CONCEPTION GÉNÉRALE ESPACE ORBITAL

Concept pour le développement capacitaire et pour l'emploi de l'espace orbital par l'Armée suisse jusqu'au milieu des années 2030

ARMÉE SUISSE

Table des matières

Résumé **5**

1 Introduction **10**
1.1 Contexte 11
1.2 Origine du projet 12
1.3 Objectif visé 14

2 Environnement et tendances **18**
2.1 Introduction 18
2.2 Tendances dans l'industrie spatiale 19
2.3 Capacités et coopérations internationales intéressant les forces armées 21
2.4 Utilisation militaire de l'espace orbital 23
2.5 Développements spatiaux à moyen et à long termes 26
2.6 Capacités spatiales actuelles de la Suisse 28
2.7 Capacités actuelles de l'armée 28
2.8 Capacités spatiales au DDPS 29
2.9 Conclusions 30

3 Bases légales, politique spatiale et coopération **34**
3.1 Bases légales 34
3.2 Stratégie de maîtrise des armements et de désarmement 38
3.3 Politique spatiale de la Suisse 38
3.4 Coopérations internationales dans le domaine spatial 40

4 Doctrine **44**
4.1 Introduction 44
4.2 Utilisation de l'espace orbital dans diverses situations 45
4.3 Double usage 46
4.4 Image de la situation dans l'espace orbital 46
4.5 Observation de la Terre 46
4.6 Télécommunications 47
4.7 Navigation de précision 48
4.8 Contre-mesures 48

5 Capacités et lacunes **52**
5.1 Évolution des exigences 52
5.2 Détermination et développement des capacités opérationnelles 52
5.3 Image de la situation dans l'espace orbital 53
5.4 Observation de la Terre (IMINT/ELINT) 54
5.5 Télécommunications 55
5.6 Navigation de précision 57
5.7 Contre-mesures 58

6 Moyens de renforcer la capacité de défense 62
6.1 Aspects concernant le comblement des lacunes 62
6.2 Grandes lignes du développement capacitaire 63
6.3 Perspectives et moyens de développement 65
6.4 Atouts et faiblesses de l'orientation choisie 66

7 Mise en œuvre 70
7.1 Doctrine 71
7.2 Entreprise 71
7.3 Organisation 71
7.4 Instruction 72
7.5 Matériel 72
7.6 Personnel 73
7.7 Finances 74
7.8 Infrastructures 74
7.9 Sécurité 75

8 Annexe 78
8.1 Glossaire 78
8.2 Liste des abréviations 81

Résumé

L'espace orbital est utilisé depuis le milieu des années 1950 à des fins tant civiles que militaires. Les activités spatiales étaient au début l'affaire des États, et elles ont été marquées par la rivalité entre les États-Unis et l'URSS. Puis, dans les années 1990 s'est ouverte une phase qui a vu l'émergence de nouvelles nations spatiales. Et depuis 2010, on assiste à une commercialisation de l'espace orbital par des acteurs issus du secteur privé. Aujourd'hui, les services des satellites commerciaux sont de plus en plus utilisés à des fins militaires, comme le montre clairement la guerre en Ukraine.

Depuis 2015, l'Armée suisse développe systématiquement les capacités nécessaires à la compréhension de l'utilisation de l'espace orbital. Elle utilise aussi quelques services fournis par des satellites, mais elle n'a pour l'instant, en matière de systèmes liés à l'espace orbital, aucune autonomie, aucune redondance et aucune capacité à durer. En application du rapport de 2016 sur la politique de sécurité, l'armée a décidé en 2018 d'intégrer l'espace orbital dans sa planification des capacités à court, moyen et long termes. La présente Conception générale décrit les activités prévues dans l'espace orbital et ce qu'elles apporteront au renforcement de la capacité de défense.

Au cours des dernières années, de plus en plus d'États ont constitué un commandement spatial. Grâce aux nouvelles technologies, la Suisse est elle aussi en mesure de développer, pour un prix raisonnable, des capacités spatiales qui lui permettront de réduire sa dépendance vis-à-vis de l'étranger. Le terrain est favorable. L'armée compte déjà nombre de spécialistes des milieux scientifiques et économiques qui y occupent diverses fonctions. À l'échelle nationale, elle peut s'appuyer sur une industrie spatiale très développée qui se distingue par son étroite collaboration entre l'industrie, la science, les autorités et les fournisseurs de prestations. Par des coopérations internationales, la Suisse est bien intégrée dans la navigation spatiale. Elle est engagée dans des organisations internationales et participe activement à la réglementation mondiale de l'espace orbital. Citons notamment son adhésion à l'Agence spatiale européenne (ESA), au Comité des Nations Unies pour les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (CUPEEA) et à l'Union internationale des télécommunications (International Telecommunication Union, ITU). La Suisse fait aussi partie des membres fondateurs de l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT).

Au niveau du droit international public, l'utilisation de l'espace orbital est réglementée en particulier par cinq traités et accords de l'ONU, dont quatre ont été ratifiés par la Suisse.[1] Il convient de mentionner le Traité sur l'espace, qui réglemente les activités des États dans l'exploration et l'utilisation de l'espace orbital. Le droit international public et – en cas de conflit armé – le droit international des conflits armés s'appliquent également à l'espace orbital. Le Règlement des radiocommunications et la législation nationale complètent le cadre légal des activités spatiales de l'Armée suisse. Début 2025, le Conseil fédéral a de plus mis en

1 La Suisse n'a pas ratifié l'Accord régissant les activités des États sur la lune et les autres corps célestes.

consultation une nouvelle loi fédérale sur les opérations spatiales, qui doit s'appliquer aussi désormais aux activités spatiales d'unités administratives de l'armée.

L'armée a défini ses capacités opérationnelles dans l'espace orbital et les a intégrées dans sa stratégie de renforcement de la capacité de défense. Elle se donne pour but de constituer et de développer cinq capacités : image de la situation dans l'espace orbital, observation de la Terre, télécommunications, navigation de précision, contre-mesures. L'analyse de l'état théorique et de l'état actuel de certaines capacités en a révélé l'état de développement et fait apparaître des lacunes capacitaires qui devront être comblées d'ici au milieu des années 2030, compte tenu des conditions générales réglementant les radiocommunications.

Dans les douze années à venir, l'armée ne disposera pas des moyens nécessaires pour développer de manière autonome toutes les capacités visées ; en particulier pour des systèmes propres dans les domaines de l'observation de la Terre et des télécommunications par satellite. Elle mise par conséquent sur des partenariats. L'idée est de s'associer à des entreprises industrielles nationales et à des hautes écoles pour développer des capacités à double usage, c'est-à-dire servant à des fins autant civiles que militaires. Des choix précis pour les achats, des sous-traitances et une coopération internationale renforcée complètent cette approche. En procédant ainsi, l'armée peut recourir à l'expertise de spécialistes en Suisse et mettre à profit de manière souple les développements technologiques dans l'environnement dynamique de l'industrie spatiale. Les voies d'acquisition traditionnelles devront s'effacer devant une collaboration caractérisée par l'efficience et la capacité d'adaptation. Dans ce but, l'armée aura elle-même besoin de structures agiles.

La collaboration interdisciplinaire permet à l'armée de développer des produits systématiquement et sur plusieurs générations. Des cycles agiles et itératifs lui donnent les moyens de réagir avec souplesse aux changements, de réduire les coûts et de raccourcir les délais de production. Sur le plan des infrastructures, l'armée investira dans des stations au sol, d'observation, de réception et de contrôle, dans des systèmes de satellites, et dans la protection de ses systèmes contre les perturbations. Elle prépare aussi, en collaboration avec des hautes écoles, une formation pour spécialistes de l'espace orbital.

À partir de 2026, l'armée regroupera ses activités dans un nouveau centre de compétences consacré à l'espace orbital au sein des Forces aériennes. La doctrine pour la planification et l'exécution des activités spatiales sera élaborée d'ici à la fin 2026. Pour le développement et l'exploitation de ces capacités durant une période de douze ans, le plafond des coûts est de 850 millions de francs.

1

Introduction

En plus des espaces d'opération sol, espace maritime, espace aérien, espace électromagnétique, cyberespace et espace de l'information, l'espace orbital a pris une importance croissante dans la politique de défense internationale. En 2016, l'armée a décidé de l'inclure dans la planification des capacités à court, moyen et long termes. L'objectif est d'y acquérir ou d'y développer des capacités opérationnelles et de renforcer ainsi considérablement la capacité de défense.

1 Introduction

L'envoi du satellite Spoutnik 1 en 1957[2] a marqué le début de l'utilisation de l'espace orbital à des fins tant civiles que militaires. Depuis, les satellites sont devenus des éléments importants de l'équipement de nombreux États, pour lesquels ils remplissent des missions intéressant la sécurité, et des tâches économiques, scientifiques et sociales. Le 31 décembre 2024, on dénombrait plus de 10 400 satellites actifs en orbite et près de 3600 satellites inactifs.

Durant la Guerre froide, la rivalité qui opposait les États-Unis et l'URSS a atteint son paroxysme en 1969 avec l'alunissage d'Apollo 11. Sur le plan militaire, les États-Unis sont parvenus, dans les années 1980, à une position dominante qui leur a notamment fourni des avantages décisifs durant la guerre du Golfe de 1990–1991 : ils ont pu en effet, pour la première fois, utiliser à leur profit la navigation et l'exploration par satellite, dont ne disposaient pas les forces irakiennes.

Une seconde phase de l'utilisation de l'espace orbital a commencé dans les années 1990. L'accès facilité aux systèmes informatiques et la miniaturisation des composants électroniques ont entraîné une accélération foudroyante des progrès technologiques. De nouvelles puissances spatiales, comme la Chine ou l'Inde, ont émergé. Avant 1990, une vingtaine de pays possédaient des capacités dans le domain ; en 2010, ils étaient plus de cinquante[3].

Un nouveau tournant a eu lieu dans les années 2010. Avec l'émergence de la notion de new space, les entreprises privées ont joué un rôle toujours plus important dans le développement des satellites et des lanceurs. La concurrence a alors fait baisser les coûts de production et, de ce fait, rendu financièrement plus accessibles les satellites et les décollages de fusées. Cette mutation, dite aussi commercialisation de l'espace, est notamment favorisée par les États-Unis. Grâce à des modèles d'acquisition plus efficients, le secteur privé dispose d'une plus grande liberté d'entreprendre, mais doit aussi assumer une plus grande part de responsabilité et de risques. Un contexte financier stable, avec des taux d'intérêt peu élevés sur les marchés de l'argent et des capitaux jusqu'en 2020, ont favorisé le développement des activités spatiales privées et l'apparition de nouveaux acteurs, qui jouent aujourd'hui un rôle important dans divers conflits.

La guerre en Ukraine a révélé l'augmentation de l'utilisation des satellites commerciaux à des fins militaires. Tant les acteurs privés que les organismes d'État mettent à disposition des prestations pour les télécommunications civiles et militaires, ainsi que pour l'exploration. Les fournisseurs commerciaux utilisent l'imagerie satellitaire à haute définition, ce qui transforme complètement les comptes rendus sur les conflits et les catastrophes : ainsi, des images qui, jusqu'alors, étaient réservées aux seuls gouvernements sont désormais accessibles au public.

