



Berne, le 2 mars 2022

---

# **La sécurité de la Suisse eu égard à la technologie des drones**

Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat  
21.3013 CPS-N du 25 janvier 2021

---

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Drones .....</b>	<b>4</b>
2.1	Catégories de drones .....	4
2.2	Tendances en matière de technologie.....	6
2.3	Évaluation .....	8
<b>3</b>	<b>Défense contre les drones .....</b>	<b>9</b>
3.1	Terminologie et exigences techniques.....	10
3.2	Stratégies de lutte contre les drones.....	12
3.3	La défense contre les drones en Suisse .....	15
3.3.1	Aspects juridiques .....	15
3.3.2	Situation ordinaire .....	17
3.3.3	Tensions.....	19
3.3.4	Conflits armés .....	20
3.4	Changement de paradigme à la Défense ? .....	21
<b>4</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>23</b>

# 1 Introduction

Le postulat 21.3013 *La sécurité de la Suisse eu égard à la technologie des drones* du 25 janvier 2021, adopté par le Conseil national le 8 juin 2021, chargeait le Conseil fédéral d'examiner les conséquences de la technologie des drones sur la sécurité de la Suisse, les moyens par lesquels notre pays peut se prémunir contre des actions ennemies menées par des drones et les responsabilités dans ce domaine ; enfin, le Conseil fédéral devait également présenter un rapport à ce sujet. Il s'agit en l'occurrence de déterminer quelles sont les caractéristiques particulières de la technologie des drones et des moyens de défense contre ces appareils, avant d'évaluer les répercussions que cela implique pour les services civils et militaires qui traitent de la question.

De manière générale, le terme de drone s'applique à un grand nombre d'engins mobiles sans occupants de divers types. Le présent rapport se concentre sur les aéronefs à voilure fixe et sur les aéronefs à voilure tournante (ces derniers permettant un décollage vertical, comme c'est le cas pour les hélicoptères). Dans le domaine militaire et dans les textes de loi, on parle d'*aéronefs sans occupants* ou, sur le plan international, de *unmanned aerial vehicles* (UAV).

Aujourd'hui déjà, les drones sont utilisés quotidiennement en Suisse. Ils permettent par exemple d'effectuer des mesures du territoire ou de retransmettre en direct des manifestations sportives ; ils sont aussi employés à des fins récréatives ou militaires. Ces appareils sont soit télécommandés, suivent des itinéraires programmés ou fonctionnent désormais de manière autonome. Toujours plus répandus, interconnectés et d'une sophistication croissante, les drones peuvent être considérés comme une manifestation de la transformation numérique qui s'opère progressivement dans de nombreux domaines de notre existence. Cette évolution technologique élargit les possibilités d'utilisation des drones, qui coûtent de moins en moins cher. Il faut donc s'attendre à ce que ces appareils soient de plus en plus fréquemment utilisés dans tous les secteurs.

Les drones sont employés à des fins militaires, dans la plupart des cas pour des missions de reconnaissance. Depuis une vingtaine d'années, on recourt aussi lors d'affrontements militaires à des drones équipés d'armement. Comme leur coût a baissé et qu'ils sont de plus en plus répandus, ces appareils sont utilisés dans le cadre de conflits hybrides, soit de manière indirecte par des acteurs étatiques, soit par des acteurs non étatiques. Si ces appareils ont certes eu un impact sur la façon de mener une guerre, ils n'ont toutefois pas changé complètement la donne. Actuellement, il n'y a que peu d'éléments indiquant que les drones pourraient avoir une profonde répercussion sur la conduite des affrontements militaires. Cependant, leur importance va encore augmenter dans les années à venir, du moins dans certaines situations de conflit.

Vu qu'il existe des drones de tous types, il est difficile de déterminer lesquels représentent un risque ou une menace. Se défendre contre ces appareils est tout aussi complexe : il faut en effet pouvoir contrer toute une palette d'aéronefs de tailles variées dont les propriétés de vol diffèrent, et qui peuvent déjà constituer une menace en situation ordinaire. Il n'existe pas encore de solution qui prenne en compte équitablement tous les aspects défensifs, étant donné qu'il faut protéger des cibles d'une grande diversité, que ce soit des personnes, des infrastructures ou des formations militaires. Dans la pratique, de nombreux problèmes techniques et conceptuels qui sont à l'origine de failles de sécurité persistent. La détermination des responsabilités et la coordination dans le domaine de la défense contre les drones posent encore d'autres défis.

Le présent rapport décrit tout d'abord, de manière générale, les différentes catégories de drones et leurs utilisations possibles, les tendances de développement actuelles ainsi que les aspects juridiques relatifs à la définition et aux usages de ces appareils en Suisse. Ensuite, la défense contre les drones est abordée du point de vue technologique et conceptuel. Finalement, le rapport décrit la défense contre les drones en Suisse telle qu'elle s'organise aujourd'hui et telle qu'elle s'articulera à l'avenir. La

menace que représentent les drones induira-t-elle un changement de paradigme à la Défense ? Ce point fait également l'objet de considérations particulières.

## 2 Drones

### 2.1 Catégories de drones

#### *Drones à longue durée de vol et haute altitude (high altitude, long endurance – HALE)*

Les plus grands drones existants, d'une envergure dépassant 20 m, ont une masse au décollage de plus de 5 t et sont conçus pour rester plus de 24 h à haute altitude. Ils peuvent parcourir jusqu'à 1000 km ou rester dans la zone d'engagement, pour mener des missions de reconnaissance et détecter des cibles grâce à différents capteurs<sup>1</sup>. Ils s'élèvent généralement jusqu'à 15 000 m d'altitude voire plus, c'est-à-dire à une hauteur nettement supérieure à celle qu'atteignent les avions civils. Jusqu'ici, les drones HALE n'ont pas encore été équipés d'armement.

#### *Drones à longue durée de vol (medium altitude, long endurance – MALE)*

Les drones MALE ont la même taille que de petits avions et une masse au décollage oscillant entre 600 kg et 5 t. Ils peuvent eux aussi rester dans les airs durant 24 h, leur hauteur de vol atteignant 10 000 m, voire plus. Toutefois, ils volent souvent bien plus bas, pour exploiter au maximum les capacités de leurs capteurs. En outre, la plupart de ces drones peuvent être armés de missiles. Un tel chargement a cependant un impact négatif sur la durée du vol ainsi que sur l'altitude maximale.

En raison de leur taille, les drones HALE et MALE ont besoin de bases aériennes pour pouvoir décoller et atterrir. Grâce à la communication par satellite, leur rayon d'action est très vaste ; seules les réserves en carburant dont ils disposent limitent les distances parcourues, l'autonomie et la durée de vol dans la zone d'engagement. Certains modèles sont également équipés, du moins en partie, de systèmes d'autoprotection ; toutefois, ils disposent dans ce domaine de capacités bien moindres que les avions de combat, par exemple. Dans les espaces aériens où ces drones ne peuvent pas compter sur la souveraineté aérienne, leurs chances de succès sont donc limitées.

#### *Drones tactiques*

Vu leur masse au décollage inférieure à 600 kg, les drones tactiques ne doivent pas forcément décoller et atterrir sur une base aérienne. Ils peuvent par exemple être catapultés dans les airs pour le décollage, puis récupérés au moyen d'un dispositif spécifique ou retomber à l'aide d'un parachute. Dans cette catégorie, il existe des aéronefs à voilure fixe ou à voilure tournante. En règle générale, les drones tactiques ne disposent pas de moyens de communication par satellite, c'est pourquoi leur rayon d'action est limité. Il est certes possible d'étendre ce rayon en installant un relais (stations au sol ou drones qui reçoivent le signal transmis par le dispositif de commande à distance et le relaient). Les drones tactiques sont aussi armés, mais uniquement avec de petits missiles légers ou des bombes et des roquettes non guidées, afin que leurs capacités de vol ne soient pas entravées dans une trop grande mesure. De tels missiles, d'un poids allant de 10 à 30 kg, ont un impact explosif comparativement moindre, ce qui explique pourquoi un système de guidage précis est indispensable afin d'utiliser efficacement ce type d'armement. Par ailleurs, il existe maintenant des drones équipés non seulement de capteurs mais aussi de charges explosives : les drones suicides ou kamikazes, aussi appelés munition rôdeuse (international : *loitering munition*). Ces appareils peuvent survoler le terrain adverse durant des heures et ainsi détecter la cible avant de fondre sur elle et d'exploser<sup>2</sup>.

Aujourd'hui, seuls les États possédant une industrie performante dans le domaine de la défense aérienne sont en mesure de développer et de produire des drones de plus grande taille (de la catégorie des drones tactiques jusqu'à celle des drones HALE). Il en va de même pour la fabrication

<sup>1</sup> Capteurs électro-optiques, comme les caméras TV et infrarouges, radars imageurs, détecteurs d'ondes électromagnétiques, cf. ch. 3.1

<sup>2</sup> Les drones suicides sont souvent engagés lors de conflits aigus – dernièrement par exemple lors du conflit frontalier dans le Caucase en 2020.

## La sécurité de la Suisse eu égard à la technologie des drones

de missiles miniaturisés et leur intégration aux systèmes des drones. Cependant, les États qui disposent d'une industrie appropriée peuvent, sans grandes difficultés, développer pour le compte d'acteurs non étatiques des modèles de drones avec une masse au décollage de plusieurs centaines de kilogrammes. En cas de besoin, de tels drones peuvent également être munis d'explosifs et atteindre des cibles statiques se trouvant à plusieurs centaines de kilomètres<sup>3</sup>.

### *Petits drones*

D'une masse au décollage oscillant entre 20 et 150 kg, les drones de cette catégorie comprennent des aéronefs à voilure fixe ou voilure tournante. Ils peuvent aisément être transportés par deux à trois personnes. Pour les missions en zone urbaine, les appareils les plus appropriés sont les drones à décollage vertical. Les drones de combat d'une taille comparable permettent aussi aux petites unités de niveau tactique inférieur (p. ex. une compagnie) d'atteindre des cibles à une distance nettement supérieure à 10 km. Vu que ces drones peuvent voler à très basse altitude, qu'ils sont petits et silencieux, ils représentent une menace considérable pour les troupes au sol ne disposant pas de systèmes de détection radar.

