (interception) pour les menaces ayant franchi les défenses (2 <sup>ème</sup> étape du dôme).	SALA contre-robots. Systèmes passerelles : capacités à évoluer en tant que SALA sur décision humaine, pour un temps limité et avec capacité de désactivation à tout moment par un opérateur. SALA fixes (cf. robot Samsung SGR-A1) gardant une ligne de front sur laquelle la présence d'éléments ennemis est uniquement possible (sur le modèle d'une Limite d'ouverture du Feu pour les forces humaines).
<b>Effets sur le RAPFOR</b>	Faible. Progressif décalage entre l'efficacité tactique des systèmes ennemis et la stagnation des systèmes amis. RAPFOR défavorable.	Important. La fondation du dôme permet une structure défensive efficace, à même d'égaliser le RAPFOR pour permettre une contre-attaque des éléments de manœuvre.	Important. Création d'une parité d'efficacité pour traiter la menace ennemie, dégageant donc en partie les forces de manœuvre de ces obligations, et permettant un RAPFOR favorable.

Les configurations 2 et 3 apparaissant comme seules à même de maintenir les moyens de dominer l'adversaire, trois voies semblent possibles :

- ➔ **L'adjonction de drones-écrans au système SCORPION** : une défense passive contre SALA efficace et à bas coûts peut s'envisager par l'adjonction d'un groupe de machines peu chères (IA limitée à un vol autour des véhicules) pouvant être déployées sur commande pour servir d'écran (comme les leurres des Hélicoptères) et ainsi neutraliser les tirs ennemis.
- ➔ **La réalisation de SALA strictement contre-robots** : le développement des IA permet d'envisager des systèmes pouvant discriminer les machines ennemies des individus ou même des animaux, et ainsi après des tests opérationnels, servir de systèmes de défense par destruction de SALA autonome, dans un espace déterminé et avec capacité de destruction et de prise de contrôle par opérateur humain.

- ➔ **Une délégation d'autonomie en fin de chaîne** : à moyen terme une solution très encadrée de l'autonomie est possible, avec une logique proche de celle des systèmes missiles. Il s'agirait de disposer de « systèmes passerelles » entre automatisation et autonomie, pour obtenir une agilité supérieure ponctuelle en basculant en autonomie pour traiter des cibles identifiées autonomes aux capacités de réaction supérieures à des SA. Apparaîtrait ainsi une autonomie déléguée, limitée et contrôlée, pour un temps déterminé en un lieu déterminé et pour un objectif déterminé.

## V. Implications et recommandations

### ► Implications des systèmes automatisés et autonomes sur les facteurs de supériorité opérationnelle

Les facteurs de supériorité opérationnelle sont sensibles à l'évolution du contexte des opérations et par conséquent influencés par l'introduction massive de systèmes automatisés et autonomes. Ce tableau met en évidence l'évolution de chacun des huit facteurs, confrontés à la généralisation de systèmes automatisés, l'apparition éventuelle de systèmes autonomes et les moyens de lutte contre les SALA utilisés possiblement par l'adversaire.

FSO ET SYSTEMES AUTOMATISES ET AUTONOMES			
FSO	Systèmes automatisés	Systèmes autonomes	Parades aux systèmes autonomes adverses
<b>COMPREHENSION</b>	Cartographie précise de l'espace de bataille (ami) par la multiplication des capteurs.  Meilleur traitement de l'information.	Du fait de la multiplication des capteurs, permanence et amélioration des capacités ISR par résilience des systèmes (brouillard de la guerre édulcoré).	Détection au plus tôt et neutralisation en masse des capteurs : contrer la mise en place d'un dispositif saturant.  Combattre le sentiment d'observation permanente par l'adversaire : réussir malgré cela à retrouver les moyens de la surprise par adaptation du camouflage et de la déception.
<b>COOPERATION</b>	Relation Homme/Machine décuplée par augmentation de l'usage des systèmes.  Traitement automatisé du renseignement et accélération de la boucle détection/décision/frappe (multiplication de l'efficacité des feux indirects).	Création d'une synergie (« confiance ») entre les systèmes autonomes et les systèmes automatisés : nouvelle strate de la relation Homme/Machine = développement d'une réelle <i>cobotique</i> <sup>47</sup> .	Dégrader la confiance (liaisons) entre les éléments de l'adversaire : communication, isolement des plateformes, attaques cyber, etc.
<b>AGILITE</b>	Démultiplication des effets des systèmes pilotés.	Gain d'efficacité supérieure par une optimisation des capteurs	Disposer de systèmes pilotés capables de contrer

<sup>47</sup> Cobotique : science de la collaboration Homme-Machine.