L'Armée suisse a commencé en 2015 à développer une compréhension systématique de l'importance et de l'utilisation de l'espace orbital, au niveau tant national qu'international. Elle a analysé pour ce faire les acteurs, non seulement mili-

2 L'Union soviétique a envoyé dans l'espace orbital le premier satellite artificiel, Spoutnik 1, qui émettait de simples signaux, marquant ainsi le début de l'ère spatiale.
3 Et 90 en 2023.

taires, mais aussi civils, privés comme publics. Depuis 2017, un domaine Espace fait partie intégrante de l'état-major du commandement des Opérations, et il ne cesse de s'étoffer. Les lignes directrices en vigueur dans ce domaine se fondent sur un document de base interne de 2020 et sur les expériences acquises par l'armée en collaboration avec des hautes écoles, des entreprises industrielles et d'autres organes de l'administration fédérale.

1.1 Contexte

Les services fournis par satellite font aujourd'hui partie intégrante de la vie quotidienne et, par conséquent, de l'infrastructure critique. Ils servent notamment à la navigation, à la transmission de programmes de radio, aux prévisions météorologiques, à l'observation de la Terre et aux télécommunications. Ils jouent un grand rôle dans l'économie, la société, la sécurité et la défense. Ainsi, les satellites météorologiques permettent non seulement de prévoir le temps avec précision ; ils sont aussi utiles pour la protection contre les catastrophes et la gestion des crises. Avec les satellites d'observation, les autorités disposent d'une source d'informations importante pour la surveillance de l'environnement, le trafic, les services de renseignement, la cartographie et la défense. Dans les régions isolées, les télécommunications par satellite établissent des liaisons à large bande et complètent les réseaux terrestres, voire s'y substituent. La défaillance d'un tel système aurait de graves répercussions, et pas seulement en Suisse.

L'aggravation des tensions et des conflits dans le monde accroît l'importance, à l'échelle internationale, de l'espace orbital pour la politique de sécurité et de défense. En décembre 2019, l'OTAN l'a officiellement qualifié d'espace d'opération[4], et reconnu par là même son importance croissante. L'Alliance a ainsi confirmé son intention de se défendre contre les menaces émanant de satellites ou visant ceux-ci et de renforcer la coopération internationale dans les domaines des télécommunications, de la navigation et de l'exploration. Depuis peu, la France en parle comme d'un lieu de confrontation[5] – et d'autres États comme les États-Unis, la Chine et la Russie en ont une conception similaire. L'utilisation commerciale et militaire des différentes orbites par les satellites fait l'objet d'une concurrence qui s'intensifie constamment.

Depuis longtemps, les opérations militaires dépendent de capacités fiables en matière de télécommunications, d'exploitation d'images et d'exploration de signaux, sur des systèmes de préalerte pour les missiles balistiques et sur la géolocalisation. Et du fait de l'augmentation de l'offre de services spatiaux susceptibles d'être utilisés à des fins autant civiles que militaires (dual-use), le nombre de fournisseurs en concurrence ne cesse de croître.

L'espace orbital donne les moyens d'agir plus rapidement, plus efficacement et avec une plus grande précision. Pour le succès des opérations militaires, la possibilité même et l'efficacité avec laquelle les capacités peuvent être employées et combinées dans les différents espaces d'opération sont décisives.

4 Désignation officielle : operational domain.
5 Désignation officielle.

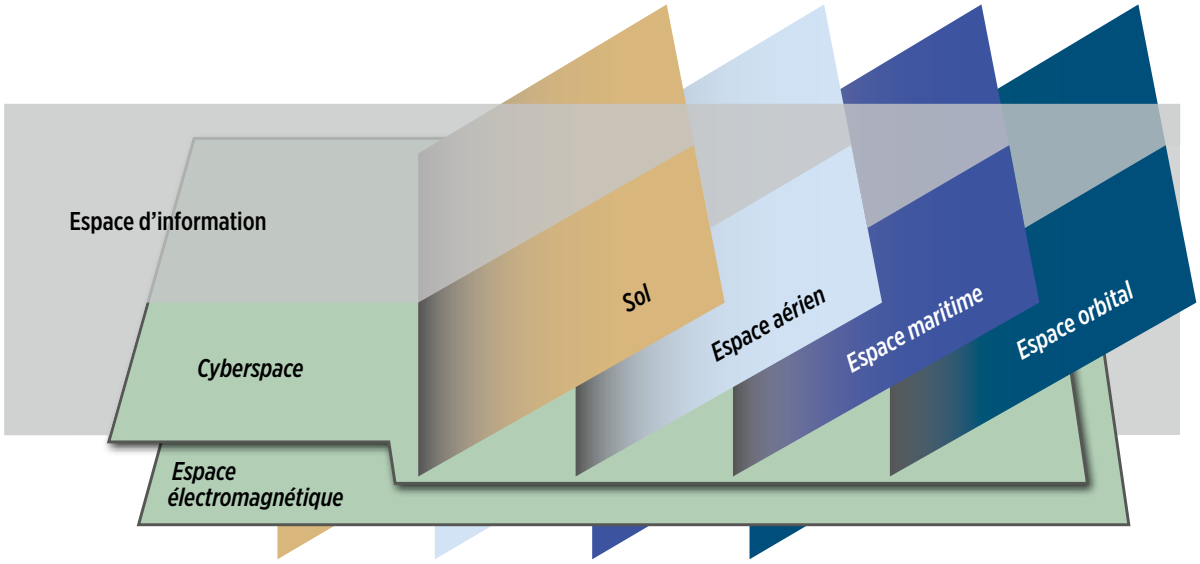


Schéma illustrant les différents espaces d'opération. Le cyberespace, l'espace électromagnétique et l'espace de l'information interpénètrent l'espace terrestre, l'espace maritime, l'espace aérien et l'espace orbital.

Selon le droit international public, l'espace orbital ne peut pas faire l'objet d'une proclamation de souveraineté. En revanche, les objets fabriqués qui s'y trouvent, comme les satellites artificiels, appartiennent à des États déterminés. Ils tournent autour de la Terre et sont liés à des activités menées dans d'autres espaces.

L'armée utilise déjà quelques services de satellites, mais elle est totalement dépendante de fournisseurs commerciaux étrangers, d'États tiers ou d'organisations internationales. Ses systèmes liés à l'espace orbital n'offrent ni autonomie, ni redondance, ni capacité à durer. En Suisse, de nombreux organes de l'administration fédérale, instituts de recherche et entreprises ont néanmoins acquis de solides capacités dans le domaine des applications spatiales. Des acteurs suisses ont ainsi fourni des contributions essentielles à des programmes spatiaux comme les télescopes XMN-Newton, James Webb et CHEOPS, la mission JUICE, le programme Artemis (Orion/MSE), Ariane, Vega, Galileo, Copernicus, Meteosat Third Generation (MTG), Aeolus, METOP, les programmes ISS et ExoMars, parmi beaucoup d'autres encore. Des entreprises et d'autres parties prenantes en Suisse sont ainsi établies durablement dans le paysage spatial européen grâce à l'Agence spatiale européenne (ESA), à l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT) ou à leur participation à des pans des programmes spatiaux de l'UE GNSS/Galileo et EGNOS.

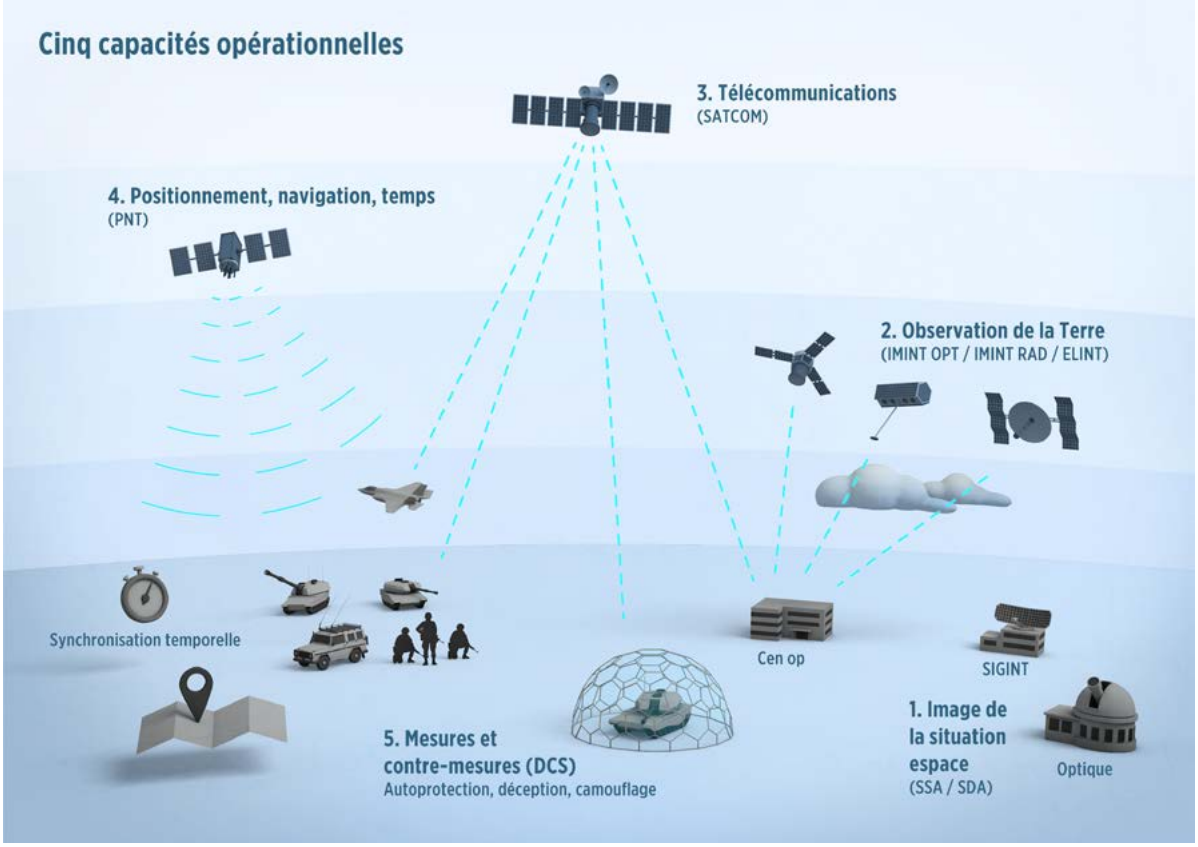
1.2 Origine du projet

En application du rapport de 2016 sur la politique de sécurité, l'armée a décidé, en 2018, d'intégrer l'espace orbital dans sa planification des capacités à court, moyen et long termes. Après l'élaboration d'un document de base détaillé en 2020, les premières activités exploratoires et opérationnelles ont été déclenchées. Un état des connaissances a été établi, prenant en considération tous les organismes concernés au sein de l'armée et avec la participation d'autres offices du DDPS (SG-DDPS / Sipol devenu SEPOS, SRC, OFPP, swisstopo, armasuisse) et de l'administration fédérale (OFCOM, SEFRI, OFROU, DFAE). La présente Conception générale se fonde non seulement sur le document de base, mais encore sur le rapport de 2021 sur la politique de sécurité et sur le rapport

complémentaire de 2022, qui comprend les enseignements tirés de la guerre en Ukraine. Le message sur l'armée axé sur les capacités 2024 et la Politique spatiale 2023 du Conseil fédéral[6] font également partie des pierres angulaires de la présente Conception.