### *Minidrones*

Cette catégorie englobe tous les drones de 2 à 20 kg et offre, tant aux civils qu'aux militaires, la plus vaste palette de modèles existants. Ces appareils peuvent être utilisés pour effectuer des mesures du territoire, détecter des incendies ou lors d'activités de loisir. Grâce aux progrès technologiques réalisés, de petits modèles peuvent désormais être équipés de plusieurs capteurs. Sur le marché, de nombreux composants standards sont en outre disponibles, avec lesquels il est possible de construire très rapidement un grand nombre de drones pour des engagements spécifiques. Cette offre permet en principe à toutes les personnes intéressées de fabriquer elles-mêmes des drones pour des tâches déterminées. Vu leur faible poids, ces appareils ne peuvent être armés que de munitions non guidées, qu'ils doivent lâcher sur leur cible : ils sont donc moins précis que d'autres types de drones. En raison de leur bas prix, les minidrones se voient de plus en plus fréquemment développés en tant que drones de combat ; toutefois, leur impact est relativement moindre, surtout en raison de leur faible charge utile et de leur vitesse réduite. Des efforts sont fournis afin d'accroître la vitesse des minidrones et donc d'augmenter leur effet cinétique. Grâce aux procédés de fabrication modernes, comme les imprimantes 3D, il serait en outre possible de fabriquer en un temps record un grand nombre de drones pour des engagements spécifiques.

### *Microdrones*

Avec une masse au décollage de moins de 2 kg, cette catégorie comprend surtout des modèles disponibles dans le commerce. Comme la plupart des appareils d'autres catégories, les microdrones sont très développés sur le plan technique et régulièrement utilisés par l'armée. Les modèles de drones militaires disposent de technologies largement comparables : leurs capteurs sont toutefois plus performants, et donc plus chers, et la transmission de données est cryptée, pour des raisons de sécurité. Comme la puissance de leur batterie est limitée, ils ne peuvent pas voler longtemps ; lorsque les températures sont froides, cette durée se réduit encore. Actuellement, les modèles de microdrones de moins de 1 kg ne sont pas appropriés pour mener des attaques mais peuvent servir dans le cadre de missions de reconnaissance dans des bâtiments. Étant donné leur petite taille, ces drones ne sont pas à même de voler en cas d'intempéries, notamment de vents violents. Il existe désormais des drones inspirés des oiseaux, qui imitent notamment le vol des rapaces. Vus du sol, ils sont difficiles à distinguer des vrais volatiles.

---

<sup>3</sup> Il est difficile de déterminer quels sont les auteurs de telles actions, comme l'a montré l'attaque dirigée en 2019 contre les infrastructures pétrolières saoudiennes. L'une des principales raffineries saoudiennes à Abqaiq a été très grandement endommagée par une attaque de drones suicides longuement planifiée, ce qui a mené à d'importantes fluctuations sur le marché pétrolier. Même si l'infrastructure en question était protégée par plusieurs systèmes de DSA, l'attaque n'a pas pu être contrée efficacement. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de trouver les responsables de cette action.

### *Avions de combat sans occupants*

Les avions de combat sans occupants appartiennent à une catégorie de drones particulière ; ils ressemblent, pour ce qui a trait à leur comportement de vol, aux avions de combat actuels et sont, comme ces derniers, difficiles à détecter pour les capteurs radar existants<sup>4</sup>. De tels avions de combat sans occupants ne sont pas assez développés sur le plan technique pour être utilisés lors d'engagements : le but visé par les stratégies actuellement développées est qu'ils disposent un jour des mêmes capacités que les avions de combat avec occupants, notamment pour ce qui touche aux missions de reconnaissance et à la neutralisation des cibles au sol. Par rapport aux drones équipés d'armement, ces avions de combat sans occupants auraient néanmoins l'avantage de pouvoir s'autoprotéger et pourraient donc aussi être utilisés dans des espaces aériens défendus (ce qui n'est pas le cas des drones armés) – les pilotes n'encourant aucun danger<sup>5</sup>. En revanche, les avions de combat sans occupants auraient l'inconvénient de ne pas pouvoir être engagés de manière autonome en situation ordinaire. Il ne serait pas non plus possible de les téléguider de manière suffisamment sûre (même pour les pilotes en vol à vue) dans l'espace aérien encombré. Par ailleurs, ils ne sont pas adaptés aux tâches habituelles des Forces aériennes (FA) : pour le service de police aérienne, il est par exemple indispensable de disposer d'une évaluation de la situation effectuée par le pilote, qui doit aussi garder un contact visuel avec les membres d'équipage d'autres aéronefs. C'est pourquoi, dans ce cas, les drones n'entrent pas en ligne de compte. S'agissant de la communication et de la navigation, les avions de combat sans occupants sont également très exigeants ; ils peuvent en outre être sujets à défaillance en cas de guerre électronique et de cyberattaque. Dans un avenir proche, il est probable que seuls des pays hautement industrialisés pourront développer des avions de combat sans occupants à même d'être engagés. D'autres stratégies plus développées prévoient en revanche l'utilisation combinée d'avions de combat sans occupants et d'avions de combat avec occupants. Dans un tel cas, le pilote dirigerait son propre avion mais aussi, à distance, l'avion de combat sans occupant<sup>6</sup>.

## **2.2 Tendances en matière de technologie**

Les développements pertinents pour la technologie des drones sont attendus dans les domaines suivants : systèmes de capteurs, instruments de communication, technologie de propulsion, technologie en essaim, autonomie et intelligence artificielle<sup>7</sup>.

### *Systèmes de capteurs et instruments de communication*

Les progrès accomplis dans le domaine de la miniaturisation permettent d'installer un grand nombre de capteurs divers et variés sur des plateformes de plus en plus petites. En parallèle, la qualité des données collectées augmente en permanence et de nouvelles technologies ainsi que de nouveaux standards (comme la 5G pour la téléphonie mobile) permettent de transmettre des quantités d'informations accrues. Par ailleurs, les capteurs infrarouges ou les caméras thermiques, systèmes qui étaient jusqu'à récemment réservés à l'armée, se trouvent maintenant sur les drones vendus dans le commerce.

<sup>4</sup> Les avions de combat de dernière (voire d'avant-dernière) génération disposent de capacités furtives (international : *stealth*).

<sup>5</sup> L'idée de mettre au point des avions de combat sans occupants a favorisé la création d'autres systèmes ; par exemple d'avions citernes sans occupants, qui permettent aux avions de combat de se ravitailler durant l'engagement.

<sup>6</sup> International : *manned-unmanned teaming*

<sup>7</sup> S'agissant du développement des technologies clés relatives aux drones et de leurs utilisations commerciales, la Suisse possède de hautes compétences. Le Conseil fédéral estime que le jeu entre les acteurs civils et étatiques est un facteur de succès important, qui permettra, d'une part, de mettre à profit les progrès technologiques rapides accomplis en matière de drones et, d'autre part, de se préparer aux nouvelles menaces que représentent ces appareils. Les écoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich ainsi que l'Université de Zurich disposent en comparaison mondiale d'une grande expertise dans ce domaine. En parallèle, nombre de jeunes entreprises développant des produits innovants ont été fondées ces dernières années. L'industrie suisse du drone a généré en 2021 un chiffre d'affaire estimé à un demi-milliard de francs suisses. En outre, la Suisse dispose également d'une certaine industrie qui propose des solutions classiques de défense aérienne ; cela permet également de neutraliser certains drones.

### *Technologies et systèmes de propulsion*

Les microdrones et les minidrones ainsi que certains modèles de petits drones disposent généralement d'un moteur électrique. Ces appareils sont certes très silencieux, mais leur durée de vol est nettement moindre que celle des drones de même taille munis d'un moteur à combustion interne. Pour un fonctionnement en continu, plusieurs batteries avec un nombre suffisant de chargeurs sont donc nécessaires. Il est possible que, dans un avenir proche, des innovations soient introduites, vu que les piles à combustible pourraient réunir les avantages des deux technologies.

### *Technologie en essaim*

Lorsque le grand public entend parler de la technologie en essaim, il imagine un ciel obscurci par des centaines de drones. Or, il s'agit en l'occurrence plutôt du téléguidage coordonné (et programmé) d'un grand nombre de drones que de technologie en essaim à proprement parler. En revanche, dans un essaim au sens technologique du terme, les drones se coordonnent de manière autonome, et toujours renouvelée. Ils n'entretiennent pas entre eux un quelconque rapport hiérarchique et agissent donc collectivement. Les développements en cours ont pour but d'interconnecter un grand nombre de drones, de façon à ce qu'ils puissent ensemble remplir leur mission. Les logiciels, dont on peut en principe équiper tous les drones, constituent ainsi le cœur de la technologie en essaim. Par conséquent, un essaim de drones peut donc se composer de différents modèles avec diverses charges utiles. Si certains drones tombent ou sont neutralisés, cela réduit l'efficacité de l'essaim sans pour autant l'empêcher d'accomplir sa mission.

### *Autonomie et intelligence artificielle<sup>8</sup>*

Les développements déjà mentionnés confèrent aux drones une autonomie accrue. Aujourd'hui déjà, il existe par exemple des systèmes qui peuvent décoller et atterrir par eux-mêmes, sans être commandés à distance. L'intelligence artificielle va encore grandement favoriser cette évolution. Dans les années à venir, l'utilisation d'armes de plus en plus voire entièrement autonomes restera toutefois problématique. Outre la question fondamentale de savoir si nous sommes capables et si nous avons le droit – et dans quelle mesure – de laisser des machines prendre des décisions importantes, des défis techniques se poseront, par exemple dans le domaine de l'apprentissage automatique. Les drones pourront à l'avenir remplir leur mission de manière autonome s'il l'on parvient en quelques minutes à les entraîner pour qu'ils soient capables de se déplacer efficacement et sans intervention humaine dans des zones inconnues. Toutefois, c'est en grande partie l'environnement d'apprentissage qui sera déterminant pour le succès de leur mission. Si cet environnement n'est pas adéquat, des réactions incorrectes sont entraînées, qui mènent ensuite à la prise de mauvaises décisions et peuvent même se retourner contre les troupes. Il s'agit donc de procéder à une pesée d'intérêt entre un risque calculé de ce type durant l'engagement et les avantages qu'apporterait le recours à ces drones autonomes. Du point de vue militaire, une autonomie complète des systèmes d'armement ne constitue pas actuellement un objectif à atteindre. Il est plus probable que l'on recoure à des systèmes en partie autonomes, conçus de manière à être utilisés dans un cadre défini, avec degré de contrôle humain suffisant (en termes de quantité et de qualité). Dans les deux cas, des questions éthiques fondamentales se posent toutefois, comme celle de la responsabilité lors de l'engagement de systèmes (en partie) autonomes. Enfin, il faut employer ces systèmes – dont l'autonomie ne cesse de croître – dans le respect du droit international humanitaire.

---

<sup>8</sup> Le Conseil fédéral fixe des lignes directrices dans sa *Stratégie de désarmement et de maîtrise des armements 2022–2025* adoptée le 26 janvier 2022, en réponse au postulat 21.3012 de la Commission de la politique de sécurité du Conseil national du 25 janvier 2021. Le postulat demandait au Conseil fédéral « d'examiner quels pourraient être les contours d'une doctrine d'engagement relative à de futurs systèmes d'armes autonomes et à l'intelligence artificielle et qui s'insérerait dans l'infrastructure de sécurité et tiendrait compte des normes éthiques internationales en la matière ».