	<p>Accélération du traitement des données et de la boucle de décision.</p> <p>Accélération de la manœuvre, et de la résilience des systèmes.</p> <p>Capacité à intervenir dans des zones interdites à l'Homme (pollution chimique ou nucléaire).</p>	<p>et effecteurs, à même de produire une agilité dépassant les systèmes automatisés.</p>	<p>l'agilité des systèmes autonomes.</p>
<b>MASSE</b>	<p>Masse concrète par développement de systèmes « filles » non-habités et supervisés connectés à des systèmes « mères » habités.</p> <p>Masse relative par l'interconnexion des éléments de frappe (synergie) permettant de mutualiser les effets.</p>	<p>Gain en masse par possibilité d'essaims et nuages de nombreux effecteurs pour un opérateur unique.</p> <p>Production avec la même masse de matière d'un nombre de systèmes supérieur, puisque modules plus petits et produits en masse et réduction du nombre d'opérateurs : production d'un effet de saturation.</p> <p>Massification des munitions possibles (munitions maraudeuses).</p>	<p>Capacités à détecter, identifier, traiter, une multitude d'objectifs simultanés pour annuler l'effet de saturation (massification des munitions ou des effecteurs de type balistique ou rayonnement).</p>
<b>ENDURANCE</b>	<p>Augmentation de la résilience humaine par réduction de l'exposition de l'Homme, et allègement des combattants.</p> <p>Par la multiplication des sous-systèmes protection directe du module de commandement.</p> <p>Résilience accrue des systèmes de communication par multiplication des « engins relais ».</p>	<p>Réduction de la taille des systèmes et massification de leur utilisation (essaims), permettent une résilience supérieure par difficulté de traitement par les moyens adverses.</p> <p>L'autonomie permet que la destruction d'un ou plusieurs effecteurs n'empêche par l'action des autres, favorisant leur résilience.</p> <p>Les capacités de l'action étant uniquement matérielles, les contingences de remplacement sont plus faibles, augmentant la permanence de la masse.</p>	<p>Disposer de capacités de détection et de neutralisation, dans un volume important pour casser la cohésion des systèmes (essaims).</p> <p>Capacités électromagnétiques à développer massivement, puisque l'enjeu devient la neutralisation du système (en masse).</p>
<b>FORCE MORALE</b>	<p>Sentiment de sécurité par la protection offerte par la multiplication des capteurs et le fait de disposer d'un écran de sous-systèmes (réduction de l'exposition).</p>	<p>Remise en cause de la « centralité » de l'Homme : problème des opérations au sein des populations (perte de lien).</p>	<p>Combattre le sentiment d'impuissance pouvant résulter de l'utilisation de systèmes automatiques en masse.</p>

<b>INFLUENCE</b>	Risque de perte d'influence du fait d'un moindre déploiement humain.	Problématique du maintien d'une présence humaine minimum pour pallier à l'inhumanité des systèmes automatisés.	PSYOPS : dénonciation de l'adversaire déconnecté de l'humanité de la guerre.
<b>PERFORMANCE DU COMMANDEMENT</b>	<p>Accélération de la boucle OODA par maîtrise de l'emploi de systèmes de traitement de l'information automatisés.</p> <p>Limitation de la surprise adverse par détection supérieure des menaces.</p> <p>Fluidification du combat par synergie augmentée entre les appuis et le contact.</p> <p>Maitrise des modes dégradés pour faire face aux attaques cybernétisées ennemies.</p>	<p>Augmentation de l'ensemble de ces capacités par massification des capteurs et effecteurs.</p> <p>Centralité accrue de la décision et du commandement pour la délégation optimale de l'autonomie (fondation d'une nouvelle strate de décision et de commandement opérationnel).</p>	<p>Connaissance de systèmes adverses.</p> <p>Maitrise de l'action en mode dégradé pour disposer des moyens d'agir sur la capacité électromagnétique sans en subir les conséquences (brouillage...).</p>

► **Recommandations traduites en DORESE**

Le tableau ci-dessus, met en exergue que la préservation de la supériorité opérationnelle, face à l'apparition de systèmes automatisés ou autonomes, implique de prendre des mesures en termes capacitaires dans la logique DORESE.

<b>RECOMMANDATIONS EN DORESE</b>	
<b>DOCTRINE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Préciser la place du combattant au contact et des systèmes automatisés dans la structure des forces et le combat aéroterrestre</b> : procédures de formation, rôle des machines (auxiliaire, missions dédiées, etc.), lien Homme/Machine, prise en compte de l'évolution de la place de l'Homme en fonction des développements de l'automatisation et de l'autonomie des systèmes (distanciation vis-à-vis du danger tout en conservant sa place centrale).</li> <li>➔ <b>Définir une doctrine de l'usage des SALA et SA (volet éthique)</b> dans une logique juridique, fournissant un cadre d'emploi (type ROE).</li> <li>➔ <b>Proposer un axe de recherche du renseignement</b> en mesure de suivre, anticiper et comprendre les évolutions de la cybernétisation des forces (étatiques ou non) ennemies.</li> <li>➔ <b>Rédiger des documents de tous niveaux sur l'emploi des systèmes automatisés et robotisés.</b></li> </ul>
<b>ORGANISATION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Se préparer à une évolution de la structure des forces avec l'introduction massive de systèmes automatisés et autonomes non létaux</b> : définition de la place des opérateurs, formation des chefs à l'intégration de ces nouvelles capacités.</li> <li>➔ <b>Développer des moyens adaptés à la lutte contre les SALA adverses</b> : création d'une défense intégrée sol-air courte portée et très courte portée avec strate antisystèmes inhabités.</li> <li>➔ <b>S'interroger sur la pertinence de la définition d'un process de commandement particulier pour s'adapter à la rapidité de captation et de vélocité des systèmes d'armes automatisés, et définir s'il faut automatiser dans ce cadre un certain nombre de process de commandement.</b></li> <li>➔ <b>Réfléchir à une évolution éventuelle du corps des sous-officiers</b> : sur un modèle proche de celui des pilotes (ALAT), le recrutement d'opérateurs pour les SA conduira à une nécessaire augmentation de la qualification et par conséquent à des postes de sous-officiers plus nombreux.</li> </ul>