Du document de base et du rapport Objectifs et stratégie de l'Armée suisse du futur – Renforcer la capacité de défense[7] (2023) se déduisent cinq capacités opérationnelles que l'armée doit développer[8], à savoir :

— 1. l'établissement de l'image de la situation dans l'espace orbital (SSA/SDA[9])
— 2. les contributions à l'observation de la Terre (IMINT[10] et ELINT[11])
— 3. les contributions à la conduite d'action en réseau dans le domaine des télécommunications (SATCOM[12])
— 4. les contributions à la navigation de précision (positionnement, navigation et temps, (PNT[13]), et
— 5. les contre-mesures de défense actives et passives (DCS[14])



Objectifs de l'armée dans l'espace orbital avec les cinq capacités opérationnelles

6 Le 19 avril 2023, le Conseil fédéral a fixé dans la Politique spatiale 2023 l'orientation future de la Confédération dans ses activités relatives à ce domaine et exposé le contenu d'une politique ad hoc coordonnée et intégrée dans son contexte international.
7 81.298, Renforcer la capacité de défense, août 2023, Groupement Défense.
8 Voir notamment l'interpellation 23.4428 Seiler Graf Utilisation militaire de l'espace. Prévention des risques, résilience et sécurité et le rapport du Conseil fédéral en réponse aux postulats 23.3000 et 23.3131.
9 SSA – Space Situational Awareness, SDA – Space Domain Awareness : voir le glossaire.
10 IMINT – Imagery Intelligence : voir le glossaire.
11 SIGINT – Signals Intelligence : voir le glossaire.
12 SATCOM – Satellite Communications : voir le glossaire.
13 PNT – Positioning, Navigation, Timing : voir le glossaire.
14 DCS – Defensive Counter Space : voir le glossaire.

En 2017, l'armée a commencé à réaliser ses projets dans le domaine des logiciels et a ainsi constitué progressivement des applications, des bases de données et d'autres instruments appropriés. La troupe bénéficie particulièrement de ces produits pour l'établissement de l'image de la situation dans l'espace orbital. En 2021, armasuisse Science et technologies (S+T) a engagé un programme de recherche sur l'espace orbital afin d'appuyer le renforcement des capacités militaires. Ce programme, encore en cours, inclut à ce jour une bonne cinquantaine de projets de recherche, auxquels l'armée a directement participé. Parallèlement à armasuisse, l'armée a elle-même mené à bien une dizaine de projets d'innovation destinés à faciliter la constitution rapide de capacités militaires dans l'espace orbital. Les enseignements tirés de toutes ces activités constituent une base de décision pour le développement capacitaire et l'orientation que prendra l'armée dans l'utilisation de l'espace orbital.

En mars 2023, le DDPS a décidé d'élaborer une Conception générale pour l'espace orbital. Ce document sert de base pour le développement capacitaire dans cet espace, de manière analogue aux textes fondamentaux que sont Avenir de la défense aérienne (2017), Avenir des forces terrestres (2019) et Conception générale cyber (2022). Le projet décrit dans le présent document est en concordance avec la Politique spatiale 2023 de la Confédération. D'autres services de l'administration fédérale, des hautes écoles et des entreprises suisses, ont été associés à l'élaboration de cette Conception.

1.3 Objectif visé

La présente Conception sert de base au développement capacitaire dans l'espace orbital jusqu'au milieu des années 2030.

Ce document donne tout d'abord un aperçu des évolutions constatées dans cet espace : évolutions technologiques, militaires et de politique de sécurité. Des explications sont aussi données sur le cadre politique et juridique, et sur la doctrine de l'armée. Ces bases permettent de comparer les capacités actuelles au niveau de prestations visé et d'identifier ainsi les lacunes capacitaires. Sont finalement décrites les grandes lignes à suivre et les mesures prévues pour combler ces lacunes.

La Conception générale pour l'espace orbital se fonde sur des réflexions inspirées des grandes lignes du développement de l'armée à moyen et long termes et prend notamment en compte la nécessité de renforcer les capacités de défense. Les enseignements tirés de la situation actuelle au niveau mondial (p. ex. la guerre en Ukraine) et des projets de l'armée en cours ont également influé sur la présente Conception. Ce document met aussi l'accent sur le double usage de l'espace orbital, à savoir à des fins à la fois civiles et militaires. La question des capacités visées et de leur profit pour des tiers y est également abordée.

2

Environnement et tendances

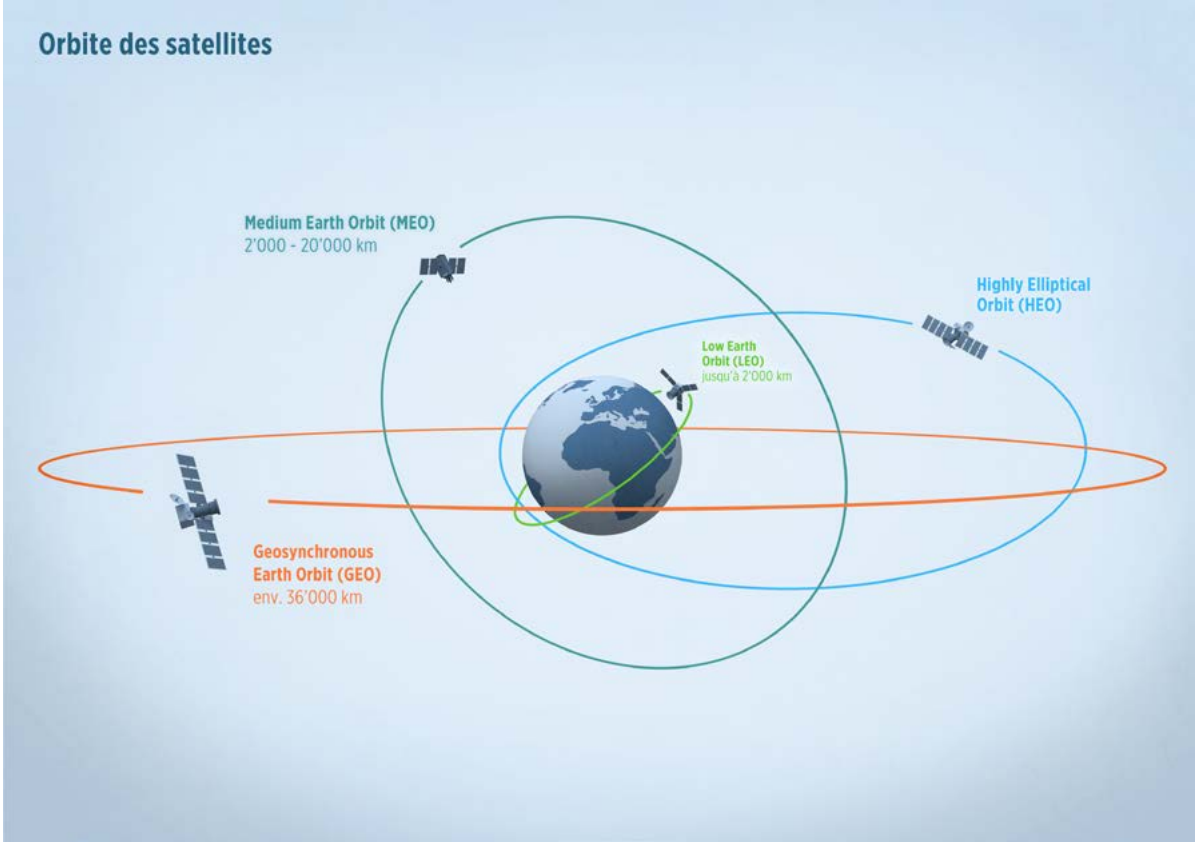
Après avoir été durant des décennies sous le contrôle des États, les affaires spatiales sont maintenant de plus en plus soumises à des considérations commerciales. La numérisation et la miniaturisation des technologies liées aux satellites ont intensifié la concurrence et accru non seulement la quantité de constellations de satellites et de données, mais aussi de débris spatiaux. Pour divers acteurs, les activités spatiales représentent une menace. Au cours des dernières années, des États toujours plus nombreux ont constitué leurs propres commandements de l'espace, avec les capacités qui s'y rapportent. La Suisse aussi s'applique à renforcer ses capacités propres pour l'espace orbital et à les rendre disponibles. Pour garantir la stabilité et la sécurité du pays dans des situations de tensions ou de conflits, il est essentiel de pouvoir faire un usage autonome des systèmes et d'être à l'avenir moins dépendant de l'étranger. L'insertion des services des satellites commerciaux dans la défense, telle qu'elle se produit par exemple dans la guerre en Ukraine, confirme le double usage des technologies spatiales et de l'espace orbital en tant qu'espace d'opération.

2 Environnement et tendances

2.1 Introduction

Au cours des dernières décennies, les activités spatiales ont connu une profonde transformation. Après avoir été, jusque dans les années 2010, l'apanage des grands pays industrialisés, sous contrôle de l'État, elles suscitent aujourd'hui de l'intérêt dans le monde entier, et les acteurs commerciaux y tiennent un rôle important.

Cette mutation s'explique principalement par le profit croissant qu'il est possible de tirer de services dans l'espace orbital ou en rapport avec celui-ci. Les développements technologiques ont permis de réduire considérablement les coûts de fabrication et de transport des satellites. L'accès ainsi facilité à l'espace orbital a entraîné la création de grandes constellations de satellites[15] qui suivent des trajectoires orbitales de hauteur différente.



Les principales orbites et leurs altitudes-types par rapport au niveau de la mer.

15 Groupe de satellites gérés par le même opérateur et poursuivant le même but.

Un nouveau record a été établi en 2024 : 252 lancements ont mis en orbite 2900 satellites (300 étatiques et 2600 commerciaux). Pour comparaison, les chiffres de 2016 : 215 satellites (134 étatiques et 81 commerciaux). La plupart des 2600 satellites commerciaux susmentionnés appartiennent à la même entreprise privée (SpaceX) et se trouvent dans une seule et même constellation (Starlink) dédiée aux télécommunications.

2.2 Tendances dans l'industrie spatiale

La concurrence dans le domaine des lanceurs[16] s'est accrue et le développement de fusées réutilisables a facilité l'accès à l'espace. L'entreprise SpaceX, basée aux États-Unis d'Amérique, fait partir en moyenne presque un lanceur tous les deux jours et demi, ce qui correspond à la moitié environ des lancements annuels de fusées dans le monde. La Chine a, elle aussi, fortement étendu ses activités spatiales, alors que la Russie n'a pas augmenté de manière déterminante ses capacités. Quant à l'Europe, pour accéder à l'espace orbital en toute indépendance, elle utilise les lanceurs Ariane 6 et Vega C développés par l'ESA, avec la participation de firmes suisses. Lors des séances de son conseil à l'échelon ministériel à Paris en 2022 et à Séville en 2023, l'ESA a donc fixé les prochaines étapes à franchir pour s'assurer à moyen terme d'un accès indépendant à l'espace orbital. Après deux lancements réussis d'Ariane 6 et l'accomplissement d'un retour en vol de Vega C, l'Europe veut accélérer la cadence. Autre défi pour les exploitants européens de lanceurs : le programme Starship de SpaceX, dont le but est de transporter des charges très importantes dans l'espace orbital avec des lanceurs entièrement réutilisables.

	USA	CHN	RUS	IND	JPN	EUR	Autres
Lancements réussis	153	65	17	5	5	3	4
Lancements ayant échoué	1	3	0	0	2	0	1
Total 2024	**154**	**68**	**17**	**5**	**7**	**3**	**5**

Avec la miniaturisation, il est devenu possible de fabriquer en grande quantité des satellites plus petits. Des systèmes modernes de propulsion électrique rendent manœuvrables les satellites même les plus petits. Il est ainsi possible de réaliser des constellations de satellites avec une plus grande couverture spatiale et temporelle, et des systèmes de plus en plus résilients. Afin d'augmenter cette résilience, il faut cependant non seulement davantage de satellites, mais aussi des stations supplémentaires au sol.