### *Autres tendances à moyen terme*

Divers projets de recherche sont menés afin de limiter la dépendance des drones envers le dispositif de commande à distance, auquel ils sont généralement reliés en permanence<sup>9</sup>. À l'avenir, il serait donc encore plus difficile de détecter les drones – du moins par moments – étant donné qu'ils n'émettraient plus, pour leur pilotage, de rayonnement électromagnétique. Des efforts similaires visent à réduire la dépendance des drones envers le positionnement par satellite ; les appareils peuvent par exemple déterminer de manière autonome leur position et leur trajectoire au moyen de caméras et d'autres moyens auxiliaires. Cela pourrait être pertinent pour le vol dans des bâtiments, des tunnels ou dans des espaces urbains exigus. Le développement technologique induira aussi un élargissement du rayon d'action des drones. De chercheurs ont par exemple déjà mis au point des appareils qui, en plus de voler, peuvent également plonger dans l'eau, s'y mouvoir puis redécoller. De tels projets sont toutefois encore bien loin d'arriver à maturité.

## 2.3 Évaluation

Depuis plus d'une décennie, des microdrones et des minidrones sont disponibles sur le marché<sup>10</sup>. Techniquement, ces appareils sont tout aussi développés que les drones militaires et disposent de fonctions qui leur étaient auparavant réservées, comme le fait de pouvoir programmer un itinéraire, de générer et de transmettre des images infrarouges thermiques ou d'activer la fonction de suivi d'une personne (drone *selfie*)<sup>11</sup>. Ces drones sont aujourd'hui tellement faciles à utiliser qu'il n'est plus nécessaire de suivre une formation pour les piloter.

Comme tout aéronef, les drones ont en plus de leur masse au décollage une charge utile à disposition pour le carburant (ou les batteries) et d'autres composants ou objets qui ne sont pas pertinents pour le vol. S'agissant des drones militaires, ils sont en général équipés de capteurs pour la reconnaissance et la surveillance ; ils peuvent aussi disposer de missiles ou de charges explosives. Les drones servent également à transporter des marchandises : dans le secteur militaire, ils se chargent par exemple de l'approvisionnement. En Suisse, les drones de transport font actuellement l'objet d'essais dans le secteur civil. Ces appareils permettent notamment de jeter, de lâcher ou de déposer des objets au sol.

Dans certains espaces aériens, peu nombreux, les drones constituent déjà aujourd'hui une menace directe. Il s'agit notamment des espaces aériens inférieurs à proximité des aéroports et des bases aériennes militaires, y compris le périmètre des couloirs de départ et d'arrivée. C'est pourquoi le DETEC<sup>12</sup> interdit les vols de drones non autorisés à moins de 5 km des pistes d'un aéroport ou d'un hélicoptère, conformément à l'art. 17, al. 2, let. a, de l'ordonnance du DETEC du 24 novembre 1994 sur les aéronefs de catégories spéciales (OACS)<sup>13</sup>. Aucune étude exhaustive sur les conséquences de collisions entre des minidrones et des avions de ligne n'a encore été réalisée. Cependant, on peut estimer que les minidrones pourraient causer d'important dégâts, similaires à ceux – bien documentés – dus aux oiseaux. Lors des phases particulièrement délicates que sont le décollage et l'atterrissage d'un aéronef, des tels dommages induiraient selon toute probabilité le crash de l'appareil. Si, malgré l'interdiction prononcée, un drone est repéré aux abords d'un aéroport, le trafic aérien est interrompu durant 20 à 30 min<sup>14</sup>. Lorsque des vols de drones sont volontairement répétés à proximité d'aéroports, le trafic aérien peut en être durablement affecté. En décembre 2018, un tel cas a entraîné la suspension des vols à l'aéroport britannique de Gatwick durant presque deux jours, ce qui a eu peu

<sup>9</sup> International : *silent flight*

<sup>10</sup> Lors d'un transfert transfrontalier, les drones peuvent être soumis à contrôle. La législation en matière de contrôle des biens précise quels drones civils et militaires doivent faire l'objet de contrôles en Suisse. Quant aux contrôles à l'exportation, ils sont harmonisés sur le plan international dans le cadre de l'Arrangement de Wassenaar et du régime de contrôle de la technologie des missiles (MTCR).

<sup>11</sup> Certaines de ces fonctions ne peuvent être utilisées qu'avec l'autorisation de l'OFAC.

<sup>12</sup> DETEC

<sup>13</sup> RS 748.941

<sup>14</sup> S'agissant des minidrones civils, la durée de vol maximale est en général de 30 min ; cependant, grâce à des batteries supplémentaires, elle peut atteindre jusqu'à 45 min.

avant les fêtes de fin d'année un impact considérable sur l'ensemble de trafic aérien en Europe. Dans notre pays également, plusieurs aéroports ont signalé des vols de drones à proximité dangereuse des avions, notamment aux aéroports de Zurich-Kloten et de Berne-Belp. De même, les vols de drones dans les espaces aériens utilisés en priorité par les hélicoptères ne sont pas sans risques. Cela concerne surtout l'espace aérien jusqu'à 300 m, utilisé par les hélicoptères pour le décollage et l'atterrissage, les vols commerciaux et militaires. Toutefois, si les autorités communiquent efficacement, il est possible de minimiser bien des dangers causés involontairement par des pilotes malavisés ou négligents ; la page du site web de l'OFAC consacrée aux drones constitue une source d'informations fiable<sup>15</sup>.

Aujourd'hui, les drones militaires sont en outre utilisés lors de la plupart des conflits armés. Dans ce contexte, leur tâche première reste la collecte d'informations. C'est pourquoi les forces armées sont encouragées à utiliser ces appareils, et ce à tous les échelons de commandement. Le but est de garantir la capacité à mener des missions de reconnaissance jusqu'au dernier échelon tactique. Ainsi, même les petites formations disposeront à l'avenir d'une image de la situation bien plus précise que ce n'est le cas actuellement. Ces dernières années, de plus en plus de drones militaires équipés d'armement ont été engagés, pour réduire autant que possible l'intervalle entre l'identification d'une cible et sa neutralisation. En l'occurrence, ce sont surtout les drones de reconnaissance moyenne altitude et longue endurance (MALE)<sup>16</sup> qui ont été équipés de missiles. La miniaturisation des systèmes de guidage a entretemps permis de mettre au point des missiles ne pesant que quelques kilogrammes. Par conséquent, même de petits drones peuvent porter ce type d'armement. Les drones suicides munis de charges explosives sont ainsi à même de survoler le territoire ennemi avant d'identifier la cible, de fondre sur elle et d'exploser.

### 3 Défense contre les drones

La défense ou la lutte contre les drones peut être menée de diverses manières. Plusieurs facteurs dont il s'agit de tenir compte, non pas isolément mais plutôt de manière globale, jouent ici un rôle. Le type de menace, le bien à protéger et le contexte doivent être pris en considération, étant donné que ces facteurs ont une influence les uns sur les autres.

Il faut par exemple, pour lutter contre un minidrone de 15 kg, d'autres moyens que pour neutraliser un petit drone d'un poids de 150 kg. Or, si ces minidrones sont utilisés en essaim, les moyens de défense habituels ne suffisent plus et il faut recourir à des systèmes que l'on emploierait pour des drones de plus grande taille. De même, le bien à protéger détermine dans une certaine mesure le type de défense adopté. S'il s'agit de préserver des formations militaires contre un essaim de drones, il est possible d'engager des moyens plus robustes (avec un impact qui pourrait être plus significatif) que ceux permettant d'assurer la protection de personnes. Celles-ci sont en effet, vu leur plus grande vulnérabilité, menacées tant par les auteurs de l'attaque que par les moyens de défense utilisés, susceptibles de causer des dommages collatéraux. Enfin, la situation en matière de politique de sécurité joue aussi un rôle. Vu que la technologie en essaim<sup>17</sup> restera pendant un certain temps encore réservée aux acteurs militaires, on peut supposer que ce type de moyen ne sera pas utilisé en situation ordinaire, mais tout au plus lors de tensions, par exemple pour éliminer des cibles privilégiées durant la première phase des dissensions.

Dans les pages qui suivent, les concepts et les termes techniques nécessaires à la compréhension de la défense contre les drones sont explicités ; le processus d'engagement de la cible est notamment décrit, tout comme les capteurs et les effecteurs utilisés.

---

<sup>15</sup> [Drones](#)

<sup>16</sup> International : *medium altitude, long endurance* – MALE

<sup>17</sup> Il s'agit ici de la technologie en essaim décrite au ch. 2.2. On ne peut exclure que des drones programmés ou utilisant la navigation intelligente (navigation par suivi de terrain) soient utilisés de la même manière que des drones en essaim.

## 3.1 Terminologie et exigences techniques

### *Processus d'engagement de la cible*

La condition de toute action de défense contre les drones est dans un premier temps la simple détection de la menace<sup>18</sup>. Dans un deuxième temps, il s'agit de localiser l'objet volant et d'assurer son traçage : l'enregistrement de points de localisation permet d'esquisser la trajectoire de vol<sup>19</sup> et ainsi de prévoir, du moins dans une certaine mesure, la destination de l'appareil. Ensuite, sur la base des données collectées, une identification, soit une classification dans une catégorie (de menace) donnée, par exemple *minidrones*, peut être faite. S'agissant des petits drones, ce sont encore aujourd'hui des êtres humains qui procèdent généralement à cette classification. Toutefois, dans quelques années, des logiciels plus performants seront capables de catégoriser automatiquement les objets volants. Actuellement, ce sont aussi principalement des êtres humains qui évaluent les objets détectés dans le cadre d'une action de défense (et qui décident donc d'une neutralisation).

### *Capteurs*

Les *capteurs radar actifs* émettent des impulsions électromagnétiques via une antenne ; l'objet volant reflète ces impulsions, ce qui permet de calculer sa position. Plus la surface de réflexion (ou surface équivalente radar) de l'objet est grande, mieux il apparaît à l'écran. La taille et le matériau de l'objet en question jouent également un rôle. Les petits drones, qui sont en grande partie constitués de plastique, ont par exemple une surface de réflexion réduite.