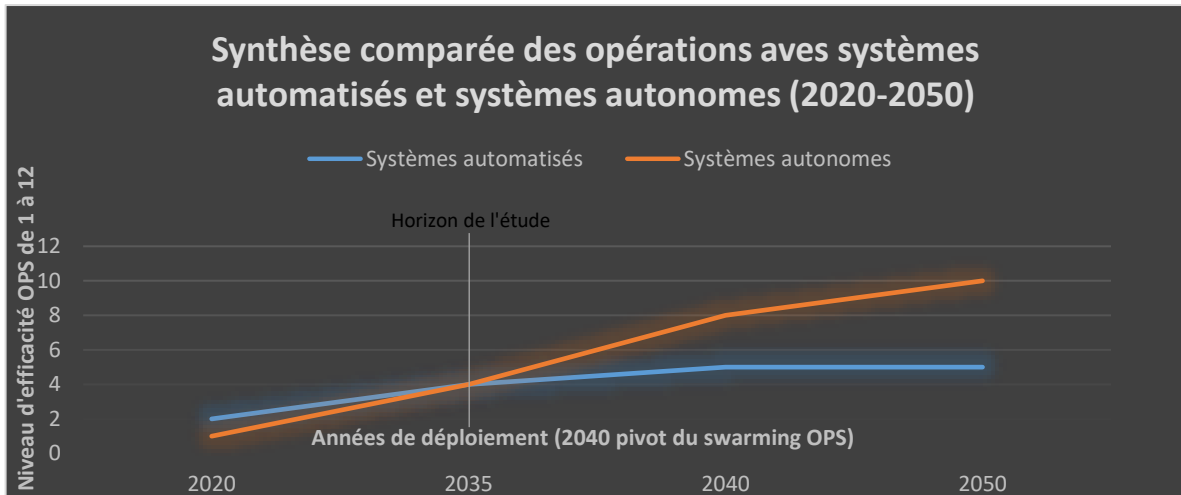
<b>RESSOURCES-HUMAINES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Se préparer au recrutement de combattants spécialisés</b> (mécanique, informatique) pour former des opérateurs capables de piloter les systèmes automatisés et de combattre.</li> <li>➔ <b>Anticiper les évolutions des ordres de bataille du fait de l'arrivée des systèmes automatisés et autonomes</b> (incidence sur les effectifs humains, place des opérateurs industriels).</li> </ul>
<b>ENTRAINEMENT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Compléter l'entraînement tactique</b> des forces de contact et d'appui autour de l'usage des systèmes robotisés et automatisés (notamment dans la délégation des missions de surveillance et d'exploration) : expérimentations par un nouveau parcours tactique aux centres d'entraînement (CENTAC/CENZUB), voire la création d'un centre spécialisé.</li> <li>➔ <b>Adapter la formation au commandement par l'ajout de cours centrés sur l'usage des systèmes automatisés et robotisés pour les éléments de contact comme pour les PC</b> : maîtrise de ces outils pour l'aide à la décision, cas d'emploi, pertinence des renseignements ainsi obtenus, procédures d'emploi, aptitude en cas d'agression électromagnétique à agir selon un mode dégradé judicieusement choisi, etc.</li> </ul>
<b>SOUTIEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Développer des moyens automatisés et autonomes de ravitaillement et de MEDEVAC</b> pour accélération des manœuvres, réduction des risques, et économie des moyens humains.</li> <li>➔ <b>Rationaliser les besoins en ravitaillement et réparation</b> par l'automatisation et le développement de l'IA.</li> </ul>
<b>EQUIPEMENT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ <b>Massifier les moyens cinétiques</b> (notamment en emport sur les véhicules) <b>et les munitions adaptées</b> pour parer à l'effet de saturation provoqué par l'utilisation de SALA par l'adversaire.</li> <li>➔ <b>Développer des brouilleurs sélectifs, et armes à rayonnement</b> intégrés au sein des compagnies de combat pour disposer d'une capacité micro-tactique de défense contre SALA.</li> <li>➔ Développer des systèmes d'armes et des munitions adaptés à la lutte contre SALA en complément des systèmes ci-dessus : <b>capacités robotisées défensives de lutte contre SALA avec autonomie limitée et contrôlée</b> (pour garantir une agilité et une efficacité de même nature)<sup>48</sup>, munitions rodeuses intelligentes.</li> <li>➔ <b>Développer les architectures numériques</b> : architecture globale pour lier les capteurs et effecteurs automatisés, entre eux et aux forces (prérequis de la cartographie du champ de bataille) ; mais également architectures spécifiques pour encadrer les cas de délégation d'autonomie et permettre la compatibilité des systèmes SCORPION et des éléments robotisés.</li> </ul>

## VI. Conclusion

Les développements présentés dans cette note sont basés sur l'étude de la dynamique de l'automatisation des systèmes étrangers et sur les choix capacitaires français pour utiliser les SA en opération ou contrer les SALA adverses. Ils permettent de décliner et d'estimer dans une logique de comparaison les systèmes automatisés et autonomes envisageables à l'horizon de l'étude et au-delà jusqu'en 2050 pour les capacités adverses<sup>49</sup>.