La numérisation et l'interconnexion croissante ont accru la quantité de données, ce qui a rendu les télécommunications par satellites plus dynamiques[17]. Cette évolution tend vers les techniques du beamforming (filtrage spatial)[18], de l'Internet des objets (Internet of Things, IoT) et du direct-to-device (D2D)[19]. Les satellites modernes de télécommunication adaptent activement leur transmission de données afin d'assurer une répartition optimale des largeurs de bande. Les nou-

16 Dans la présente conception, le terme lanceur désigne un système (fusée) capable d'envoyer dans l'espace orbital des charges utiles (satellites, sondes spatiales, autres objets) ou des personnes.

17 Par l'utilisation d'antennes adaptables et d'algorithmes pour l'amélioration des systèmes de télécommunication par satellite dans des conditions soumises à changement.

18 Beamforming : technique par laquelle les signaux radio sont réunis en faisceaux dans une direction déterminée. Cette méthode peut être appliquée autant pour l'émission que pour la réception de signaux.

19 Méthode de communication permettant d'échanger directement par satellite des données et des services entre des terminaux basés sur Terre sans passer par une infrastructure centrale comme un serveur ou par un routeur.

velles techniques de cryptage permettent des liaisons sûres, même dans des régions reculées.

Les dix dernières années ont vu apparaître à l'échelle planétaire des centaines d'entreprises offrant des systèmes commerciaux pour les télécommunications par satellite et l'exploration au moyen de divers capteurs. Cette évolution est une conséquence de la commercialisation de l'espace orbital. Jouant un rôle toujours plus important, les acteurs privés complètent les systèmes liés à l'espace orbital des États, quand ils ne vont pas jusqu'à s'y substituer. Toutefois, ils restent dans l'ensemble dépendants des moyens et des programmes publics. La guerre en Ukraine le révèle de manière tout à fait claire : l'imbrication des systèmes commerciaux et des systèmes étatiques, renforcée par l'intelligence artificielle, donne les moyens d'abréger considérablement l'intervalle de temps entre l'identification d'une cible et son attaque, par exemple lors d'opérations avec des drones ou d'engagements au sol. Cette accélération offre de nouvelles possibilités aux forces armées, mais les confronte aussi à de nouveaux risques.

Ce ne sont pas seulement de nouvelles perspectives qui s'ouvrent à l'industrie spatiale, mais aussi de nouveaux défis. Un de ceux-ci est la densité croissante d'utilisation des orbites, un autre l'augmentation de la quantité de débris spatiaux[20]. Les risques qui y sont liés vont en s'aggravant, surtout dans les orbites basses. Les dangers de collision ne concernent pas que des débris, mais aussi des satellites actifs, hors d'usage ou défectueux. Ainsi, chaque jour, SpaceX est obligé d'effectuer en moyenne 137 manœuvres d'évitement[21]. Le problème des débris spatiaux doit être résolu pour que les activités spatiales puissent rester possibles à long terme. Il faut pour cela non seulement disposer d'une image actuelle, complète et correcte de la situation, mais aussi établir une coopération internationale et envisager des approches novatrices.

Les opérations militaires dans l'espace orbital se particularisent notamment par leur intégration au développement des forces armées concernées. Comme, en règle générale, la trajectoire orbitale d'un satellite n'est guère modifiable, le positionnement fait partie de la conception même du système[22]. Cette conception inclut aussi le choix du lanceur. C'est pour cette raison que l'industrie spatiale a développé des méthodes agiles de développement, avec des cycles itératifs brefs et des tests effectués en conditions réelles, comme dans le développement de logiciels. Certaines forces armées sont allées jusqu'à intégrer des partenaires industriels dans leurs formations militaires[23].

Les exploitants privés de satellites assument eux-mêmes la responsabilité du choix et de la sécurité des orbites et des services proposés. Ils sont néanmoins tenus de respecter les règles en vigueur, sous la surveillance de l'État responsable.

20 Voir le glossaire.
21 Selon le rapport du 30 juin 2023 de l'U.S. Federal Communications Commission.
22 System design : processus global de définition, de planification, de développement et d'intégration de toutes les composantes techniques et fonctionnelles, pour réaliser des objectifs.
23 Voir U.S. Space Force Commercial Space Strategy, 8 avril 2024

2.3 Capacités et coopérations internationales intéressant les forces armées

Dans le développement et la production de technologies spatiales, l'autonomie nationale est décisive. Les États-Unis sont en tête dans ce domaine, suivis de la Chine, de la Russie, du Japon et de l'Inde. Ces États sont en mesure d'effectuer leurs activités spatiales en totale indépendance, de la fabrication de satellites et de lanceurs au contrôle au sol en passant par les lancements depuis leur territoire. Ils sont néanmoins dépendants de pays étrangers pour certaines technologies et certains composants.

Les États-Unis, qui concentrent à eux seuls plus de 50 % du budget mondial des activités spatiales, sont en position dominante pour le développement de satellites, de lanceurs et d'engins spatiaux. Les principales entreprises sont SpaceX, Northrop Grumman, Boeing et Lockheed Martin. Les États-Unis sont en mesure de construire et d'exploiter des systèmes modernes de défense spatiale, comme le Space-Based Infrared System (SBIRS) pour l'alerte avancée de missiles balistiques.

La Chine, pour sa part, a développé très rapidement et fortement ses capacités spatiales ces vingt dernières années. Outre le lancement de divers satellites, elle a également prouvé qu'elle est capable de procéder à des inspections rapprochées de satellites, à des amarrages non coopératifs[24] entre satellites et au transport de satellites défectueux dans une orbite de rebut[25]. La Chine exploite en outre sa propre station spatiale en orbite basse.

La Russie, vu sa longue expérience dans le domaine, dispose de capacités industrielles fortes. Elle est connue pour la fiabilité de ses lanceurs et pour certaines capacités spécifiques dans l'espace orbital, comme l'exploitation de satellites d'inspection et d'exploration électronique. La Russie dispose aussi d'une constellation de satellites d'alerte pour la détection de lancements de missiles balistiques. Toutefois, le manque de fiabilité des composants électroniques de ses satellites lui pose régulièrement des problèmes.

De son côté, l'Inde a fait de grands progrès et développé des capacités autonomes dans le domaine de l'imagerie optique et radar, ainsi que de l'exploration électronique. Le programme de lanceurs de l'État indien est soutenu par le secteur privé.

Certains États européens mènent également leurs propres programmes spatiaux et disposent, tous réunis, de larges compétences. L'Allemagne, la France, l'Italie et la Grande-Bretagne misent souvent sur des initiatives nationales.

Vingt-trois États en tout, dont la Suisse[26], l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Espagne et la Grande-Bretagne, coopèrent tous sous l'égide de l'ESA. Des thèmes pertinents pour la sécurité (de nature civile ou duale) gagnent en importance dans ce contexte. Les programmes de l'ESA contribuent au développement des capaci-

24 L'expression amarrage non coopératif désigne l'approche suivie de la capture de satellites passifs par un satellite chasseur afin de l'inspecter, de procéder à des travaux d'entretien ou de l'évacuer.
25 Voir le glossaire.
26 Le SEFRI représente la Suisse dans les instances de l'ESA, participant activement au développement des activités spatiales suisses et européennes.

tés pour répondre à ces besoins. Les aspects sécuritaires du programme de l'UE sont pris en charge par l'EUSPA[27].

L'ESA développe des satellites météorologiques sur mandat de l'EUMETSAT et met les infrastructures spatiales européennes à disposition, par exemple pour le Navigation Satellite Systems (GNSS), Galileo, European Geostationary Navigation (EGNOS), Copernicus et IRIS², sur mandat de l'UE.

Le port spatial le plus important pour l'Europe se trouve à Kourou, en Guyane française. Cette base de lancement est pour l'Europe synonyme d'accès autonome à l'espace orbital, raison pour laquelle elle est cofinancée par tous les États membres de l'ESA. Les lanceurs Ariane et Vega développés par l'ESA ont tous décollé de Kourou. Certains États européens ont récemment engagé leurs propres projets dans le domaine des micro-lanceurs[28] pour transporter de petits satellites dans des orbites basses.

Hormis Galileo, EGNOS et les éléments publics de Copernicus, la Suisse, faute d'accord conclu dans ce sens, n'a jusqu'ici aucun accès aux données et aux services de l'UE.

La Suisse[29] est un des rares pays non-membres de l'UE à être pleinement associé à l'EUMETSAT. En tant que membre de cette organisation, elle contribue à son financement et à la conception de ses programmes, ce qui, en retour, lui donne plein accès aux données et aux produits des satellites.

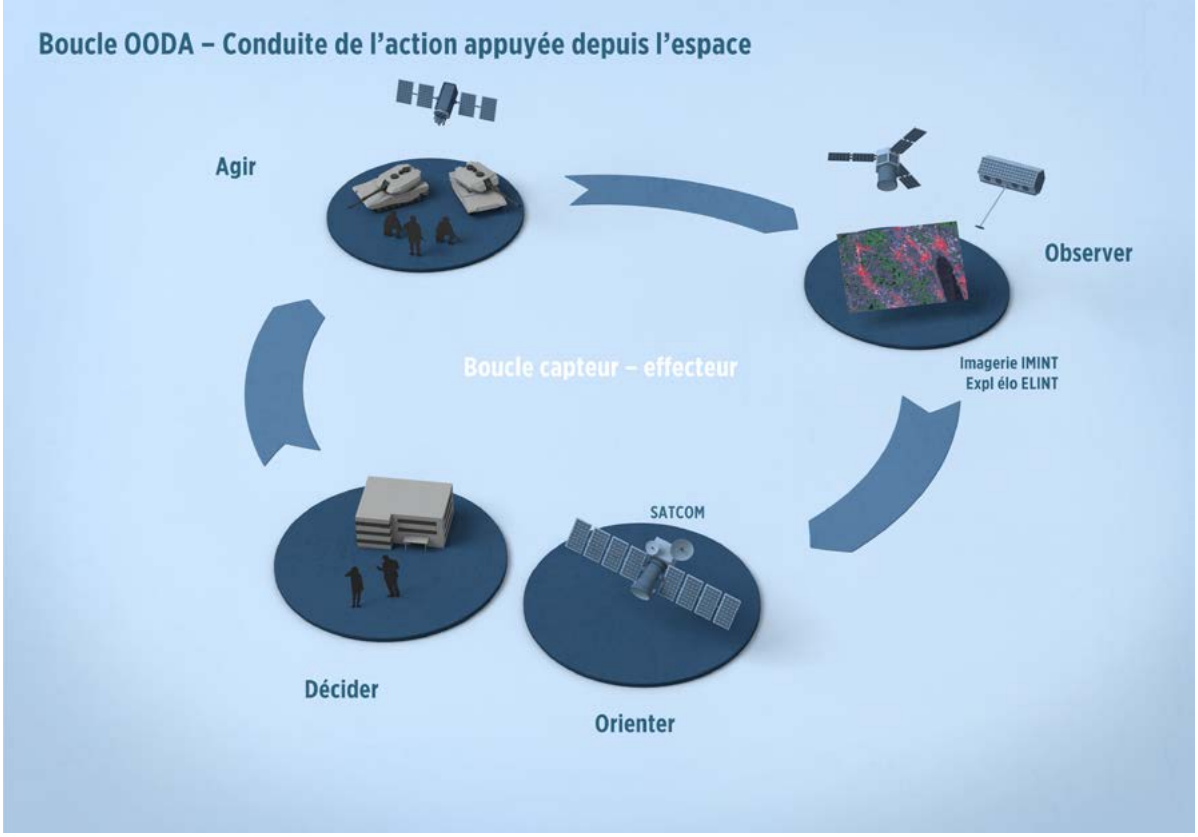
La participation de la Suisse à l'ESA permet à des acteurs suisses des milieux de la science et de l'industrie de participer au développement et aux activités d'acquisition des programmes susmentionnés. Dans les affaires astronautiques et dans le développement des infrastructures spatiales, la Suisse mise sur la coopération internationale. Dans le domaine du transport spatial, elle apporte d'importantes contributions aux lanceurs Ariane 6 et Vega C qu'elle utilise en priorité[30]. Elle soutient en outre le port spatial de Kourou (voir ci-avant). Le point de départ des satellites suisses continuera donc de se trouver hors de notre pays.