Les capteurs radar permettent en règle générale de détecter et de localiser des drones de tailles diverses, vu que tous les objets dont la surface de réflexion est suffisante sont pris en compte par ces capteurs. Toutefois, en Suisse, l'exploration de l'espace aérien inférieur se révèle souvent difficile, en raison de la topographie et de la densité urbaine. Pour repérer les microdrones et les minidrones, il faut donc configurer les capteurs en fonction de l'environnement, en particulier lorsqu'ils sont utilisés en milieu urbain. Les petits drones et dont la vitesse de vol est réduite ont la particularité d'être confondus par nombre de capteurs radar d'ancienne génération avec de grands oiseaux, étant donné que leur signature est similaire à celle des volatiles. Dans de nombreux cas, les logiciels ignorent ce type de drones car ils sont programmés de manière à ce que l'opérateur radar ne soit pas submergé par des informations parasites. Les petits drones (ainsi que les microdrones et les minidrones) défient les moyens conventionnels de la défense aérienne, et ce également parce que la mise à niveau de leurs systèmes de capteurs constituerait une prouesse technique. En revanche, les systèmes radar modernes peuvent toujours mieux détecter les petits drones et parviennent à les distinguer d'autres objets volants.

Dans ce contexte, les ressources du spectre radioélectrique requises posent toutefois un grand défi. En Europe, les ressources civiles qui peuvent être utilisées pour les radars sont allouées aux autorités chargées de la surveillance de l'espace aérien ; il s'agit dans notre pays de Skyguide. Comme il n'est pas prévu d'harmoniser à l'échelle européenne les ressources du spectre radioélectrique nécessaires à la détection des drones, les organes de sécurité nationaux doivent tous, conjointement, recourir à des ressources militaires.

Les *radars passifs* utilisent également les ondes électromagnétiques. Contrairement aux radars actifs, ils n'émettent aucun rayonnement propre : ils ne font qu'intercepter les ondes des émetteurs en grande partie civils réfléchies par les objets volants, ce qui permet de détecter ces derniers. Les émetteurs dont le rayonnement est permanent sont les plus appropriés ; il s'agit par exemple de la radio analogique (émetteurs FM), de la radio numérique (DAB) et de la télévision numérique (DVB-T). Vu que ces émetteurs existent déjà, seuls des récepteurs et un système de traitement des données centralisé sont nécessaires. Les récepteurs, pour leur part, ne diffusent pas d'ondes

---

<sup>18</sup> International : *detection*

<sup>19</sup> International : *track*

## La sécurité de la Suisse eu égard à la technologie des drones

électromagnétiques, ce qui rend leur localisation difficile. En cas de conflit, les capteurs des radars passifs ont par conséquent des chances de survie plus élevées que les capteurs des radars actifs.

Les *radars secondaires* permettent de contrôler le trafic aérien. Pour cela, un émetteur envoie des impulsions électromagnétiques cryptées vers un aéronef, dont le transpondeur répond au radar secondaire. La réponse en question comprend des informations sur l'altitude, la direction et la vitesse de vol de l'appareil concerné ainsi que d'autres données le concernant. Actuellement, les drones standards de petite taille ne sont pas équipés d'un transpondeur.

Les *capteurs électro-optiques* tels que les caméras TV ou infrarouges transforment un signal lumineux ou des variations lumineuses en signal électrique. Ces capteurs ne peuvent être utilisés que partiellement pour la détection et la localisation de microdrones et de minidrones, car l'analyse d'images est beaucoup plus complexe que celle de données radar. En revanche, ces capteurs conviennent pour le traçage et l'identification des catégories de drones susmentionnées, dans la mesure où ils ont été détectés et localisés au moyen de capteurs radar. Les capteurs électro-optiques sont aussi employés pour la défense contre les petits drones.

Les *capteurs de radiofréquences* analysent les signaux radio et détectent les fréquences utilisées pour téléguider les drones, ce qui permet aussi dans une certaine mesure de les localiser.

Actuellement, des systèmes sont également développés pour déterminer la position du pilote de l'appareil ou au moins du dispositif de commande. À cette fin, plusieurs antennes sont nécessaires : elles analysent les signaux du dispositif de commande à distance et mesurent en parallèle leur angle d'incidence ainsi que le temps écoulé jusqu'au retour du signal. Engagés statiquement, par exemple pour protéger un aéroport, de tels systèmes pourraient s'avérer très prometteurs.

Les *capteurs acoustiques* filtrent les bruits ambiants afin d'isoler les sons émis par les hélices des drones, ce qui permet de détecter, de localiser et d'identifier les appareils.

La *fusion de capteurs* consiste en la conjugaison de données incomplètes provenant de différents capteurs, ce qui permet de remédier aux faiblesses de certaines données grâce aux points forts des autres. Ainsi, il est possible d'obtenir une image de la situation des plus complètes, même si les données brutes recueillies par les différents capteurs sont lacunaires.

### Effecteurs

Vu que les drones sont en général radiocommandés<sup>20</sup>, le fait de *brouiller de manière ciblée la fréquence utilisée (jamming)* peut constituer un moyen de déjouer les plans d'un pilote malintentionné. À l'heure actuelle, on brouille en principe toutes les fréquences nécessaires au téléguider des drones (*uplink*) et à la détermination de leur position<sup>21</sup>. Si la fréquence employée est connue, il est alors possible de la brouiller de manière ciblée ; c'est notamment le cas pour la plupart des drones de loisir disponibles sur le marché. Si elle est inconnue, il faudrait alors émettre des signaux perturbateurs à large bande, qui auraient en pratique des effets secondaires inacceptables. En effet, cela brouillerait non seulement la fréquence utilisée par le pilote du drone incriminé, mais aussi par exemple celle des applications de positionnement par satellite.

Par ailleurs, il est techniquement possible de brouiller la liaison des drones qui sont contrôlés par l'intermédiaire du réseau de téléphonie mobile. Or, en raison des diverses conséquences pour la communication civile, notamment au vu des interférences avec les numéros d'urgence, une telle option n'est pas envisageable à court terme.

Il n'est pas possible de procéder à un brouillage ciblé sans l'autorisation de l'Office fédéral de la communication (OFCOM)<sup>22</sup>, l'autorité nationale de réglementation des fréquences compétente.

<sup>20</sup> Font exception les drones d'observation stationnaires, qui sont reliés à la station au sol par un câble servant principalement à alimenter l'appareil en électricité.

<sup>21</sup> International : *global navigation satellite system* (GNSS) ; système global de positionnement par satellite, système de géolocalisation et de navigation sur terre et dans les airs fonctionnant grâce aux signaux reçus des satellites de navigation.

<sup>22</sup> [OFCOM](#)

De plus, il faut au préalable consulter toutes les organisations qui utilisent des applications radioélectriques pertinentes pour la sécurité (Skyguide, OFAC, armée, etc.).

Pour intercepter les petits drones, il existe déjà des *appareils capables de lancer des filets*, dont la portée va de 30 à 80 m. Des *fusils de chasse*, dotés de munitions à fragmentation, peuvent également être utilisés jusqu'à 30 m de distance ; leur efficacité est toutefois moindre par rapport aux appareils capables de lancer des filets et ils sont susceptibles de causer davantage de dommages collatéraux. Les petites armes ainsi que les stations d'armes peuvent en outre être équipées spécialement (p. ex. de matériel additionnel) leur permettant de neutraliser les drones. Quant aux *drones antidrones*, qui permettent de neutraliser les appareils intrus, ils sont actuellement en phase d'essai. Ces drones s'approchent autant que possible de leur cible avant de l'intercepter, par exemple au moyen d'un filet : l'effet est ici local. Dans le même ordre d'idées, des drones antidrones qui retiennent au moyen d'un filet les appareils intrus avant de redescendre au sol en parachute sont également disponibles sur le marché.

Des recherches sur la possibilité de mener des *cyberattaques* ciblées sont également à l'ordre du jour. Aujourd'hui, il faut cependant encore effectuer des analyses complexes portant sur les particularités électroniques des appareils visés afin de déterminer quelles en sont les faiblesses. À l'avenir, des programmes automatiques permettront aux utilisateurs de prendre le contrôle de drones vendus sur le marché sans avoir besoin d'une formation technique spécialisée. Il devrait toutefois être difficile voire impossible de faire de même avec des systèmes militaires protégés et cryptés durant le bref intervalle où il est possible de le combattre.

Pour se défendre contre les drones, les *canons antiaériens* sont en principe également appropriés. Des munitions à la pointe de la technique sont alors tirées en salve ; elles sont programmées de manière à se fragmenter (avec effet de souffle) juste avant d'atteindre leur cible<sup>23</sup>. Les multiples éclats sont alors projetés dans plusieurs directions, ce qui doit permettre d'abattre le ou les drones intrus.

Pour lutter contre les drones tactiques et les drones de plus grande taille, les *missiles* sont également adéquats. Ils peuvent être lancés par les systèmes de défense sol-air (DSA) comme par les avions de combat. Étant donné que les drones de cette catégorie sont rarement en mesure de se protéger, il est fort probable qu'une fois détectés, ils pourront être neutralisés facilement.

Pour lutter contre des drones isolés, on emploiera probablement à l'avenir des *armes laser à haute énergie* ou des *technologies utilisant les impulsions électromagnétiques*, qui se trouvent encore à l'heure actuelle en plein développement. Ces armes permettent d'atteindre en peu de temps un grand nombre de cibles. Pour cela, elles doivent cependant disposer d'une puissance de sortie élevée<sup>24</sup>, condition qui rend difficile le développement de systèmes de défense modernes. Leur impact peut en outre grandement diminuer en raison d'une mauvaise visibilité ou de matériaux et de revêtements réfléchissants. Qui plus est, le potentiel de dommages collatéraux lié à l'usage de telles armes n'a encore fait l'objet d'aucune étude.

Les tests menés jusqu'ici avec des oiseaux de proies dressés pour intercepter les drones se sont généralement avérés peu concluants.

## 3.2 Stratégies de lutte contre les drones

La défense contre les drones est complexe, tant d'un point de vue technique que conceptuel. Vu qu'il existe divers types de drones d'une taille et d'un poids variables et qu'ils ne sont pas tous utilisés dans le même but (bien qu'il soit dans une certaine mesure possible d'anticiper selon la situation l'usage qui en sera fait), il n'est pas impératif dans tous les cas de pouvoir se défendre contre les microdrones et

<sup>23</sup> Ce type de munition est aussi appelé *air-burst munition*.

<sup>24</sup> Les lasers standards appropriés pour la DSA ont une puissance de sortie d'environ 30 à 100 kW.

## La sécurité de la Suisse eu égard à la technologie des drones

les minidrones. Il peut suffire de localiser le pilote de l'appareil pour mettre fin aux nuisances ou alors de dissimuler les installations sensibles.

### *La défense contre les microdrones et les minidrones*

Actuellement, il n'est pas encore possible de détecter, de localiser, de tracer et d'identifier avec absolue certitude les microdrones et des minidrones, que ce soit dans le domaine civil ou militaire. Selon la situation de menace et les facteurs liés à l'environnement (comme la visibilité ou le bruit dans la zone concernée) la détection et l'identification par des spécialistes s'avère la méthode la plus idoine.