<sup>48</sup> A ce titre l'exemple du robot Samsung SGR-A1 précédemment cité est emblématique, avec une identification et une semonce autonome, et une alerte du PC opérateur pour le déclenchement de feux létaux. Voir même une autonomie complète possible, sans problématique éthique, puisque le système étant fixe si le PC estime que tout ce qui dépasse la limite de tir devant le robot est un ennemi (cas de ligne de front) alors le tir peut s'effectuer en autonomie et respecter les ROE. Cf. <https://www.contrepoints.org/2015/01/07/193558-robotisation-de-la-guerre-le-soldat-sgr-a1-lultime-sentinelle>.

<sup>49</sup> Synthèse de la perception doctrinale étrangère, notamment américaine, définissant à horizon 2050 une efficacité des systèmes autonomes deux fois supérieure à celle des systèmes automatiques. Cf. Secretary of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2017-2042*, Op. Cit. pp.18-22.



Ce comparatif met en exergue la dynamique répondant aux trois grandes interrogations de cette note<sup>50</sup> :

- ➔ La relation Homme-Machine deviendra de plus en plus intégrée avec la fondation d'une relation de confiance par l'automatisation et l'autonomisation croissante.
- ➔ Les avantages des systèmes automatisés et autonomes (masse, économie des moyens, agilité, rapidité, etc.) s'avèreront suffisamment supérieurs aux inconvénients (vulnérabilité cyber et de brouillage) pour conduire à des déploiements massifs au niveau mondial.
- ➔ La lutte contre SALA sera développée (armes à énergie dirigée, actions non-cinétiques), toutefois elle ne pourra s'affranchir des menaces de saturation du fait des volumes d'engins impliqués. Elle trouvera sûrement son efficacité à terme, en exploitant les opportunités d'une lutte systèmes robotisés contre systèmes robotisés et donc de la massification progressive de ceux-ci.

La dynamique opérationnelle et l'influence de ces systèmes sur le combat aéroterrestre nécessitent une anticipation. Si à court et moyen terme le rapport semble équilibré, un risque de décalage progressif émerge à long terme entre nos capacités et les systèmes ennemis autonomes.

La voie de l'automatisation prévue à moyen terme implique de se préparer à l'affrontement des systèmes ennemis autonomes. Il s'agit en particulier d'explorer les opportunités et risques de l'autonomie, afin de développer une capacité efficace compatible avec le cadre éthique et politique. Faute de quoi à long terme un nouveau contexte tactico-opératif pourrait s'imposer, les forces de manœuvres amies étant paralysées par des éléments autonomes à efficacité supérieure formant un nouvel *Anti-Access* (aussi bien en offensif en fixation des éléments de manœuvre, qu'en défensif par un déploiement en protection de structures critiques), pouvant constituer un atout majeur pour l'adversaire.

<sup>50</sup> Conformément au schéma ci-dessus le début du basculement théorique en termes d'efficacité au profit des systèmes autonomes pourrait se produire à partir de 2015 pour produire des effets dans les décennies suivantes. Toutefois, ces dates sont susceptibles d'être avancées en fonction de ruptures technologiques pouvant se manifester dans la période étudiée. Ces phénomènes disruptifs pourraient principalement intéresser les domaines de l'intelligence artificielle précipitant l'autonomie, les nanotechnologies accentuant la miniaturisation de systèmes complexes ou des mesures d'ordre éthiques conduisant à des interdictions de systèmes autonomes létaux au niveau mondial.



## Annexe n° 01 : classement des drones US Army et OTAN

UAS Groups 1 thru 5 (Emphasis on Low- Slow- Small Systems)		
Group 1 Micro / Mini UAS	Weighs 20 pounds or less and normally operates below 1,200 feet above ground level (AGL) at speeds less than 100 knots	These systems are generally hand launched including hobby type UAS. They offer real time video and control, and have small payload capabilities. Operated within line of sight of user.
Group 2 Small Tactical	Weighs 21–55 pounds and normally operates below 3,500 feet AGL at speeds less than 250 knots	Small airframes, low radar cross-sections, and provide medium range and endurance. Requires line of sight to the ground control station.
Group 3 Tactical	Weighs more than 55 pounds, but less than 1,320 pounds, and normally operates below 18,000 feet mean sea level (MSL) at speeds less than 250 knots	Range and endurance varies significantly among platforms. Requires a larger logistics footprint than Groups 1 and 2.
Group 4 Persistent	Weighs more than 1,320 pounds and normally operates below 18,000 feet MSL at any speed	Relatively large systems operated at medium to high altitudes. This group has extended range and endurance capabilities (may require runway for launch and recovery).
Group 5 Penetrating	Weighs more than 1,320 pounds and normally operates higher than 18,000 feet MSL at any speed	Operated at medium to high altitudes having the greatest range, endurance, and airspeed. Requires large logistical footprint similar to that of manned aircraft.
AGL above ground level      MSL mean sea level      UAS unmanned aircraft system		

Source : ATP 3-01.81, *Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS) Techniques*, US Army, April 2017, p 1-3.



NATO UAS CLASSIFICATION						
Class	Category	Normal Employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example Platform
Class III (> 600 kg)	Strike/Combat*	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theatre	Reaper
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theatre	Global Hawk
	MALE	Operational/Theatre	Up to 45,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	JTF	Heron
Class II (150 kg - 600 kg)	Tactical	Tactical Formation	Up to 18,000 ft AGL	200 km (LOS)	Brigade	Hermes 450
Class I (< 150 kg)	Small (>15 kg)	Tactical Unit	Up to 5,000 ft AGL	50 km (LOS)	Battalion, Regiment	Scan Eagle
	Mini (<15 kg)	Tactical Subunit (manual or hand launch)	Up to 3,000 ft AGL	Up to 25 km (LOS)	Company, Platoon, Squad	Skylark
	Micro** (<66 J)	Tactical Subunit (manual or hand launch)	Up to 200 ft AGL	Up to 5 km (LOS)	Platoon, Squad	Black Widow

\*Note: In the event the UAS is armed, the operator should comply with the applicable Joint Mission Qualifications in ATP-3.3.7 (STANAG 4670) and the system will need to comply with applicable airworthiness standards, regulations, policy, treaty, and legal considerations.