Différents modèles de collaboration entre l'industrie et les forces armées se sont élaborés au cours du temps. Les forces armées modernes recourent de plus en plus aux offres commerciales afin d'étendre, en y consacrant moins d'efforts et moins d'argent, leurs capacités dans les domaines de l'image de la situation, de l'exploration, des télécommunications et de la navigation. De nombreux partenariats public-privé (public-private-partnership, PPP) ont été établis, et ce malgré l'émergence de nouveaux défis et de nouvelles vulnérabilités du fait de l'interdépendance entre les acteurs militaires et civils.

27 Voir la liste des abréviations.
28 Les micro-lanceurs sont des fusées capables de transporter une charge utile de quelques centaines de kilos dans une orbite terrestre basse. Ils représentent une solution de rechange aux lanceurs traditionnels et sont particulièrement adaptés à la mise en orbite de petits satellites.
29 L'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse) représente la Suisse dans les organes d'EUMETSAT et participe activement au développement de la météorologie européenne par satellite.
30 Le 30 novembre 2018, le Conseil fédéral a approuvé et ratifié la Déclaration d'exploitation de lanceurs (Launcher Exploitation Declaration, LED).

2.4 Utilisation militaire de l'espace orbital

L'intégration de l'espace orbital donne aux forces armées l'accès à des données supplémentaires d'observation et de surveillance, obtenues notamment par des capteurs à bord de satellites. Ces données accélèrent les deux premières phases de ce que l'on appelle la boucle OODA (OODA-Loop), soit le cycle du processus de décision, comprenant les phases d'observation (Observe), d'orientation (Orient), de décision (Decide) et d'action (Act). L'application de ce processus permet, dans des situations dynamiques, de prendre des décisions rapides et efficaces. Sous une forme similaire, la boucle OODA est également utilisée pour la maîtrise des crises dans le civil.



La boucle OODA (OODA-Loop) est une notion importante de la stratégie et de la tactique militaires. Elle désigne le cycle parcouru par les responsables pour enregistrer une situation, l'interpréter, prendre une décision et l'appliquer. Dans l'armée, on parle aussi de boucle capteur-effecteur (Sensor-to-Shooter-Loop).

Les télécommunications passant par l'espace orbital profitent également à la quatrième phase du cycle (action), car la diffusion large et rapide des informations facilite la coordination des mesures et accroît leur effet. D'une manière générale, les armées qui intègrent l'espace orbital dans leurs activités optimisent leurs processus de décision dans les situations critiques.

Image de la situation dans l'espace orbital

Les activités spatiales représentent une menace pour divers acteurs – et cela également sur terre et dans les airs. Pour avoir une compréhension globale de ces activités, il faut récolter des informations sur l'ensemble des satellites, sur la météorologie de l'espace[31] et sur les débris spatiaux. Ces informations ont une importance autant pour les exploitants des satellites que pour les forces armées qui les utilisent afin de déceler à temps les atteintes à leurs systèmes liés à l'espace orbital et de prévoir les activités d'exploration. De par sa fonction de système d'alarme, l'image de la situation dans l'espace orbital est, finalement, aussi d'intérêt général.

Diverses sources contribuent à l'établissement de l'image de la situation dans l'espace orbital. Pour cela, des partenariats sont conclus avec des institutions scientifiques, avec l'industrie et avec les autorités. Outre les données d'accès public, les forces armées utilisent aussi leurs propres mesures, analyses, interprétations et calculs. Il est indispensable de disposer d'une base de données solide sur tous les satellites et d'une bonne connaissance de leur mode de fonctionnement comme de leur état.

Observation de la Terre

L'observation de la Terre joue un rôle important dans la gestion des conflits et contribue à la prévention et à la désescalade. Il y a actuellement plus de 1200 satellites opérationnels équipés de capteurs d'exploration. Ils se servent de technologies et de procédés divers : capteurs optiques, capteurs radar et capteurs d'exploration des signaux électromagnétiques qui fournissent en quelques heures – et parfois en temps réel – des renseignements et des informations sur la situation. Réunies aux informations provenant d'autres sources, ces données permettent d'établir une image globale de la situation. En associant la recherche d'informations depuis l'espace (observation de la Terre) et l'engagement d'armes de précision, les forces armées modernes sont en mesure d'atteindre leurs cibles avec sûreté et efficacité, même à grande distance. La technologie satellitaire prend là une importance toujours plus grande.

Télécommunications

Les satellites de télécommunications permettent des liaisons rapides et sûres entre des acteurs très éloignés les uns des autres. Dans les situations actuelles de conflit, il est essentiel de pouvoir échanger des informations rapidement et en toute sûreté[32], de l'échelon stratégique à l'échelon tactique. Les satellites aident les forces armées à réagir vite aux évolutions dynamiques et à prendre des décisions sur la base de données précises. Les satellites utilisés à cet effet peuvent être géostationnaires ou en orbite terrestre basse : les satellites géostationnaires (à une altitude de 36 000 km environ) couvrent en permanence un secteur géographique donné, tandis que les satellites en orbite basse (340 à 1200 km environ) ont l'avantage de temps de latence[33] plus brefs, pour autant qu'ils soient en nombre suffisant.

---

31 Voir le glossaire.

32 Les liaisons par satellite ne garantissent pas toutes une communication sûre : ce n'est pas le cas par exemple des constellations de satellites qui ne sont pas coordonnées au niveau international. De tels systèmes travaillent sur une base dite de interference, non-protection et ne bénéficient d'aucune protection contre d'autres applications radio.

33 Le temps de latence est le délai entre l'émission d'un signal et sa réception à destination.

La plupart des satellites en activité à l'échelle planétaire sont utilisés à des fins de télécommunications civiles et militaires. À la fin 2023, il y avait quelque 6800 satellites de télécommunications en activité. Du côté des gouvernements, les États-Unis, la Russie et la Chine disposent de leurs propres réseaux de satellites sur diverses orbites, tandis que la France, l'Allemagne ou l'Italie, par exemple, n'exploitent que des satellites géostationnaires. Parmi l'ensemble des satellites de télécommunications, la plupart appartiennent à des constellations commerciales comme Starlink ou OneWeb. La Commission européenne planifie actuellement la constellation de satellites IRIS^2, afin de mettre des prestations étendues à la disposition des États de l'UE et d'États tiers. IRIS^2 comprendra des éléments dans des orbites basses et des éléments géostationnaires.

Navigation de précision

Pour les opérations militaires, les systèmes de navigation globale par satellite sont devenus indispensables. Ils permettent des localisations précises, la navigation de systèmes avec ou sans équipage et une synchronisation efficace des réseaux. Beaucoup de systèmes, dans leur fonctionnement, sont dépendants d'une synchronisation temporelle exacte. Le système américain Global Positioning System (GPS) est le système de positionnement le plus largement répandu à l'échelle planétaire, avec le système russe GLONASS et le Beidou chinois. L'agence EUSPA exploite le système européen de navigation par satellite Galileo qui, d'ici à la fin de la décennie, fournira, avec le Public Regulated Service (PRS), un signal encore plus stable, plus précis et résistant mieux aux perturbations que le GPS. Actuellement, le High Accuracy Service de Galileo permet déjà à l'EUSPA d'offrir une précision de quelques décimètres. Galileo et GPS sont complémentaires et partagent certaines bandes de fréquences.

Si la plupart des systèmes de navigation par satellite les plus utilisés aujourd'hui sont encore nationaux ou multinationaux, des systèmes commerciaux comme GeeSAT sont en cours de développement pour des satellites en orbite basse, qui offriront une précision de signaux encore plus grande[34] et une meilleure résistance[35] aux perturbations et aux interférences. Mais les signaux de ces systèmes sont, eux aussi, vulnérables aux moyens électromagnétiques.

Contre-mesures

Leur importance stratégique croissante expose de plus en plus les systèmes satellitaires à des perturbations et à des attaques potentielles. Les menaces sont d'origine très diverse et proviennent autant du sol que de l'espace maritime, de l'espace aérien ou de l'espace orbital. Les cyberattaques et les attaques électromagnétiques sont fréquentes, de même que les sources de perturbation dans les orbites. Des attaques cinétiques sont possibles, mais elles demandent beaucoup de moyens et sont susceptibles de produire des débris spatiaux, provoquant ainsi des dangers supplémentaires dans les orbites. S'y ajoute le risque pour les attaquants de se faire démasquer. Le syndrome de Kessler[36], qui restreindrait les possibilités d'utilisation d'orbites entières, est une conséquence possible de cette situation. Il est donc peu vraisemblable que des satellites soient, à l'avenir, la cible

34 Précision de 1 cm au lieu des 20 à 30 cm de Galileo ou GPS.
35 Plus il y a de satellites et plus leur altitude est élevée, plus la résilience est grande.
36 Le syndrome de Kessler est une réaction en chaîne non contrôlable consistant en une succession de collisions entre des débris spatiaux dans les orbites, susceptible de constituer un danger pour l'ensemble de la navigation spatiale.

d'attaques cinétiques par des missiles. De telles attaques ne manqueraient pas de poser aussi des questions fondamentales quant au respect du droit international, en particulier du droit international des conflits armés. À ce jour, seuls les États-Unis, la Chine, la Russie et l'Inde ont testé des armes cinétiques antisatellites[37] (ASAT), tant depuis la surface du sol que depuis l'atmosphère. Les attaques par laser ou par des systèmes dans le cyberespace et l'espace électromagnétique sont plus vraisemblables, de même que les amarrages non désirés : l'amarrage, dans ce cas, n'est pas seulement un service[38] destiné à prolonger la vie d'un satellite, à lui fournir du carburant ou à l'éliminer, mais aussi un moyen de l'attaquer.

Dans la présente Conception, les contre-mesures ne visent pas seulement à la protection des propres moyens spatiaux, considérée comme faisant partie de l'autoprotection. Il s'agit aussi de se protéger contre l'exploration adverse, par exemple par la déception, la diversion et la perturbation d'autres satellites, ou par le camouflage et la décentralisation à l'échelon de la troupe. Les manœuvres d'évitement destinées à protéger les propres satellites sont également des mesures défensives.