Si des systèmes sont utilisés en lieu et place des êtres humains, une combinaison de radars et de capteurs électro-optiques constitue au jour d'aujourd'hui la meilleure solution, par exemple pour augmenter la capacité à durer. Les drones sont généralement détectés grâce à des capteurs radar, bien que leur portée dépende du site choisi et de la visibilité environnante ; ces capteurs sont parfois soutenus par des systèmes radiogoniométriques. Les résultats obtenus sont plus fiables si les capteurs ont été réglés précisément en fonction de l'environnement. C'est pourquoi les solutions plus mobiles (p. ex. un capteur monté sur un véhicule), qui peuvent être installées partout et qui sont donc moins adaptées aux conditions spécifiques dans la zone d'engagement, présentent un inconvénient conceptuel certain, qui ne peut pas être concurrencé par d'autres atouts.

Dans certains systèmes, le signal détecté est déjà classé par un logiciel dans une catégorie donnée, par exemple dans la catégorie « oiseau », « hélicoptère » ou alors « drone ». Le potentiel de méprise reste toutefois élevé ; avec le développement des algorithmes utilisés, cette marge d'erreur devrait se réduire considérablement d'ici quelques années. C'est également pour cela qu'ensuite, ces informations sont dans la plupart des cas transmises à un opérateur (et non pas transférées automatiquement), qui doit se charger d'identifier l'objet au moyen de capteurs électro-optiques. Après confirmation que la cible est bien un drone, le système de défense assure en principe le traçage de manière autonome. Vu que les microdrones et les minidrones sont de petite taille, leur trajectoire se caractérise par des changements de direction abrupts et donc imprévisibles, ce qui ne permet pas toujours de garantir un traçage efficace. De plus, les capteurs électro-optiques ont besoin, pour garder un objet en ligne de mire, d'un contraste entre ledit objet et l'environnement dans lequel il se déplace. Si le drone passe devant des bâtiments ou des nuages ou qu'il vole près de la cime des arbres, cela peut suffire pour que le capteur le perde de vue, et donc pour que le traçage automatique se solde par un échec. Cependant, dans quelques années, ce problème devrait également être résolu grâce au perfectionnement des logiciels. Les processus allant de la détection à l'identification décrits ci-dessus prennent beaucoup de temps et sont sujets aux erreurs. Si les objets identifiés doivent être neutralisés, il faut rapidement prendre une décision et passer à l'action sans délai.

Comme le rayon d'action des microdrones et des minidrones est limité, au même titre que celui des antennes, le pilote de l'appareil peut déjà aujourd'hui être recherché et, selon toute probabilité, localisé ; cela dépend toutefois de sa position, c'est-à-dire s'il se trouve en terrain ouvert ou dans une zone urbaine. Les capteurs qui peuvent calculer la position du pilote sur la base des signaux radio émis pourront à l'avenir accroître cette probabilité. C'est pourquoi ces systèmes, lorsqu'ils sont statiques – par exemple lorsqu'ils sont employés pour protéger un aéroport – pourraient s'avérer prometteurs.

Dans le cas où les fréquences des drones sont en revanche brouillées de manière ciblée, on constate que la réaction des divers modèles de drones à l'interférence n'est pas la même, vu que les appareils sont programmés différemment. Certains drones restent sur place, d'autres commencent à se déplacer de manière incontrôlée ou retournent à leur point de départ ; cette dernière variante permettrait dans tous les cas de localiser le pilote. Vu que lors d'un tel brouillage, tous les modèles de drones essaient dans un premier temps de maîtriser l'ingérence et restent donc en général immobiles dans les airs durant quelques secondes, cela peut nettement augmenter l'efficacité des moyens de

défense, tels que les *appareils capables de lancer des filets*, les *fusils de chasse* et les *drones antidrones*, dans la mesure où les drones intrus s'en approchent suffisamment. Si la trajectoire de ces appareils est programmée au moyen de points de route au lieu d'être télécommandée en temps réel, les méthodes de défense par radio deviennent alors caduques, à moins que les perturbations ne fonctionnent en bande large, brouillant ainsi les fréquences de positionnement par satellite ou d'autres fréquences importantes. Une telle option n'est quasiment pas viable, en premier lieu pour des raisons légales, mais aussi parce que beaucoup de fréquences civiles seraient alors involontairement touchées.

Par ailleurs, brouiller les fréquences ne sert à rien lorsque les drones sont télécommandés via le réseau de téléphonie mobile et non pas via les bandes de fréquences utilisées actuellement pour les drones de loisir. Dans ce cas, le pilote peut en théorie se trouver n'importe où, dans la mesure où il est connecté à un réseau de téléphonie mobile. En outre, il est difficile de détecter de tels drones dans l'espace électromagnétique, du moins en zone urbaine ; cela s'explique par le fait que les émissions des drones sont noyées parmi celles – très nombreuses – du réseau de téléphonie mobile.

Aujourd'hui, la défense contre les microdrones et les minidrones pose encore de grands problèmes, tant conceptuels que technologiques. Un système – ou un réseau de systèmes – qui pourrait couvrir tout le processus d'engagement de la cible n'existe pas encore. Il manque actuellement de dispositifs fiables à même de garantir la détection des tels drones en zone urbaine (où il est difficile d'assurer une quelconque défense). De très bons résultats sont aujourd'hui obtenus en combinant des capteurs et des effecteurs positionnés de manière judicieuse, créant ainsi une architecture de défense anti-drones. En fonction du bien à protéger, diverses combinaisons de capteurs et d'effecteurs peuvent s'avérer pertinentes et efficaces. Utiliser conjointement ces différents systèmes demande toutefois des efforts importants ; actuellement, une telle combinaison n'est efficace que dans le cadre d'une protection des objets bien préparée et limitée dans l'espace.

#### *La défense contre les petits drones et les essaims de drones*

Aujourd'hui, les canons de défense aérienne d'une portée de 2 à 3 km constituent la meilleure arme contre les petits drones de combat (et certains minidrones) et contre les essaims de drones. Grâce aux munitions à fragmentation, des drones se déplaçant à vive allure ou en essaim peuvent aisément être neutralisés. En plus de sa grande efficacité, l'usage de ce moyen de défense coûte moins cher que le recours aux missiles.

Toutefois, lorsque les drones sont détruits par les munitions à fragmentation tirées par des canons de défense contre avions (DCA), des morceaux de drones et des restes de munitions peuvent, en zone urbaine, atteindre des êtres humains ou endommager des bâtiments. C'est pourquoi le recours à de tels canons doit dans tous les cas respecter le principe de proportionnalité. Employer de telles munitions n'est légitime qu'en cas de risque mortel ou de menace majeure envers un bien de très grande importance.

À l'avenir, des armes à haute énergie (lasers) pourront également être utilisés pour se défendre contre les petits drones et les drones en essaim. Il faudra cependant encore relever des défis conceptuels. De plus, ce type d'armement doit pouvoir garder sa cible en ligne de mire durant un certain temps avant de tirer ; en d'autres mots, il faut que ces lasers puissent suivre précisément la trajectoire difficilement prévisible des drones. Plus le laser est puissant, moins il faut de temps pour verrouiller la cible. Actuellement, le problème de l'approvisionnement énergétique n'est pas encore résolu. En outre, le tir laser peut lui aussi induire des dommages collatéraux (tout comme les canons ordinaires), et ce risque a tendance à augmenter avec la puissance du laser.

À plus grande distance, des missiles peuvent aussi être utilisés pour lutter contre des drones isolés. Ils sont toutefois bien plus chers que les munitions des canons de défense aérienne, et donc aussi

plus coûteux que les drones qu'ils servent à neutraliser : c'est pourquoi le recours aux missiles n'est judicieux que lorsqu'il s'agit de s'autoprotéger ou d'assurer la protection d'objets importants.

#### *La lutte contre les drones tactiques et les drones de plus grande taille*

De par leur comportement en vol et les moyens de lutte employés contre eux, les drones tactiques (et les drones de plus grande taille) constituent des cibles militaires classiques, bien plus que les petits drones. D'une part, seuls des acteurs étatiques disposent actuellement de ce type de drones : c'est pourquoi en Suisse, ils ne pourraient être utilisés que lors de tensions. D'autre part, comme ils sont plus grands et plus lourds (et donc moins maniables) que les microdrones et que les minidrones, ces appareils sont aussi plus prévisibles. En outre, les drones tactiques et ceux de plus grande taille sont repérés facilement par les capteurs, étant donné que leur surface équivalente radar est importante et qu'ils ressemblent à des avions standards. Ils peuvent donc en principe être détectés, tracés, identifiés et neutralisés tant par des systèmes de DSA modernes que par des avions de combat. Cela est d'autant plus important que les drones de cette catégorie, vu leur taille et donc leur charge utile accrue, peuvent aussi être équipés d'armes plus lourdes. Ils ne disposent pas uniquement de capacités de reconnaissance ou de tir, mais peuvent aussi envoyer des missiles, ce qui fait qu'ils représentent une menace considérable. Comme les drones tactiques et ceux de plus grande taille ne disposent pas en général de mécanismes d'autodéfense (ou alors seulement de mécanismes rudimentaires), la simple présence de systèmes de DSA efficaces ou d'avions de combat dans les airs a déjà un effet dissuasif.

### **3.3 La défense contre les drones en Suisse**

Le risque représenté par les drones augmente lorsque l'on passe d'une situation ordinaire à des tensions puis à un conflit déclaré. Dans le même temps, face à une menace croissante, les possibilités de défense qui entrent en ligne de compte se multiplient également (bien que les moyens de défense déjà en place continuent à déployer leurs effets).

Une défense efficace contre les drones dépend de l'appréciation des risques : quel type de drone, quels dommages potentiels, quelle probabilité de but offensif. De même, des restrictions techniques, légales et opérationnelles peuvent aussi réduire l'efficacité des systèmes de défense. Il faut également tenir compte des dommages collatéraux potentiels, et ce au regard de l'impact des mesures de défense électroniques également. Les pages qui suivent décrivent la situation légale en Suisse relativement à l'utilisation des drones, puis expliquent quels sont les moyens de défense contre ces appareils, que ce soit en situation ordinaire, lors de tensions et, enfin, lors de conflits armés.

#### **3.3.1 Aspects juridiques**

La législation suisse ne donne pas de définition du terme *drone*. Selon l'OACS, les aéronefs sans occupants d'un poids allant jusqu'à 30 kg sont considérés comme des modèles réduits<sup>25</sup> et peuvent en principe être utilisés si un contact visuel direct avec l'appareil est garanti et que son téléguidage est assuré en tout temps. Les restrictions pour les modèles réduits d'aéronefs et les drones s'appliquent de diverses manières à certaines zones, en particulier à proximité des aéroports.