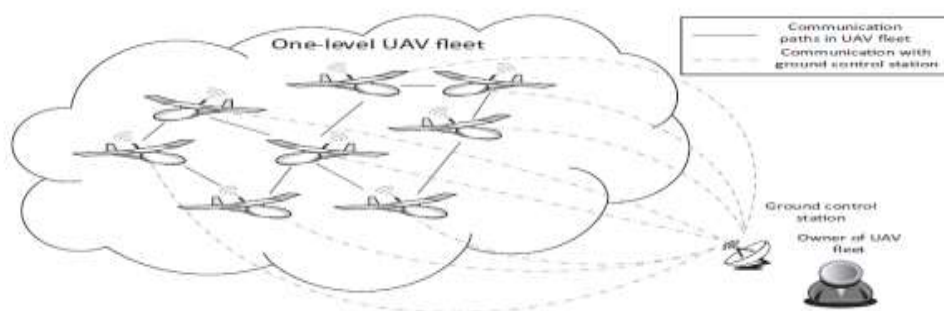
\*\*Note: UAS that have a maximum energy state less than 66 Joules are not likely to cause significant damage to life or property, and do not need to be classified or regulated for airworthiness, training, etc. purposes unless they have the ability to handle hazardous payloads (explosive, toxins, chemical/biological agents, etc.).

Source : NATO STANAG 4670 – ATP-3.3.7, (Edition 3) *Guidance for the Training of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators*, NATO Standardization Agency, 2014..

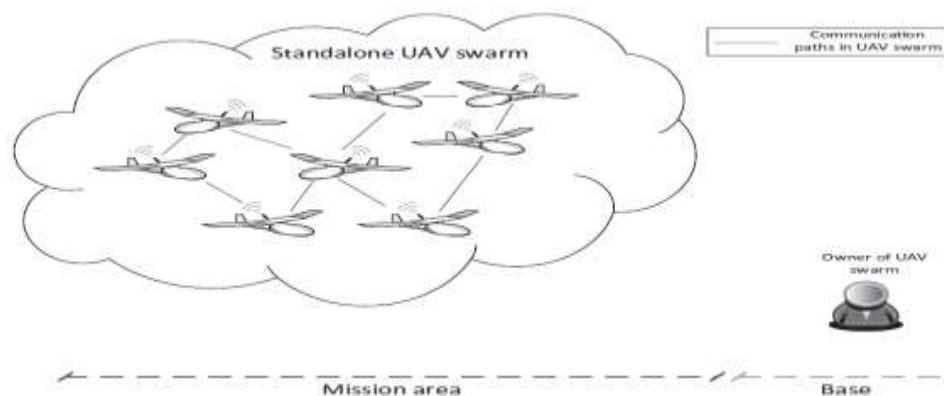
## Annexe n° 02 : modèles génériques de Collaborative Operations entre systèmes automatisés et autonomes

Pour des questions de clarté les schémas ici représentés concernent des drones, systèmes à même de basculer le plus rapidement dans une logique d'essaims et de flottes puisqu'agissant dans un espace homogène (l'air). A l'inverse les robots terrestres, du fait des contraintes de franchissement, ainsi que de la plus grande présence d'obstacles et de la nécessité d'agir au contact de populations, auront une réactivité plus longue à développer (dimension technique plus complexe). Toutefois, à long terme leur emploi opérationnel sera identique, aussi ces modèles opérationnels sont applicables à l'ensemble des capacités robotisées et automatisées<sup>51</sup>.

**Flotte :**



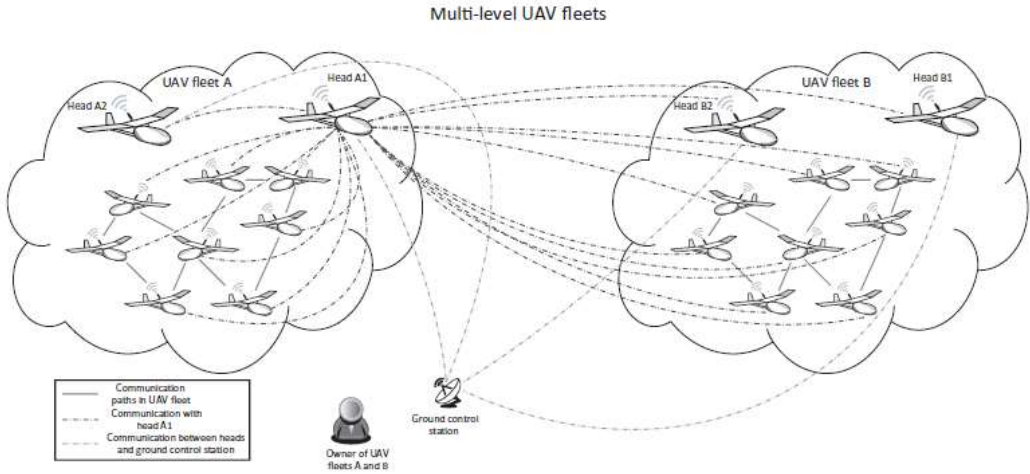
**Swarming :**



<sup>51</sup> Kamesh NAMUDURI, Serge CHAUMETTE, Jae H. Kim, James P.G.STERBENZ, *UAV networks and communications*, Cambridge university press, 2018, pp. 173-175.