2.5 Développements spatiaux à moyen et à long termes

L'évolution prévue jusqu'en 2040 dans l'espace orbital proche de la Terre est lourde de défis. Le nombre de satellites en orbite aura alors dépassé les 40 000 et, du côté de l'UIT[39], on avance même[40] le chiffre réaliste de plus de 70 000[41]. Le risque de collisions, de satellites incontrôlables et de débris spatiaux s'en trouve considérablement augmenté, et, partant, le besoin de mesures pour lutter contre la prolifération des débris et pour gérer le trafic spatial[42]. Des champs de Kessler pourraient bloquer les orbites et obliger à une segmentation des orbites par applications ou par nations.

Les fournisseurs commerciaux connecteront à l'avenir des services IMINT[43], ELINT[44] et des services de télécommunications par satellites. Ces connexions permettront une transmission des données en temps presque réel, même si le satellite émettant les données ne se trouve pas dans la zone de réception d'une station au sol. Le traitement à bord de satellites de reconnaissance (on-board-processing[45]), au moyen d'algorithmes, en fera des postes d'observation intelligents pour interpréter des données provenant de l'espace orbital. Les réseaux d'in-orbit computing[46] accéléreront considérablement le traitement et la diffusion des données.

Bien que l'engagement direct d'armes cinétiques dans l'espace orbital reste peu vraisemblable, les constellations ASAT risquent d'entraîner une dégradation de la situation générale. Avec les mêmes moyens technologiques que ceux dont dis-

37 Voir le glossaire.
38 Soit un in-orbit service (IOS).
39 Union internationale des télécommunications (UIT/ITU), basée à Genève.
40 État au 31 décembre 2023.
41 Dont 30 000 pour Starlink, 26 000 pour Guowang et le programme G60 chinois.
42 La Space Debris Mitigation et le Space Traffic Management ont pour objectif d'assurer la sécurité des spationefs et d'autres objets dans l'orbite terrestre.
43 Voir le glossaire.
44 Voir le glossaire.
45 Processus par lequel les données sont traitées directement à bord d'un satellite ou d'un engin spatial au lieu d'être envoyées sur terre pour traitement.
46 Traitement de données et exécution d'applications sur un satellite : un satellite peut prendre des photos de la Terre et les traiter lui-même pour permettre l'identification et la reconnaissance d'objets. Les résultats sont ensuite envoyés directement à des stations au sol ou à d'autres satellites.

posent les services IOS[47], les satellites ASAT peuvent porter directement atteinte à d'autres satellites. En outre, depuis février 2024[48], la menace que représente la potentielle mise en orbite d'armes nucléaires fait à nouveau l'objet de discussions. Les États-Unis accusent la Russie de chercher à développer une capacité en vue de détruire des satellites par une puissante onde énergétique[49]. Il est donc de toute première importance de disposer d'une image actuelle et précise de la situation dans l'espace orbital, non seulement pour la protection des propres ressources, mais aussi dans l'intérêt de la communauté internationale. Les gouvernements, l'économie et la société étant de plus en plus dépendants de systèmes assistés par satellites, la menace de cyberattaques ne fera qu'augmenter à l'avenir.

Les services IOS ne se limiteront pas à prolonger la durée de vie des satellites en les alimentant en carburant ou en les réparant ; ils permettront aussi le montage final de grands satellites et de véhicules spatiaux : des lanceurs envoient dans l'espace orbital des éléments du satellite, lesquels sont assemblés en orbite avec l'aide de systèmes robotiques. Mais les technologies utilisées pour l'IOS sont aussi lourdes de risques, car elles peuvent créer de nouveaux vecteurs d'attaque pour la manipulation de systèmes de satellites.

Il faut également compter avec des progrès dans les domaines suivants : transmission optique de données, mise en orbite de satellites dotés de capteurs quantiques, technologie d'observation de la Terre et recours croissant à des satellites circulant sur une orbite terrestre ultra-basse. En parallèle, les évolutions dans le domaine de l'informatique spatiale (space computing) élargissent les capacités de traitement des données en orbite. Les essais dans le domaine de l'énergie solaire spatiale promettent en outre une diversification des sources d'approvisionnement énergétique. Les missions visant à l'extraction de matières premières sur la Lune et les astéroïdes continueront à intensifier le trafic spatial. Pour l'instant, aucune solution adéquate n'a été trouvée pour assurer une coordination efficace des mouvements dans les orbites. Une exploitation commerciale des matières premières spatiales à l'horizon 2040 est certes encore incertaine, mais la création d'une logistique lunaire[50] et des vols vers Mars sont considérés comme réalistes. Les progrès technologiques qu'exigent ces projets auront des répercussions sur le lancement de satellites autour de la Terre. Ainsi, un seul lancement permettra d'envoyer simultanément en orbite des centaines de petits satellites.

L'environnement politique international est de plus en plus instable et marqué par de nombreux conflits. La prédominance de la politique de puissance met le droit international sous pression. Il n'est pas exclu que l'espace orbital fasse l'objet de revendications de souveraineté. Les approches multinationales sont de plus en plus marginalisées et cèdent le pas aux intérêts nationaux. Dans l'espace orbital, des actions tactiques sont déjà menées qui peuvent avoir une influence sur les évolutions stratégiques dans diverses situations (réalité quotidienne, tensions, conflit).

47 In-Orbit-Servicing (IOS) : entretien, réparation ou rééquipement de satellites dans l'espace. Un satellite de service est envoyé à cet effet vers un satellite-cible pour y procéder aux travaux souhaités.

48 En 1962, les essais atomiques américains Starfish Prime dans l'orbite basse avaient eu des effets d'une grande ampleur sur les satellites et sur l'approvisionnement en courant électrique à la surface terrestre.

49 Une impulsion électromagnétique nucléaire (IEMN) est une émission d'ondes électromagnétiques, soudaine et de forte ampleur, déclenchée par une explosion nucléaire, qui peut endommager ou détruire des appareils électroniques.

50 Par le programme ARTEMIS, par exemple.

2.6 Capacités spatiales actuelles de la Suisse

En Suisse, le milieu du spatial se distingue par une étroite collaboration entre l'industrie, la science, les autorités et les fournisseurs de services[51]. Bien que l'industrie spatiale soit nettement orientée vers l'exportation et entretienne d'étroites relations avec l'ESA, elle devient de plus en plus un secteur de services.

Animée par une croissance continue, l'industrie spatiale est devenue en Suisse une branche économique importante. Son activité couvre divers domaines : télécommunications, capteurs, logiciels, photonique, mécatronique, composants structurels et instrumentation. En 2024, plus de 80 acteurs y employaient près de 2000 personnes[52] dans des entreprises déjà bien établies ou des start-up. Le chiffre d'affaires[53] annuel se situait autour de 280 millions de francs en 2022, avec une tendance à la hausse.

L'industrie spatiale suisse couvre une large partie du domaine, de la production de composants à l'assemblage de satellites en salle blanche en passant par des tests environnementaux d'envergure. La Suisse participe en outre au développement et à la fabrication de lanceurs et propose des solutions pour des stations au sol. La plupart des compétences et des composants nécessaires aux capacités spatiales nationales sont disponibles dans le pays ou peuvent être acquis par l'industrie suisse sur le marché international. Quoi qu'il en soit, tous les sous-systèmes ne peuvent pas être fabriqués en Suisse. Certains doivent être acquis à l'étranger, qu'il s'agisse d'avionique, d'on-board computing ou de systèmes de propulsion. Il n'est pas non plus possible de procéder à un lancement de satellites depuis le sol suisse.

Outre les entreprises commerciales, il existe plus d'une dizaine d'institutions scientifiques – parmi lesquelles l'EPFL, l'EPFZ et les universités de Berne, de Genève, de Lucerne et de Zurich – engagées dans la formation, la recherche fondamentale et les programmes spatiaux scientifiques. Les hautes écoles suisses forment quant à elles des ingénieurs pour le secteur spatial, en particulier dans les domaines de la mécanique et de l'électronique (métiers MINT : mathématique, informatique, sciences naturelles et technologie).

2.7 Capacités actuelles de l'armée

Au cours des dernières années, l'armée a augmenté ses capacités de manière à pouvoir établir une image précise de la situation dans l'espace orbital. Elle utilise pour ce faire une base de données mise à jour quotidiennement qui contient non seulement des données sur les trajectoires des satellites[54], mais encore des informations sur leur état et leurs capacités. Il est possible ainsi de prédire les survols par des satellites et leurs implications. L'armée peut estimer les modifications de trajectoire[55] et les intentions possibles des acteurs. Les données sur les trajectoires sont fournies en grande partie par des États tiers et des acteurs commerciaux, tandis que la base de données est complétée par des informations provenant des capteurs de l'armée. En outre, une application développée en interne permet de calculer non seulement les survols imminents, mais aussi les conjonc-

51 Par exemple dans les domaines des télécommunications, des données sur l'environnement et des applications d'analyse.
52 Selon Swiss Space Industrial Group
53 Cf. document de l'OCDE The Space Economy in Figures, 2023
54 Les données sur les trajectoires des satellites indiquent leur position et leur mouvement en orbite.
55 Les modifications de trajectoire sont des écarts entre la trajectoire effective et la trajectoire pronostiquée.

tions[56] et les collisions, ce qui est d'une grande importance pour la protection des systèmes liés à l'espace orbital.

Depuis 2021, l'armée mène des projets de recherche avec armasuisse. Des projets d'innovation menés en collaboration avec l'industrie et les hautes écoles lui permettent d'augmenter ses compétences et d'examiner la faisabilité de certains projets pour développer ses capacités opérationnelles. Les résultats fournissent en outre une base solide pour l'estimation future des coûts et la planification de la mise en œuvre.

Le Renseignement militaire a la capacité d'interpréter les images aériennes et spatiales, et de détecter les menaces pour la Suisse et pour l'armée. Il contribue ainsi au suivi de la situation stratégique et opérative du Service de renseignement de la Confédération (SRC). Des unités spécialisées du commandement Cyber et des Forces aériennes analysent les informations fournies par les capteurs ELINT pour la conduite de la guerre électronique (CGE). Ces capacités peuvent aussi être employées pour l'analyse de données de capteurs assistés par satellite. L'armée utilise quotidiennement des signaux GNSS. Enfin, les Forces aériennes, le commandement des Forces spéciales et le centre de compétences SWISSINT disposent d'une expérience des télécommunications satellitaires.

2.8 Capacités spatiales au DDPS

Au DDPS, le Secrétariat d'État à la politique de sécurité (SEPOS) élabore les bases et les directives pour la politique de défense et d'armement. Il est en outre chargé de la politique d'armement et de désarmement au DDPS et développe avec d'autres offices fédéraux des options d'action politique qui concernent étalement l'espace orbital. L'Office fédéral de la protection de la population (OFPP) a pour mission de diffuser aux acteurs concernés les alertes aux dangers spatiaux. Il collabore étroitement dans ce but avec l'ESA. En cas de catastrophe ou de situation d'urgence, il procure de l'imagerie satellitaire, obtenue de swisstopo ou de l'Office fédéral de l'environnement, qui sert à la maîtrise des événements puis comme documentation.

Le Service de renseignement de la Confédération (SRC) conseille le Secrétariat d'État à l'économie (SECO) lors de demandes d'exportation de biens à double usage en vertu de la loi sur le contrôle des biens, à laquelle peuvent aussi être soumis des biens en rapport avec l'espace orbital. Dans son appréciation de la situation stratégique, le SRC s'appuie notamment sur des produits venant de l'espace orbital.