Selon la loi fédérale du 21 décembre 1948 sur l'aviation (LA)<sup>26</sup>, les drones de tous poids sont considérés comme des aéronefs sans occupants. Ils tombent également sous le coup de l'ordonnance du 23 mars 2005 sur la sauvegarde de la souveraineté sur l'espace aérien (OSS)<sup>27</sup>, qui

<sup>25</sup> La reprise prévue en Suisse de la réglementation de l'EU sur les drones, qui impliquerait notamment un enregistrement des données concernant l'exploitant du drone, l'identification à distance de l'appareil et une limitation à 25 kg de la masse maximale autorisée au décollage, a été momentanément suspendue par les Chambres fédérales au vu de l'adoption de la motion 20.3916 *Ne pas appliquer à l'aéromodélisme la réglementation de l'UE relative aux drones*.

<sup>26</sup> RS 748.0

<sup>27</sup> RS 748.111.1

fixe les mesures qu'il y a lieu de prendre pour assurer cette sauvegarde et éviter les violations graves des règles de l'air.

Dans la vie de tous les jours, la plupart des incidents impliquant des drones sont dus à des négligences, les utilisateurs n'étant pas conscients que le vol de drones est soumis à restriction. Ces cas sont considérés comme une contravention au sens de la LA et peuvent être sanctionnés par une amende allant de 150 à 300 francs, conformément à l'art. 91, al. 1, LA. Les infractions graves commises volontairement peuvent, selon l'art. 237, al. 1, du code pénal<sup>28</sup>, être punies d'une peine privative de liberté de trois ans au plus ou d'une peine pécuniaire. En outre, les cantons ont la possibilité d'édicter eux-mêmes des prescriptions pour limiter le danger auquel les personnes et les biens sont exposés au sol, conformément à l'art. 19 OACS.

### *Organisations qui traitent des drones et de la défense contre ces appareils en Suisse*

En Suisse, diverses instances gouvernementales traitent des drones et de la défense contre ces appareils. Ainsi, dans le domaine de la sécurité opérationnelle<sup>29</sup>, l'OFAC applique les règles du trafic aérien, en infligeant des amendes si des infractions sont constatées. S'agissant de la sécurité au sens de la prévention des actes malveillants<sup>30</sup>, les forces de sécurité étatiques sont compétentes ; la *police* se concentre plutôt sur la protection alors que l'*armée*, quant à elle, met l'accent sur la défense, et ce en fonction de la situation.

Par ailleurs, il existe un *organe de coordination stratégique en matière de drones* composé de représentants de la Chancellerie fédérale, du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)<sup>31</sup>, du Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS)<sup>32</sup>, de la Conférence des directrices et directeurs des départements cantonaux de justice et police (CCDJP)<sup>33</sup> ainsi que de la Conférence des commandants des polices cantonales (CCPCS)<sup>34</sup>. Cet organe doit notamment clarifier des questions légales liées à l'utilisation de drones et à la défense contre ces appareils, ce qui concerne principalement les FA et les corps de police.

Depuis quelques temps déjà, le *groupe de travail sur la défense contre les drones* de la CCPCS, avec un cercle de participants élargi<sup>35</sup>, suit et documente l'évolution actuelle dans le domaine des drones et de la défense contre ces appareils, telle que mise en place par la police et par d'autres organes de sécurité en Suisse.

Armasuisse Science et technologie (S+T) et son *Centre suisse des drones et de la robotique* (CSDR) du DDPS fondé en 2017 se consacrent au développement technologique, à la recherche et à l'innovation. Pour ce faire, ils mènent divers projets de recherche sur la détection des petits drones et sur la lutte contre ces appareils<sup>36</sup>. De plus, armasuisse S+T organise des conférences sur l'état de la technique en matière de défense contre les drones, destinées à un public spécialisé dans le domaine.

À l'armée, les premiers travaux visant à mettre en place un centre de compétences en matière de drones ont débuté. Ce centre doit permettre de conjuguer les différents efforts fournis au sein de l'armée et de mettre à profit les synergies existantes. Plusieurs corps de police ont également instauré des groupes d'experts, qui s'occupent des questions relatives au développement des drones, aux

---

<sup>28</sup> RS 311.00

<sup>29</sup> International : *safety*

<sup>30</sup> International : *security*

<sup>31</sup> [DETEC](#)

<sup>32</sup> [DDPS](#)

<sup>33</sup> [CCDJP](#)

<sup>34</sup> [CCPCS](#)

<sup>35</sup> Ce cercle élargi comprend des représentants des organes suivants : polices cantonales, polices communales, Office fédéral de la police (fedpol), OFCOM, OFAC, Office fédéral de la douane et de la sécurité de frontières (OFDF), armasuisse, Autorité de l'aviation militaire (MAA), commandement des Opérations (FA et Renseignement militaire) et Base d'aide au commandement (BAC).

<sup>36</sup> Cela comprend par exemple l'identification du drone au moyen de sa signature (détection et analyse). Les drones, lorsqu'ils sont repérés grâce à des capteurs, présentent en effet certaines caractéristiques propres. Le fait qu'un système de défense contre les drones dispose d'une bibliothèque de signatures – par exemple du spectre radar, infrarouge ou radioélectrique – lui permet d'identifier plus facilement les appareils.

systèmes de défense contre ces appareils et aux stratégies de gestion y relatives. L'armée dispose aussi de tels groupes, mis en place dans le cadre de projets d'acquisition concrets.

### 3.3.2 Situation ordinaire

#### *Les drones en tant que menace*

Les microdrones, les minidrones et les petits drones peuvent constituer une nuisance au quotidien (émissions de bruit ou violation de la sphère privée) ; ils peuvent également être utilisés pour des missions de reconnaissance, par exemple en pour des activités d'espionnage. Par ailleurs, ils sont employés à des fins criminelles, pour le trafic de drogue transfrontalier ou pour l'introduction clandestine d'armes dans les prisons. Ils permettent en outre de transmettre des images en temps réel et de préparer des actions illicites, par exemple lorsqu'ils servent à identifier et à surveiller des cibles. Enfin, ces drones sont susceptibles d'être mis à profit pour commettre des actes terroristes ; les minidrones d'une certaine taille et les petits drones, en particulier, peuvent être équipés d'explosifs ainsi que de substances chimiques ou de gaz divers.

À l'avenir, il sera donc encore plus difficile de déterminer à quelles fins un drone est utilisé. D'ici quelques années, il faut en effet s'attendre à ce que l'on trouve dans l'espace aérien, en plus des drones téléguidés par des pilotes, des appareils appartenant à des entreprises civiles et fournissant des prestations diverses. Un système qui rendrait possible une identification à distance pourrait en l'occurrence être utile. Les drones coopératifs justifieraient ainsi immédiatement de leur identité ; les logiciels utilisés seraient alors en mesure de les différencier, sur une image de la situation aérienne, des autres drones potentiellement malveillants. Une défense active contre les drones ne sera peut-être même pas nécessaire, car il suffit d'empêcher ces appareils de remplir leur mission, par exemple en protégeant ou en dissimulant les installations ou les informations sensibles.

#### *Organes civils de sécurité*

S'agissant des vols de drones non autorisés, la compétence incombe en situation ordinaire aux forces de police (police militaire comprise). Les stratégies de défense contre les microdrones, les minidrones et les petits drones sont encore récentes et doivent être adaptées en permanence en raison du développement rapide constaté dans ce domaine ; c'est pourquoi elles n'ont pas encore été mises en place auprès de toutes les organisations de sécurité potentiellement concernées.

Parmi les 30 plus importants corps de police en Suisse (communaux ou cantonaux), seuls quelques-uns disposaient en 2021 de moyens permettant de détecter et de neutraliser les microdrones et les minidrones, c'est-à-dire de garantir une défense contre ces appareils, malgré les quelques problèmes techniques et conceptuels mentionnés plus haut. Les corps de police des cantons de Berne et de Zurich avaient par exemple à leur disposition de tels moyens.

Certains corps de police ne disposent que de capacités de détection, d'autres déclarent louer les instruments nécessaires en cas de besoin. Actuellement, la capacité à intervenir rapidement en cas de violation de la loi n'est donc pas encore largement garantie. Toutefois, les événements planifiés – par exemple la protection lors d'une grande manifestation ou d'une conférence donnée – peuvent être gérés de manière efficace.

Par ailleurs, divers corps de police ont constitué des groupes spécialisés qui se penchent sur le développement des drones ainsi que des systèmes de défense contre ces appareils, tout en développant des stratégies permettant de relever les défis posés. Ces corps de police disposent de leurs propres capacités dans le domaine et peuvent être mobilisés pour des engagements planifiés.

L'Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières (OFDF) ne possède pas de moyens de défense contre les drones ; en cas de besoin, il cherche une solution externe. Pour ces engagements, il faut justifier d'une autorisation de l'OFCOM.

### *Entreprises privées de sécurité*

Actuellement, plusieurs entreprises privées de sécurité aimeraient également proposer un service de défense contre les microdrones et les minidrones. Les moyens pour ce faire sont en principe disponibles sur le marché (bien qu'ils présentent quelques lacunes déjà mentionnées), mais soumis à des restrictions juridiques : les utilisateurs privés ne sont pas autorisés à acquérir des systèmes à rayonnement tels que les radars ou certains systèmes radio permettant de détecter les drones. Cela vaut également pour les brouilleurs. De plus, de tels systèmes de défense pourraient constituer un risque pour les drones des organisations étatiques, par exemple ceux de la police. La question de savoir dans quelle mesure les entreprises privées pourraient proposer de tels services n'a pas encore été définitivement réglée.

### *L'armée et sa collaboration avec les autorités civiles*

Depuis quelques temps, il existe au sein de l'armée un concept d'instruction pour gérer le danger que représentent les microdrones et les minidrones. Outre l'information de tous les militaires, l'accent est principalement mis sur la connaissance des bases légales, qui servent également de fondement aux règles de comportement. Le but de l'instruction est que les militaires sachent quelles sont les mesures qu'ils ont le droit de prendre (ou non) et comment les appliquer. Actuellement, ce sont surtout la police militaire et les forces spéciales qui disposent de capacités de défense contre les minidrones, bien que celles-ci soient encore réduites.