Les systèmes automatisés vont-ils redéfinir la nature du combat terrestre ?

**Collaborative Operations :**



## Annexe n° 03 - Combattre avec des systèmes autonomes : synthèse doctrinale et capacitaire

---

Ce développement a servi de socle aux analyses et conclusions formulées dans le corps de la note.

Bien que le cœur de cette note ne porte pas sur les dimensions capacitaires et techniques, il semble essentiel de définir les déterminants technologiques de l'évolution et du développement des SA ainsi que l'ensemble des enjeux structurels impliqués.

### ► Les systèmes autonomes : quelle technologie pour quels enjeux ?

La maîtrise de systèmes automatisés et autonomes interopérables et agissants en groupe, si elle n'est pas actuelle, s'avère probable – voire certaine- dans un avenir proche. Aussi il ne s'agit pas seulement de penser l'introduction d'un nouveau système capacitaire au sein des forces, comme une simple innovation de l'armement, du fait de ses conséquences opérationnelles majeures et inédites, telle la conduite d'opérations en relative autonomie, l'introduction des SA est en passe de transformer le combat et la manœuvre. Par conséquent c'est une vision globale qu'il convient d'adopter pour anticiper au mieux ces évolutions en insistant en particulier sur : la technique, les avantages/vulnérabilités, et les enjeux opérationnels.

#### ***La dynamique technique des systèmes autonomes***

Pour appréhender le développement des systèmes automatisés et surtout détenir des éléments de prévision crédibles de leur évolution, il convient de s'attarder aux déterminants techniques fondamentaux. Dans le cadre de l'impact opérationnel de ces systèmes, deux points fondamentaux structurent la littérature sur le sujet : **l'autonomie et la communication**.

L'autonomie est l'élément clé qui distingue le robot de l'objet, c'est donc bien ici qu'est fondé le cœur de l'évolution de ces systèmes. En effet, la révolution opérationnelle par l'usage d'éléments automatisés, ne provient pas du matériel, mais de sa capacité à opérer indépendamment pour atteindre des objectifs<sup>52</sup>, c'est-à-dire d'agir en relative autonomie. Pour ce faire il faut un développement de ses moyens de sélection entre plusieurs éléments possibles (discrimination et réflexion), de son partage des informations, et d'adaptation aux forces amies (coordination/réactivité).

Le cœur de l'autonomie prend ainsi place dans la maîtrise mais surtout le développement des capacités que sont la coordination et la collaboration, ce n'est qu'avec de telles avancées que pourront s'organiser les actions entre systèmes et donc créer des missions complètes. Un cap technique émerge ainsi, dans la maîtrise du « *swarming* », cette action en essais autonomes étant la traduction

---

<sup>52</sup> Secretary of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2017-2042*, Op. Cit., p.17.

opérationnelle des développements de moyens de coordination et collaboration<sup>53</sup>. Or, la conduite de telles actions dépend de la maîtrise technique d'une capacité qu'est l'Intelligence Artificielle (IA)<sup>54</sup>. C'est sous ce prisme qu'il faut comprendre la volonté du gouvernement chinois de devenir le « leader mondial de l'IA d'ici 2030 »<sup>55</sup>, puisque la clé de l'évolution de la robotique civile comme militaire et son efficacité opérationnelle réside dans l'IA.

Ainsi le premier cadre de l'évolution technique et de la tendance probable de développement des SA réside dans l'autonomie et est pour ce faire fondamentalement dirigé par l'évolution des IA et de son intégration dans les systèmes militaires.

En parallèle de cet impératif d'autonomie, un élément structurant le développement des SA réside dans la communication. De fait, quand bien même un robot peut agir indépendamment et en collaboration avec les autres robots pour une mission, il restera toujours intégré dans un système global de forces lors d'opérations militaires. Les SA et SALA sont donc tributaires d'architectures numériques efficaces et résilientes permettant de les connecter aux forces et de les insérer dans la boucle décisionnelle, cœur de la relation Homme/machine. Cette communication est en outre doublée des systèmes numériques de déploiement et de contrôle pour les opérateurs qui vont assigner les missions, sans quoi la dimension opérationnelle serait rompue.

L'évolution des systèmes robotisés, ainsi que les capacités de prédiction concernant leurs capacités futures, sont donc contenues au point de vue opérationnel dans le développement des capacités d'autonomie (au travers du prisme de l'IA) et de communication (architectures numériques et réseaux de communication et de contrôle machines/machines et Hommes/machines).

### ***Opportunités et risques de l'emploi de systèmes automatisés et autonomes***

Les systèmes automatisés et autonomes prennent de l'importance dans la conduite d'opérations militaires du fait de leurs capacités supposées à transformer le déroulement de ces engagements. Leur introduction progressive au sein des forces ne peut par conséquent pas être seulement considérée comme un multiplicateur des effets ou facilitateur de l'action, mais tend à produire des opportunités opérationnelles significatives. Deux éléments centraux émergent des diverses publications doctrinales :

- ➔ **L'influence dans l'ensemble des fonctions opérationnelles** : le développement des SA se présente comme une innovation omni-domaines, puisque leur déploiement intéresse aussi bien les fonctions de soutien logistique, que d'appui et de contact.