En qualité de centre de compétences de la Confédération pour les données et l'imagerie satellitaire, swisstopo exploite, pour les tâches opérationnelles, le National Point of Contact (NPOC) pour les images satellites et le Centre de compétences Rapid Mapping, qui relève et met à disposition des géodonnées sur le plan national. En cas de déclenchement des clauses de l'accord International Charter Space and Major Disasters, swisstopo peut mettre des données et des informations spatiales à disposition pour contribuer aux mesures d'aide en cas de catastrophe. Ces produits d'observation de l'environnement sont également intégrés dans le système national d'alerte en cas de situation extraordinaire ou de catastrophe (projet OWARNA). C'est également swisstopo qui élabore, exploite et sur-

56 Détermination du moment où deux ou plusieurs satellites s'approchent les uns des autres.

veille les réseaux GNSS en Suisse, et gère des services de positionnement par satellite de précision variable, couvrant tout le territoire, afin de les mettre à disposition de la mensuration officielle. À cette fin, swisstopo effectue des calculs de trajectoires et d'heures des satellites GNSS, dans le cadre du Center for Orbit Determination (CODE) en Europe. Le réseau AGNES de swisstopo assure déjà un suivi permanent des signaux GNSS en Suisse. Il est également possible à l'OFPP, aux autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS), ainsi qu'aux partenaires de la protection de la population, de recourir aux services des télécommunications sécurisées par satellite, notamment pour un système de communication mobile de sécurité (CMS) à large bande. L'armée coopère avec swisstopo, qui l'appuie dans le développement de ses capacités opérationnelles en matière d'observation de la Terre et de navigation de précision.

2.9 Conclusions

La Suisse, grâce aux nouvelles technologies, est, elle aussi, en mesure de développer des capacités spatiales abordables. La publication Renforcer la capacité de défense – Montée en puissance : objectifs et stratégie met l'accent sur cette tâche principale de l'armée. De son côté, le Conseil fédéral a décidé d'accélérer le développement des capacités spatiales afin d'améliorer l'image de la situation intéressant l'armée[57].

La doctrine élaborée en vue de l'accomplissement de cette mission suit une approche multidomaines[58] qui considère que l'espace orbital est une partie intégrante de l'architecture de défense et fournit des produits qui prennent place dans le réseau intégré de capteurs, de renseignement, de conduite et d'action. Les opérations multidomaines pour une défense efficace ne sont guère possibles sans capacités spatiales. La Suisse a donc besoin, dans cet espace, de capacités opérationnelles disponibles en permanence. Pour garantir la sécurité du pays en cas de tensions ou de conflit, il est essentiel de pouvoir faire usage de ces systèmes en toute autonomie. En matière de menace, la situation évolue constamment. Pour être en mesure de s'y adapter, l'armée doit pouvoir exploiter, évaluer et intégrer rapidement et avec souplesse les nouvelles possibilités que font apparaître les progrès technologiques.

Pour l'instant, l'armée est dépendante de prestations spatiales de l'étranger. Si elle veut disposer en tout temps des capacités nécessaires, la Suisse doit réduire cette dépendance. Le moyen pour y parvenir consiste à participer de manière ciblée à des initiatives de coopération multilatérale[59], et parallèlement à développer les capacités qui existent en Suisse.

Ces dernières années, toujours plus d'États ont étoffé leur commandement spatial afin de réduire leur dépendance envers des alliances et d'augmenter leurs propres capacités. Une fois en possession de telles capacités, ils peuvent, à leur tour, les proposer aux alliances comme prestations. Cette tendance est un reflet non seulement de l'intensification de la concurrence spatiale, mais aussi de l'importance croissante que tient l'espace orbital pour la sécurité, l'économie et la société à l'échelle mondiale. En plus des États-Unis, de la Russie et de la Chine, d'autres

57 Voir le rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 23.3000 de la Commission de la politique de sécurité CE, du 12 janvier 2023, et le rapport en réponse au postulat 23.3131 Dittli, du 14 mars 2023, p. 16.
58 Action synchronisée de forces de différentes composantes ou de plusieurs domaines des forces armées en vue d'un objectif commun ; voir le glossaire.
59 81.298, Renforcer la capacité de défense, août 2023, Groupement Défense, p. 24.

États se sont dotés d'un commandement spatial ou ont le projet d'en constituer un, à savoir la Grande-Bretagne, la France, l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, l'Inde, le Japon et la Corée du Sud. Dans leurs missions, ces commandements intègrent également des acteurs commerciaux et leurs services.

La Suisse, étant donné la qualité de son industrie spatiale et l'excellence de ses hautes écoles, dispose du potentiel nécessaire pour développer et fournir les capacités spatiales requises. La coopération internationale tient une place importante en matière d'électronique et de transport vers les orbites. Grâce au système de milice, de nombreux spécialistes des milieux scientifiques et économiques sont déjà à l'œuvre dans diverses fonctions en leur qualité de militaires. L'armée a ainsi atteint un niveau élevé de suivi de la situation dans l'espace orbital et elle donne déjà à divers groupes d'intérêt l'accès à ses résultats.

Le niveau de prestations de l'armée en matière de capacités opérationnelles dans l'espace orbital, tel que décrit dans le présent document, est comparable à celui d'autres programmes spatiaux à usage militaire en Europe. Les satellites de reconnaissance de certaines forces armées étrangères proposent des images de plus haute définition, mais à des coûts nettement plus élevés que ce qui est prévu dans cette Conception générale, et avec des économies d'échelle grâce à la coopération internationale. L'Armée suisse développe des algorithmes pour améliorer la résolution et permettre d'identifier des objets et de détecter des changements de manière fiable. Dès lors, le besoin en capteurs de haute précision diminue, ce qui abaisse le coût des satellites. L'armée peut tirer des déductions tout aussi pertinentes du matériel image ainsi obtenu.

3

Bases légales, politique spatiale et coopération

Le droit international comporte cinq traités sur l'espace qui constituent la base légale des activités dans l'espace orbital et s'appliquent notamment en cas de conflits armés, autour de trois grands principes : la distinction, la précaution et la proportionnalité. L'Union internationale des télécommunications (UIT) et la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT) décident des bandes de fréquences pour les radiocommunications, par exemple pour la télécommunication par satellites. Les fréquences pour les besoins spatiaux civils ou militaires sont attribuées exclusivement à l'échelon national. L'armée se fonde sur la loi fédérale du 3 février 1995 sur l'armée et l'administration militaire (loi sur l'armée, LAAM) pour consolider ses capacités opérationnelles. Le Conseil fédéral propose en outre d'adopter une nouvelle loi sur les opérations spatiales, qui réglera l'autorisation et la surveillance des activités dans l'espace orbital, clarifiera les responsabilités et prévoira un registre national des objets spatiaux. Enfin, cette loi pourra s'appliquer aussi aux activités spatiales des unités administratives de l'armée.

3 Bases légales, politique spatiale et coopération

3.1 Bases légales

3.1.1 Bases dans le droit international public

Au niveau international, ce sont notamment cinq traités internationaux et accords de l'ONU qui règlent les affaires spatiales. La Suisse a ratifié les quatre décrits ci-après.

Le Traité sur l'espace[60] constitue le cadre du droit spatial international et fixe les principes généraux. En tant que première directive de l'action des États, il prescrit que « l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la lune et les autres corps célestes, doivent se faire pour le bien et dans l'intérêt de tous les pays », et qu'« elles sont l'apanage de l'humanité tout entière »[61]. En outre, « l'espace extra atmosphérique, y compris la lune et les autres corps célestes, ne peut faire l'objet d'appropriation nationale par proclamation de souveraineté, ni par voie d'utilisation ou d'occupation, ni par aucun autre moyen ». En revanche, le droit international public ne précise pas à quelle altitude finit l'espace aérien et commence l'espace orbital. Selon les termes du traité, « les activités (...) relatives à l'exploration et à l'utilisation de l'espace extra atmosphérique (...) doivent s'effectuer conformément au droit international, y compris la Charte des Nations Unies[62], en vue de maintenir la paix et la sécurité internationales et de favoriser la coopération et la compréhension internationales »[63]. Le traité contient en outre des dispositions sur diverses questions en rapport avec l'espace orbital, comme la surveillance[64], l'autorisation, la responsabilité et l'implication en cas de dommage.

Du point de vue militaire, il convient de mentionner en particulier l'art. IV du traité sur l'espace, aux termes duquel les parties s'engagent « à ne mettre sur orbite autour de la terre aucun objet porteur d'armes nucléaires ou de tout autre type d'armes de destruction massive, à ne pas installer de telles armes sur des corps célestes et à ne pas placer de telles armes, de toute autre manière, dans l'espace extra-atmosphérique ». La Lune et les autres corps célestes ne doivent être utilisés qu'à des fins pacifiques. Les interdictions portent en particulier sur l'aménagement de bases, d'installations et de fortifications militaires, et sur l'exécution de manœuvres militaires sur des corps célestes. Il n'est pas interdit de placer des armes non nucléaires dans l'espace orbital, mais pas sur des corps célestes. Plusieurs États, dont la Suisse, sont critiques face à la militarisation de l'espace. « L'utilisation de personnel militaire à des fins de recherche scientifique ou à toute autre fin pacifique » est autorisée. « N'est pas interdite non plus l'utili-

60 Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la lune et les autres corps célestes, entré en vigueur pour la Suisse le 18 décembre 1969, RS 0.790.
61 Art. I du traité sur l'espace.
62 Adoptée en 1945, la Charte des Nations Unies constitue la base du droit international public moderne.
63 Art. III du traité sur l'espace.
64 Art. VI du traité sur l'espace.

sation de tout équipement ou installation nécessaire à l'exploration pacifique de la lune et des autres corps célestes ».

Les trois autres accords internationaux que la Suisse a ratifiés développent les points déjà abordés dans le traité sur l'espace : le sauvetage des astronautes, le retour des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique[65], la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux[66], et l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique[67]. Certains aspects sont précisés dans divers instruments, comme les principes directeurs du CUPEEA ou les résolutions de l'Assemblée générale des Nations Unies. Il s'agit là cependant de normes peu rigides (soft law), à caractère normatif mais sans force obligatoire en droit international public. Enfin, les activités spatiales doivent également tenir compte du droit international des télécommunications, géré par l'UIT[68].

La Suisse, comme la plupart des autres États, n'a pas ratifié l'Accord du 5 décembre 1979 régissant les activités des États sur la lune et les autres corps célestes[69].

3.1.2 Droit international public et droit international des conflits armés

Le droit international public (Charte de l'ONU p. ex.) et le droit international des conflits armés s'appliquent également à l'espace orbital. La Charte des Nations Unies sert de référence pour juger si les États sont en droit d'employer la menace ou la force dans l'espace orbital. Plus précisément, l'art. 51 stipule le droit naturel de légitime défense. Le traité sur l'espace (art. I et III) prévoit également que l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la lune et les autres corps célestes, doivent s'effectuer conformément au droit international et à la Charte des Nations Unies. Les obligations conventionnelles et découlant du droit coutumier s'appliquent aussi pendant les conflits armés. Les principes fondamentaux du droit international des conflits armés sont la distinction (entre civil et militaire), la précaution et la proportionnalité. Dans chaque cas, il s'agit d'examiner la légalité des moyens prévus et d'approuver l'engagement de ces moyens.

Du fait de leur utilisation militaire, des objets civils dans l'espace orbital peuvent devenir les cibles d'attaques légitimes. La neutralisation des satellites à double emploi soulève les mêmes problèmes juridiques que pour les objets qui, à la surface de la terre, ont un usage à la fois civil et militaire. Des attaques cinétiques peuvent générer des débris spatiaux et restreindre l'utilisation d'orbites terrestres entières, tant pour les parties au conflit que pour des États neutres, ce qui ne manquerait pas de soulever des questions fondamentales quant au respect du droit international des conflits armés.