En 2020, l'armée a lancé un projet de défense contre les minidrones, axé sur l'autoprotection. Le système qu'il est prévu d'acquérir doit être en mesure de détecter, de tracer, d'identifier et de neutraliser les minidrones. Le projet de surveillance des périmètres des aéroports en cours ne sert qu'à la détection ; il doit notamment permettre de déceler, tant au sol que dans les airs, les menaces à proximité des bases aériennes. Les systèmes de surveillance de ces périmètres sont également employés pour assurer la protection de l'aviation civile. Dans ce domaine, il n'y a toutefois pas suffisamment de fréquences radar à disposition pour de telles applications. C'est pourquoi les autorités civiles et militaires doivent collaborer étroitement afin de détecter les drones qui volent à proximité des aéroports. Au vu des ressources en fréquences limitées, cela vaut de manière générale pour la protection des infrastructures critiques.

En situation ordinaire, les attaques au moyen de drones – par exemple à des fins terroristes – pourraient constituer une violation de la souveraineté aérienne. Or, la sauvegarde de cette souveraineté incombe à l'armée<sup>37</sup>. Dans la pratique, il est toutefois très difficile de mettre en œuvre les mesures prévues par les FA pour lutter contre les drones, et ce pour deux raisons : premièrement, l'utilisation d'armes contre des aéronefs civils n'est autorisée qu'en cas de trafic aérien restreint et, deuxièmement, les drones en vol ne peuvent pas être contactés, contrairement aux aéronefs avec occupants. Les cas de légitime défense ou d'état de nécessité font exception.

Les choses se présentent différemment si le Conseil fédéral déclare une zone réglementée ou interdite<sup>38</sup>. Il peut ainsi, en tenant compte de l'ordre et de la sécurité publique ou pour des raisons militaires, limiter voire interdire temporairement l'usage de l'espace aérien suisse. C'est notamment ce qui se produit durant le Forum économique mondial (*World Economic Forum*, WEF). De telles mesures sont annoncées à l'avance et préparées par les forces de sécurité. Les vols dans la zone concernée ne peuvent se faire que sur autorisation des FA, qui ont en outre le droit d'utiliser des armes contre les aéronefs intrus, et donc contre les drones également, conformément à l'art. 92a de la loi du 3 février 1995 sur l'armée (LAAM)<sup>39</sup>.

---

<sup>37</sup> RS 748.111.1

<sup>38</sup> Une zone réglementée est un espace aérien défini dans lequel le vol d'aéronefs est restreint en certaines circonstances ; pour survoler une telle zone, il faut disposer d'une autorisation des FA. Une zone interdite est un espace aérien défini dans lequel le vol d'aéronefs est prohibé.

<sup>39</sup> RS 510.10

Si le Conseil fédéral a déclaré une zone réglementée ou interdite, c'est l'armée qui décide des mesures visant à renforcer le service de police aérienne. Pour se faire une image plus complète de la situation dans l'espace aérien inférieur, l'armée peut compter sur les formations d'application de la DCA. Celles-ci peuvent dans une zone définie recourir aux capteurs et aux effecteurs des systèmes de DSA afin de protéger les objets à courte distance.

Dans une telle situation, des terroristes pourraient utiliser des minidrones et des petits drones, probablement sous forme de drones suicides. Si ce type de drone apparaît dans une zone qui a officiellement été déclarée interdite de vol, on peut présumer que le pilote de l'appareil est malintentionné. Bien que ces drones puissent dans ces circonstances être neutralisés par la défense sol-air, le principe de proportionnalité s'applique évidemment. Il s'agit surtout de tenir compte, lors de la défense contre ces appareils, du risque de dommages collatéraux.

#### *Exemple : le WEF à Davos*

Durant le WEF à Davos, les corps de police impliqués combinent en accord avec l'OFCOM (et moyennant son autorisation) différents systèmes pour couvrir tout le cycle de défense (de la détection à la neutralisation) contre les microdrones et les minidrones, que ce soit à l'aéroport de Zurich comme à Davos. Tout cela est mis en place dans un espace aérien fortement sollicité, notamment à l'aéroport de Zurich, c'est pourquoi les systèmes doivent être adaptés très précisément en fonction de l'environnement. Comme il n'y a pas encore de fréquences radar à disposition pour de tels capteurs, un important travail de coordination est nécessaire afin d'harmoniser les systèmes installés provisoirement avec les dispositifs permanents de sécurité aérienne dans les aéroports. Les engagements accomplis jusqu'ici ont démontré que l'être humain joue encore et toujours un rôle central dans ce type de défense et que la mise en commun des données récoltées par les capteurs est indispensable pour obtenir une bonne image de la situation.

Durant le WEF, l'espace aérien au-dessus de Davos est fermé ; les FA sont chargées de vérifier que cette zone d'exclusion aérienne est bien respectée. Pour cela, des moyens de DSA sont utilisés, en combinaison avec des avions de combat. Actuellement, on recourt aux canons de DCA mobiles et à leur réseau de capteurs intégré. Ils sont notamment efficaces pour lutter contre les drones tactiques.

### **3.3.3 Tensions**

Lors de tensions également, la responsabilité de l'engagement devrait incomber en majeure partie aux corps de police des cantons, comme c'est le cas en situation ordinaire. L'art. 7 LA précise que le Conseil fédéral peut, dans l'intérêt de l'ordre et de la sécurité publics ou pour des raisons militaires, interdire ou restreindre d'une façon temporaire ou permanente l'usage de l'espace aérien suisse ou le survol de certaines zones (comme c'est le cas lorsqu'il s'agit d'assurer la protection durant une conférence). Il est possible d'ordonner une restriction voire une interdiction générale de vol limitée sur le plan spatial ou temporel ou alors illimitée pour tout l'espace aérien suisse. Dans de tels cas, le régime serait en principe le même que celui adopté lors du WEF. De plus, les attaques pourraient être lancées avec de petits drones ou avec des drones tactiques, tout comme avec des drones de combat, cibles privilégiées des moyens de DSA.

Comme cette phase où les tensions s'accroissent est généralement caractérisée par une certaine ambiguïté, il est primordial d'avoir une image de la situation aérienne la plus précise qui soit, afin de détecter suffisamment tôt les aéronefs de la partie adverse. Les moyens de DSA et les avions de combat sont alors utilisés conjointement. Il est par exemple possible de recourir aux avions de combat afin d'analyser les activités des drones adverses dans certaines parties du pays. Les moyens de DSA sont plutôt statiques, mais peuvent durant plusieurs semaines surveiller en permanence des zones clés. Les données de nombreux capteurs radar, électro-optiques et électromagnétiques sont fusionnées et mises à la disposition du pilote ainsi que des systèmes de conduite au sol.

Les moyens de DSA sont dans ce cas utilisés pour protéger à courte distance certains objets ou groupes d'objets. Il peut s'agir d'infrastructures critiques ou militaires. Dans le cadre de mesures actives de police aérienne, les formations de DSA peuvent également s'avérer efficaces contre les drones tactiques. Pour faire face à d'autres menaces modernes comme les missiles de croisière et les drones de combat, deux systèmes de DSA (un de courte portée et un autre de moyenne portée) devront au début des années 2030 assumer ces tâches. Dans l'espace aérien moyen, ces systèmes devraient être efficaces sur une distance de 20 à 25 km (jusqu'à une altitude de 3000 à 8000 m) ; dans l'espace aérien inférieur, ils pourraient être utilisés sur une distance d'environ 3 à 4 km (jusqu'à une altitude de près de 3000 m). Grâce à une telle architecture de défense et à l'effet combiné de plusieurs systèmes, il est possible de réagir de manière graduelle et appropriée à différents types de menaces venues du ciel ; les missiles de croisières rapides se déplaçant à basse altitude, habituellement difficiles à repérer, pourraient ainsi être détectés, tout comme les drones armés de missiles volant à haute altitude.

Si les tensions devaient s'accroître, le système de DSA de moyenne portée pourrait se charger de la défense contre les missiles de croisière ; de plus, il serait à même de répondre aux attaques des drones de combat tactiques.

Par ailleurs, l'acquisition d'un dispositif de défense aérienne avec des moyens de DSA de plus grande portée serait dissuasif envers les acteurs étatiques susceptibles d'utiliser notamment des drones tactiques, des drones de reconnaissance MALE<sup>40</sup>, des drones de reconnaissance HALE<sup>41</sup> (tous peuvent être employés en tant que plateformes de tir), des missiles de croisière et des avions de combat sans occupants.

### 3.3.4 Conflits armés

Lors d'un conflit armé, certains types d'engagement anti-drones devraient rester réservés aux forces de police, comme c'est le cas en situation ordinaire. Toutefois, le passage d'une longue phase de tensions à un conflit armé pourrait être brusque. Il serait possible de mener de premières frappes à distance, avec des missiles de croisières ou – en fonction du niveau technologique de l'adversaire – avec des drones de combat tactiques, et ce parce que la partie adverse aurait tout intérêt à neutraliser aussi rapidement que possible et sans essuyer trop de pertes les infrastructures importantes comme les bases aériennes et les postes de commandement. Il faudrait ensuite compter avec toute la palette de menaces venues du ciel, comme les petits drones (également destinés au combat), les drones tactiques (également armés et destinés au combat), les drones de reconnaissance longue distance (également armés) et les drones de reconnaissance longue distance et haute altitude ; à long terme, les avions de combat sans occupants seront aussi utilisés.

S'agissant de la défense aérienne, les avions de combat et les moyens de DSA mènent en grande partie leurs opérations dans le même espace et se complètent.

Les avions de combat de dernière génération équipés de missiles air-air de longue portée ont un rayon d'action de plusieurs dizaines de kilomètres. Ils dissuadent l'adversaire d'employer des drones de plus grande taille et volant à haute altitude<sup>42</sup> ; la partie adverse peut certes employer ces drones à moindre coût, mais comme ils ne disposent que de mécanismes d'autodéfense limités, les chances de succès avec ces appareils sont minces.

L'acquisition prévue d'un système de DSA de plus longue portée donnera dans un avenir proche à l'Armée suisse la possibilité de neutraliser les missiles de croisière, les drones tactiques, les drones

<sup>40</sup> International : *medium altitude, long endurance, MALE*

<sup>41</sup> International : *high altitude, long endurance, HALE*

<sup>42</sup> Tels que les drones de reconnaissance longue endurance et les drones de reconnaissance longue endurance et haute altitude.

de reconnaissance longue endurance, les drones de reconnaissance longue endurance et haute altitude et les avions de combat sans occupants volant à moyenne et à haute altitude<sup>43</sup>.

Dans l'espace aérien inférieur, l'armée ne dispose plus actuellement que d'un système capable de lutter contre les drones, et ce de manière limitée. C'est pourquoi l'armée développe des stratégies pour renouveler la défense sol-air dans l'espace aérien moyen et inférieur. Ainsi, le système de moyenne portée équipé de capteurs radar et de missiles devrait permettre de s'opposer aux avions de combat et aux drones tactiques à moyenne distance et à moyenne altitude (sur une distance de 20 à 25 km et une altitude de 3000 à 8000 m). Le système de courte portée, quant à lui, disposerait de radars et surtout de capteurs électro-optiques sans rayonnement, altérant nettement les capacités de détection de la partie adverse. En plus des missiles à courte portée pour lutter contre les hélicoptères de combat, il faudrait selon la planification actuelle bénéficier de canons de DCA avec des munitions intelligentes pour neutraliser en particulier les petits drones de combat.