⇒ Soutien logistique : EVASAN automatisées, ravitaillement de contact par éléments robotisés, convois logistiques autonomes.

---

<sup>53</sup> Jean-Jacques PATRY, *Quelles réponses peut-on opposer à l'emploi massif de mini et micro-drones aéroterrestres robotisés ?*, Op. Cit., pp.13-19.

<sup>54</sup> Maj. Malon W. BROWN, *Developing readiness to trust artificial intelligence within warfighting teams*, Defense studies, 2020, p.3.

<sup>55</sup> Matej TONIN (rapporteur.), *Artificial intelligence : implications for NATO's armed forces*, Nato parliament assembly : science and technology committee, 2019, p.11.

- ⇒ Appui : éléments ISR (relais et extension de la communication), extension et fluidification de l'acquisition et de la boucle OODA, frappes avec des munitions maraudeuses pour saturation et suivi en boucle courte des effets occasionnés.
- ⇒ Contact : assistance non-létale (surveillance, écran, reconnaissance, exploration) et assistance létale (augmentation de la puissance de feu, reconnaissance automatique, etc.).

➔ **La conception de nouvelles missions** (et/ou leur refonte) : particulièrement énoncée au sein des publications américaines et russes, le développement de SALA à long terme permettra de conduire de nouvelles missions entièrement dédiées à ces éléments robotisés et ce en synergie avec les éléments humains dans le cadre de la manœuvre aéroterrestre. Ainsi, dans la vision américaine ces systèmes vont permettre la réalisation des actions multi-domaines en déléguant les missions de saturation des systèmes AD aux robots de contact et d'appui, mais également d'occupation et de surveillance des espaces lacunaires. Pour sa part la doctrine russe envisage l'utilisation des robots en tant qu'éléments de saturation de la zone de contact, ainsi les SA et SALA devront fixer les forces ennemies et conduire des actions de déception, tandis que les éléments humains exécuteront des missions dans la profondeur.

Le volet nucléaire est également mis en exergue, en particulier dans son aspect défensif. En effet, l'augmentation des capteurs ainsi que l'automatisation des informations et la rapidité de calcul, est perçue comme un moyen de densifier et de fiabiliser l'alerte et l'interception dans le cadre de la lutte anti-missiles selon les doctrines étrangères et en particulier russe<sup>56</sup>. De même un usage de ces systèmes est dès à présent possible pour l'action en zones interdites (chimiques et nucléaires) pour conduire les actions de délimitation, mesure et exploration. A long terme l'autonomie permet même d'envisager des combats en zone contestée (notamment chimique) délivrant de nouvelles capacités de manœuvre.

Comme toute innovation en matière de défense, les éléments automatisés introduisent de nouvelles vulnérabilités, d'autant plus à prendre en compte que ces SA conduiront des missions et auront donc en cas de destruction ou d'incapacité, une responsabilité directe dans les échecs. Aussi devront être développés en même temps que ces matériels, des moyens de palier aux failles énoncées dans le tableau suivant :

	MENACES CINÉTIQUES ET NON-CINÉTIQUES	MENACES CYBER	MENACES D'INFILTRATION
<b>Exemples de menaces</b>	Armes à énergie dirigée, armes de tirs de saturation, brouillages électroniques.	Brouillage, interception des communications avec le contrôleur ou entre les appareils, prise de contrôle.	Capture et retournement d'un système, imitation du système pour infiltrer une zone, modification de la signature électronique.
<b>Réponses envisagées dans les doctrines</b>	Blindage renforcé, hypervélocité, masse suffisante pour submerger la défense ennemie.	Développement des capacités réactives, mécanismes d'actions en moyens dégradés.	Cryptage des systèmes de communication et de mise en service des engins, systèmes d'autodestruction.

<sup>56</sup> Thibault FOUILLET, Bruno LASSALLE, *Le concept russe de 'guerre nouvelle génération' quelle exploitation pour l'Armée de Terre ?*, Op. cit., p.16.



## ► **Systèmes automatisés et opérations militaires : quels enjeux ?**

Au-delà des seules forces françaises, certains enjeux de l'introduction des SA s'imposeront à tous les Etats à l'avenir du fait des développements de l'autonomie des systèmes. Ainsi, une prise de position dans ces domaines devra à moyen terme être arrêtée (si cela n'a pas déjà été fait), sous peine de subir l'influence (notamment technique) des choix des autres Etats. Quatre ensembles sont mis en exergue :

### ***La dimension éthique :***

Largement évoquée lorsqu'il s'agit de traiter de l'usage militaire des robots avec la possibilité de systèmes létaux autonomes, il ne s'agit pas ici de trancher la question ou de se substituer à l'abondante littérature sur le sujet. Néanmoins, ce sont les conséquences opérationnelles, trop souvent ignorées, qui sont ici mises en avant, puisque de fait la souscription à une interdiction des systèmes létaux autonomes et même des systèmes combattants semi-autonomes, ou *a contrario* leur acceptation, viendra influencer la réalité des opérations. A titre d'exemple, la voie de l'interdiction de systèmes létaux empruntée par le Canada<sup>57</sup> implique une spécialisation de ce pays sur les systèmes automatisés et autonomes de soutien et de logistique. A l'inverse la position chinoise qui ne mentionne pas dans ses documents la contrainte éthique et qui milite pour un usage massif de l'IA et de la robotique, semble pencher pour un déploiement massif d'engins autonomes de mêlée.

### ***La place de l'Homme dans le combat :***

Autre grand débat de la littérature sur le sujet, la place des humains dans l'action tactique face à la massification progressive des SA. Quel que soit le choix des armées pour la mise en œuvre des systèmes automatisés, la question de l'éjection progressive de l'Homme des zones de combats (contact et appui) sera posée du fait de la supériorité de calcul et de rapidité de réactivité des SA sur les opérateurs humains<sup>58</sup>.

A titre d'exemple est énoncée la dynamique d'automatisation du combat aérien, avec une tendance double, de distanciation de la frappe par drones (le pilote n'étant plus désormais au sein de l'appareil de combat) ; et de création d'avions de combat autonomes pour des raisons budgétaires et sécuritaires (pas de pertes humaines en cas de destruction) mais surtout d'efficacité de l'action, puisque des tests conduits en 2017 aux Etats-Unis ont fait émerger dans des simulations de combat de type « dogfight » la victoire de systèmes automatisés sur des pilotes de l'AirForce (par vitesse supérieure de calcul et accélération de la boucle OODA)<sup>59</sup>. Dans cet exemple, la machine pilotée est bridée dans ses performances par les limitations physiologiques de l'homme qui ne peut par exemple pas subir autant de g qu'une machine inhabitée et donc évoluer de manière aussi brusque et serrée.

---

<sup>57</sup> Peter GIZEWSKI, *Unmanned ground vehicles in development and practice : country study : Canada*, in Digital Infantry battlefield solution : research and innovation, DIBS project, 2019, p.54.

<sup>58</sup> C'est le parti pris chinois, qui constatant le développement exponentiel de la rapidité de traitement des machines considère l'avenir de la guerre comme éjectant l'individu du combat puisque son temps de réaction sera forcément trop long face aux frappes robotisées ennemies. Ainsi, la Chine entend devenir le leader mondial de l'IA pour gagner cette compétition dans la rapidité de l'action et du calcul et entend par le remplacement massif des opérateurs par des IA, disposer d'un avantage militaire décisif. Cf. Elsa B. KANIA, *Battlefield singularity : artificial intelligence, military revolution, and China's future military power*, Center for a new american security, 2017, pp. 8-21.

<sup>59</sup> Arash Heydarian PASHAKHANLOU, « AI, Autonomy, and Airpower: The End of Pilots? », *Defense studies*, march 2019, p.343.

### **Le rôle de la BITD :**

Les systèmes automatisés et autonomes ainsi que l'IA ont la particularité d'être des dispositifs issus pour une très large proportion du monde civil. De fait, c'est ce dernier qui fait émerger les avancées les plus significatives et semble donc être à l'origine de possibles évolutions disruptives. Aussi, l'introduction des SA dans les forces mais surtout le développement de ces systèmes et la maîtrise des *gaps* technologiques à venir (tel le *swarming* opérationnel) dépendra de la constitution d'une BITD intégrative ayant systématisée et institutionnalisée la récupération/utilisation/exploitation des innovations civiles nationales à des fins militaires<sup>60</sup>.

### **Les domaines clés du développement technique :**

Certaines innovations techniques, si elles ne sont pas directement liées aux SA seront indirectement comptable de leur succès opérationnel. C'est le cas de trois ensembles :

- ➔ **L'impression 3D** : par sa capacité de réplification même à grande échelle (projets de FOB créées par impression 3D), cette technologie est un amplificateur des effets des SA en permettant une massification sur un théâtre d'opération et surtout une très grande résilience par remplacement des pièces endommagées et allègement/raccourcissement de la chaîne logistique. Sans oublier l'apport de ces technologies dans les combats asymétriques par la fabrication d'engins dans une logique artisanale.
- ➔ **Les nanotechnologies** : du fait des capacités de miniaturisation des composants qu'elles impliquent, une transformation des plateformes automatisées et autonomes est envisageable. Avec l'absence de la contrainte d'habitabilité au sein d'un système, les SA pourront exploiter au maximum ces nouvelles capacités en s'affranchissant des limitations ergonomiques liées à la taille et à la masse humaine. Un allègement et une réduction de la taille des systèmes, qui permettra de massifier les effecteurs dans un espace, de réduire les chaînes logistiques, mais surtout qui conduira à des avantages tactiques déterminants. En effet, la miniaturisation augmentera la discrétion (diminution de l'empreinte radar, de la détection visuelle, etc.), la mobilité en espaces cloisonnés, et rendra inutiles certaines défenses ennemies fondées sur la destruction de systèmes de taille importante (dispositifs d'interception, mines antichars, etc.).
- ➔ **Les architectures numériques** : la mise en œuvre d'opérations avec et par SA implique une capacité de communication globale et fluide entre tous types d'appareils, et entre systèmes automatisés et humains. Aussi, la création d'architectures numériques résilientes et permanentes (capacité à agir même en cas de contestation du milieu électromagnétique) est un corollaire indispensable de l'efficacité des SA en opérations, dont la cardinalité augmentera au fil des développements de l'autonomie et de la coordination des systèmes.

---

<sup>60</sup> Parti pris énoncé dans la doctrine américaine, qui fait de cette intégration civilo-militaire le fondement de la maîtrise opérationnelle des innovations futures. Cf. Secretary of Defense, *Unmanned systems integrated roadmap fy 2017-2042*, Op. Cit., p.19.