### 3.4 Changement de paradigme à la Défense ?

L'utilisation accrue des drones par un nombre toujours plus grand de personnes – dont des acteurs non étatiques – influencera la manière dont les conflits armés seront conduits. À l'avenir, les drones pourront se coordonner et échanger de plus en plus efficacement d'importantes quantités de données, que ce soit entre eux ou avec la station de contrôle au sol. Les données transmises en temps réel par ces appareils compléteront et optimiseront l'image de la situation jusqu'au dernier échelon tactique, ce qui permettra d'identifier plus tôt l'adversaire et de connaître ses intentions. Les drones armés pourront quant à eux lutter directement contre les cibles identifiées avant de s'assurer, grâce à leurs capteurs, que l'attaque a été menée à bien. Les drones actuels et à venir sont un pur produit de la transformation numérique. Ils servent surtout à récolter des renseignements et à activer tous les procédés d'information. L'ensemble du processus d'engagement de la cible se déroule sur une seule et même plateforme, et les données collectées sont immédiatement et sans interruption à la disposition des parties ayant accès au réseau, ce qui permet d'accélérer les opérations. Plus on utilise de drones, plus leur impact – et donc celui de la transformation numérique – est manifeste. La technologie en essaim ne manquera pas de contribuer à cette évolution. Tout cela aura également des conséquences sur *l'art et la manière* dont on conduira les conflits dans les années à venir. Les formations militaires devront s'attendre à être détectées sans qu'elles s'en aperçoivent et à devoir répondre à des attaques surprises ; dans ce contexte, il s'agit de prendre en compte l'aspect psychologique de cette menace constante. C'est pourquoi la doctrine militaire, tout comme l'organisation et la structure des troupes, devront être adaptées. En ce moment, il est cependant encore difficile d'évaluer quelle sera la nature des changements à apporter. Outre les drones de combat en essaim, il sera aussi possible d'engager, de manière combinée, des drones et des avions de combats avec occupants. Dans un tel cas, c'est le pilote de l'avion en question qui assurera le téléguidage des drones<sup>44</sup>. Les missions dangereuses (comme p. ex. la lutte contre les moyens de DSA adverses) pourront être menées par des drones, tandis que le pilote se trouvera à bonne distance dans l'avion de combat, pour diriger et surveiller les opérations<sup>45</sup>.

Les drones militaires équipés d'armement sont utilisés depuis plus de 25 ans lors de conflits dans diverses régions du monde. En 2001, les États-Unis ont été les premiers à employer en Afghanistan un drone armé, sans pour autant que cela n'induisse un quelconque changement de paradigme. Les tendances et les développements technologiques sont bien connus et, au vu de l'état actuel du savoir en matière de drones, il ne faut pas s'attendre à des progrès techniques fulgurants. Les dernières analyses relatives à la politique de sécurité ne donnent pas non plus à penser que l'on verra un changement radical s'opérer dans la manière de mener les conflits : les drones sont plutôt un moyen

<sup>43</sup> Les avions de combat avec occupants et les missiles balistiques (dans une moindre mesure) constituent également des cibles.

<sup>44</sup> International : *manned-unmanned teaming*

<sup>45</sup> Comme c'est le cas avec le Système de combat aérien du futur (SCAF), auquel participent l'Allemagne, la France et l'Espagne ; ou encore avec le projet TEMPEST, promu par la Grande-Bretagne, et auquel l'Italie, le Japon et la Suède souhaitent collaborer.

supplémentaire dans l'arsenal nécessaire à la conduite de la guerre aérienne. Ainsi, les drones de combat et les drones équipés d'armement utilisés par les forces azerbaïdjanaises lors la guerre de 2020 dans le Caucase leur ont certes conféré un avantage. Il s'agit toutefois de considérer le contexte du conflit : deux armées disposant de forces aériennes réduites se sont affrontées ; chacune n'avait qu'entre 10 et 20 avions de combat et ne pouvait donc atteindre les cibles au sol qu'avec des armes non guidées. Alors que l'Azerbaïdjan avait investi au plus tard en 2008 dans des drones tactiques modernes de type MALE, les forces arméniennes étaient moins bien équipées, insuffisamment instruites et ne semblaient pas préparées à une guerre imminente. Leurs systèmes de défense aérienne dataient par exemple de l'époque soviétique et étaient donc faits pour répondre aux menaces d'un autre temps. Aujourd'hui, ces systèmes sont encore efficaces contre les avions de combat avec occupants, mais peinent à détecter de petits drones se déplaçant à vitesse réduite. Cette faiblesse a été reconnue et mise à profit par les forces armées azerbaïdjanaises. Le fait que ces dernières aient utilisé des drones a certes augmenté leur force de frappe, ce qui a précipité les événements, mais sans pour autant constituer un élément décisif dans l'issue des affrontements. L'Arménie n'aurait eu aucune chance, même si son adversaire n'avait pas recouru aux drones. Pourtant, ayant pris connaissance des images de propagande filmées par les drones durant les attaques et diffusées ensuite sur Internet, le grand public a eu l'impression que ces appareils ont joué un grand rôle dans le conflit. L'impact psychologique de ces images ne doit pas être sous-estimé ; elles ont en effet aussi contribué à amplifier l'importance des drones dans la victoire des troupes azerbaïdjanaises.

Lors du conflit armé de 2020 qui a opposé les Israéliens aux Palestiniens dans la bande de Gaza, l'utilisation par les deux parties de drones de combat n'a pas été prépondérante. Le système de DSA israélien, moderne et efficace, n'a eu aucun mal à contrer ces appareils. La tactique adoptée par les Palestiniens consistait plutôt à saturer la défense aérienne israélienne en sacrifiant un grand nombre de petites roquettes d'artillerie bon marché afin de percer par endroit la défense israélienne, ce qui a en partie fonctionné.

Dans la guerre actuellement menée par la Russie en Ukraine, les deux parties disposent de drones. Il n'a pas encore été possible de déterminer si les armées impliquées utilisent ces appareils et comment. Aucune conclusion ne peut donc être tirée quant à leur rôle dans l'évolution des affrontements.

Le recours aux drones lors d'un conflit n'est donc pas forcément synonyme de victoire. En l'occurrence, ce sont plutôt les technologies relatives aux drones et les capacités militaires des parties impliquées ainsi que l'intégration de ces appareils – et des moyens de défense y relatifs – dans une stratégie de défense intégrée et mixte qui s'avèrent déterminantes. En général, il faut également avoir acquis grâce aux avions de combat la souveraineté aérienne dans la zone de conflit<sup>46</sup>, vu que les drones ne sont pas en mesure de se défendre efficacement par eux-mêmes. Quant à la défense contre les drones tactiques et ceux de plus grande taille encore, elle ne représente pas actuellement (et ne représentera pas non plus dans un avenir proche) un grand défi pour une armée bien préparée et dotée d'équipements modernes, notamment de moyens de DSA efficaces et de suffisamment d'avions de combat. La combinaison de ces deux moyens permet en effet de garantir une surveillance de l'espace aérien presque permanente, d'un côté par les éléments au sol et, de l'autre, par les avions de combat capables d'intervenir rapidement et de manière flexible. Ces appareils peuvent en outre neutraliser les infrastructures au sol indispensables aux drones adverses. À l'heure actuelle, c'est surtout la défense contre les petites catégories de drones qui pose problème, en particulier contre les petits drones de combat engagés lors de conflits.

---

<sup>46</sup> Même dans quelques années, les avions de combat sans occupants ne seront pas encore capables de remplir une telle mission.

## 4 Conclusion

Même s'il ne faut pas s'attendre à des avancées technologiques majeures dans le domaine des drones, ces appareils devraient cependant continuer à se développer très rapidement. À l'avenir, les drones pourront sans doute rester plus longtemps dans les airs et parcourir des distances accrues ; il se verront en outre dotés de meilleures capacités de collecte et de traitement des données tout en étant davantage interconnectés et agiront avec une autonomie grandissante. Selon toute probabilité, ces appareils seront utilisés dans de nouveaux secteurs, par exemple pour le transport commercial, ou alors en essaim, pour mener des attaques lors de conflits.

En Suisse, outre les autorités étatiques, diverses universités s'intéressent à la technologie des drones. Il existe aussi une industrie solide et novatrice qui façonne activement le développement de cette technologie. Il s'agit de saisir les opportunités qui se présentent et d'établir à un haut niveau une collaboration empreinte de confiance.

Il faut toutefois s'attendre à ce que le développement des drones militaires et des technologies clés dans ce domaine ait une influence sur la manière dont nous conduirons les conflits à l'avenir. Grâce à une meilleure image de la situation jusqu'au dernier échelon tactique, la rapidité avec laquelle les opérations seront menées lors d'affrontements se verra décuplée. Étant donné que les troupes au sol pourront être détectées plus facilement, il faudra certainement adapter la doctrine, mais aussi l'organisation et la structure des formations militaires.

Les drones tactiques et les drones de plus grande taille sont des cibles militaires classiques ; en raison de leur comportement de vol, ces appareils peuvent être neutralisés tant par des avions de combat que par des systèmes de DSA. Il y a en revanche des lacunes dans le domaine de la défense contre les microdrones et les minidrones. Actuellement, il n'existe pas dans le monde de système ou de combinaison de systèmes permettant de garantir une haute qualité sur l'ensemble du processus d'engagement de la cible. De tels dispositifs en sont seulement au stade de la conception. Pour que la défense contre de tels drones puisse toutefois avoir des chances de succès, les capteurs et les émetteurs existants devraient lorsque cela est possible être combinés, afin de garantir une architecture de défense fiable. Cela requiert une collaboration étroite entre les services de sécurité que sont la police et l'armée d'une part, et l'OFAC (Skyguide compris) d'autre part. Les importants dommages collatéraux potentiels liés à l'usage de telles solutions représentent encore et toujours un défi de taille.

Cependant, la défense contre les drones ne constitue pas un challenge uniquement pour la Suisse, mais aussi pour tous les États concernés. Dans le monde entier, les systèmes de défense sont actuellement en phase d'essai et ne sont donc pas encore assez fiables pour être utilisés durant les engagements ni commercialisés.

De plus, les acteurs non étatiques auront également davantage recours aux drones. Là aussi, le défi ne se pose pas uniquement à la Suisse, mais à tous les États. Notre pays favorise par conséquent un échange accru et une collaboration plus étroite dans le domaine de la défense contre les drones sur le plan international.