3.1.3 Règlement des radiocommunications de l'UIT

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est un organisme des Nations Unies chargé de gérer, à l'échelle mondiale, la réglementation et les aspects

65 Accord du 22 avril 1968 sur le sauvetage des astronautes, le retour des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, entré en vigueur pour la Suisse le 18 décembre 1969, RS 0.790.1.
66 Convention du 29 mars 1972 sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux, entrée en vigueur pour la Suisse le 22 janvier 1974, RS 0.790.2.
67 Convention du 12 novembre 1974 sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, entrée en vigueur pour la Suisse le 15 février 1978, RS 0.790.3.
68 Voir chapitre 3.1.3.
69 C'est principalement en raison du manque de soutien politique, des incitations insuffisantes, des intérêts nationaux et des réserves quant à l'utilisation des ressources que l'accord n'a pas été ratifié.

techniques des télécommunications. Elle organise la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR) qui, à chaque session, révise en partie ou en totalité le règlement des radiocommunications[70]. Cette conférence se tient ordinairement tous les trois à quatre ans[71].

Le règlement des radiocommunications est une convention internationale qui, après chaque conférence, est ratifiée par le Conseil fédéral, conformément aux dispositions du droit international public et du droit national[72]. Il règle, à l'échelle mondiale, les services de radiocommunications[73] et l'utilisation des fréquences radio. Ces dispositions incluent toutes les utilisations, y compris par des objets en orbite, comme les satellites.

À l'échelon européen, la Suisse est membre de la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT), qui encourage la collaboration en Europe et appuie ses membres dans le domaine de la réglementation, de manière à parvenir, à long terme, à une harmonisation des cadres légaux nationaux. Elle est organisée en divers comités dont un est chargé de la réglementation des communications électroniques : l'Electronic Communications Committee (ECC), qui examine et développe des stratégies pour les activités de communication électronique dans le cadre européen. Il prend en compte les lois et les prescriptions internationales et met en application les décisions prises lors des CMR. Le comité prend lui-même des décisions et donne des recommandations concrètes[74] sur l'utilisation des fréquences, la largeur de bande, la puissance autorisée et les règles d'utilisation aux frontières nationales. Les États sont libres d'appliquer les décisions et les recommandations de l'ECC. Si la Suisse décide d'appliquer l'une d'entre elles, celle-ci est alors intégrée dans le Plan national d'attribution des fréquences (PNAF).

3.1.4 Bases légales nationales

La loi fédérale sur l'armée et l'administration militaire (LAAM)[75] sert de base légale pour les activités de l'armée comme l'utilisation et l'exploitation de satellites d'observation de la Terre et de télécommunications en appui aux activités et opérations militaires. La Suisse doit respecter les obligations découlant du droit national et international.

L'art. 99 LAAM et l'art. 14, al. 1, de la loi fédérale du 25 septembre 2015 sur le renseignement (LRens)[76] contiennent des dispositions sur l'observation au moyen de satellites et sur l'image de la situation dans l'espace orbital. En situation normale, l'engagement de capteurs électromagnétiques terrestres ne doit pas entraîner de restrictions dans l'utilisation réglementée des fréquences radio. Il convient au préalable d'examiner avec l'Office fédéral de la communication (OFCOM) les possibilités d'installation de tels capteurs à certains endroits du territoire suisse[77].

---

70 Règlement des radiocommunications, du 17 novembre 1995 (RS 0.784.403.1).
71 Art. 13, ch. 2, de l'instrument d'amendement à la Constitution de l'Union internationale des télécommunications (RS 0.784.012).
72 Art. 14, al. 1, let. c de la Convention de Vienne sur le droit des traités (RS 0.111).
73 Selon le Règlement des radiocommunications, un service de radiocommunication est un service impliquant l'émission ou la réception d'ondes radioélectriques à des fins de télécommunication (téléphonie mobile, radio amateur, radiodiffusion par faisceau dirigé, télécommunications par satellite, radio, etc.), voir art. 1.19 ss du règlement des radiocommunications.
74 Décisions de l'ECC (ECC/DEC) et recommandations (ECC/REC).
75 RS 510.10
76 RS 121
77 À la date de rédaction du présent document, une procédure législative parlementaire était en cours concernant notamment l'art. 100a LAAM (commission de la première chambre ; 25.036 | Loi sur l'armée, ordonnance de l'Assemblée fédérale concernant l'administration de l'armée et organisation de l'armée).

Outre la LAAM[78] il faut tenir compte surtout, pour les télécommunications par satellite, de la réglementation nationale et internationale, y compris pour les applications de radiocommunication militaires. Le spectre des fréquences utilisable pour les services de radiocommunication par satellite est fixé par la CMR de l'UIT. Ces décisions constituent une base pour l'harmonisation régionale des fréquences radio et pour les prescriptions d'utilisation dans le PNAF.

En sa qualité d'autorité de réglementation, l'OFCOM gère le spectre des fréquences radio à l'échelle nationale, les droits d'utilisation en Suisse et les positions orbitales des satellites, en respectant les conventions internationales[79]. L'utilisation des fréquences radio a une grande importance dans les activités spatiales. Les télécommunications par satellite sont une forme de transmission sans fil d'informations entre des installations de télécommunication (p. ex. stations au sol, satellites, terminaux). Les fréquences radio étant une ressource disponible en quantité limitée, leur utilisation fait l'objet, au niveau mondial comme au niveau régional, d'une coordination et d'une réglementation destinées à garantir une exploitation efficiente et exempte de perturbations des communications sans fil.

Les fréquences et les positions orbitales des satellites doivent être immatriculées, coordonnées et notifiées auprès du Bureau des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT), à Genève (SAT-Filing). Cette procédure ne peut être engagée que par une administration des télécommunications membre de l'UIT. En Suisse, c'est l'OFCOM qui, sur demande, engage la procédure. Celle-ci est soumise au paiement d'une taxe et comprend plusieurs étapes en dialogue (procédure de coordination internationale conformément au règlement des radiocommunications de l'UIT). Du fait de sa complexité, elle exige une connaissance des bases légales nationales et internationales dans le domaine et des prescriptions qui en découlent pour l'immatriculation et l'exploitation de satellites. Au terme de la procédure, l'OFCOM transmet les droits d'utilisation au demandeur.

Pour réaliser les capacités opérationnelles visées dans l'espace orbital, il faut respecter la réglementation en matière de radiocommunication et s'assurer que les fréquences radio nécessaires sont disponibles en Suisse.

Le projet de loi fédérale sur les opérations spatiales porte sur l'autorisation et la surveillance des activités spatiales, les questions liées à la responsabilité et la tenue d'un registre d'immatriculation national des objets spatiaux. Il appartiendra au Conseil fédéral de déterminer les dispositions de la nouvelle loi qui s'appliqueront également aux activités spatiales militaires ou importantes pour la politique de sécurité. Si nécessaire, il édictera dans ce but des prescriptions particulières dans l'ordonnance. La nouvelle loi fédérale[80] permettrait également au Conseil fédéral d'instituer sa propre autorité militaire de surveillance pour les activités d'unités administratives de l'armée dans l'espace orbital, sur le modèle de l'Autorité de l'aviation militaire.[81]

78 Art. 96 LAAM.
79 Art. 25, al. 1, de la loi sur les télécommunications (LTC; RS 784.10) et art. 3, al. 2, de l'ordonnance sur l'utilisation du spectre des fréquences de radiocommunication (OUS; RS 784.102.1).
80 Art. 37, al. 1, loi fédérale sur les opérations spatiales (telle qu'elle a été mise en consultation)
81 Art. 3, al. 2, loi fédérale du 21 décembre 1948 (LA) et son ordonnance (art. 37, al. 1, loi fédérale sur les opérations spatiales, telle qu'elle a été mise en consultation).

3.2 Stratégie de maîtrise des armements et de désarmement

En 2022, le Conseil fédéral a approuvé la stratégie de maîtrise des armements et de désarmement. L'espace orbital y est reconnu comme un champ d'action dans lequel la Suisse entend se positionner plus résolument. L'accent est mis notamment sur le renforcement et le développement d'instruments de gouvernance concernant cet espace et en particulier pour une utilisation durable et sûre.

La Suisse participe déjà activement aux travaux du Comité de l'ONU pour les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (CUPEEA) et aux discussions multilatérales sur la sécurité spatiale. Ces discussions se tiennent depuis 1985, généralement à Genève dans le cadre de la Conférence du désarmement. Mais comme cette conférence est depuis longtemps au point mort, divers forums ont été créés afin de faire avancer les questions liées à la sécurité spatiale, avec toutefois de maigres résultats. Ainsi, au sein d'un groupe de travail constitué par la première Commission de l'Assemblée générale des Nations Unies, et qui s'est réuni de 2022 à 2023 (Open-ended working group on reducing space threats through norms, rules and principles of responsible behaviours), des États ont eu pour la première fois l'occasion, dans une nouvelle formule, d'échanger leurs vues sur divers aspects de la sécurité spatiale, mais ce groupe de travail a cessé son activité sans avoir rédigé de document final. De même, entre 2023 et 2024, un groupe d'experts gouvernementaux s'est réuni à Genève, et en 2025, deux nouveaux groupes de travail à composition non limitée (Open-ended working groups) se mettront à la tâche. En 2024, sur l'initiative de l'Égypte et du Brésil, la première Commission de l'Assemblée générale de l'ONU a décidé de fusionner les deux groupes de travail sur la sécurité spatiale enregistrés en 2023, qui se faisaient concurrence. Cette décision n'a toutefois pas été prise par consensus, ce qui risque de compliquer les discussions à l'avenir.

3.3 Politique spatiale de la Suisse

Le 19 avril 2023, le Conseil fédéral a adopté la Politique spatiale 2023 afin de tenir compte de l'évolution des exigences en matière spatiale. Ce document a été élaboré, sous la direction du Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI), au sein du DEFR, en collaboration avec d'autres départements concernés par les affaires spatiales, à savoir le DFAE, le DFI, le DFF, le DETEC et le DDPS. Chaque département se charge de la mise en œuvre selon ses attributions. La politique spatiale doit être prise en compte dans toutes ses dimensions.

La Politique spatiale 2023 est orientée selon trois axes, à savoir :
- l'accès et la résilience, pour assurer l'accès, renforcer la sécurité et promouvoir la durabilité dans l'espace orbital,
- la compétitivité et la pertinence, pour promouvoir l'excellence scientifique, renforcer la compétitivité et intensifier la coopération, et
- le partenariat et la fiabilité, pour renforcer le droit international public et la gouvernance mondiale, participer à l'élaboration de la gouvernance européenne de l'espace et développer les conditions cadres nationales.

La participation de la Suisse aux programmes spatiaux internationaux, et notamment à ceux de l'ESA, est l'un des principaux moyens de mise en œuvre de sa politique spatiale. La Suisse dispose d'une industrie spatiale diversifiée, mais dépend de la coopération internationale, qui permet aux acteurs scientifiques et économiques d'avoir accès aux données, aux services et aux procédures d'acquisition.

L'armée est particulièrement concernée par le champ d'action « renforcement de la sécurité ». Les autres aspects de la politique spatiale doivent également être pris en considération dans la concrétisation, notamment l'amélioration de la compétitivité des acteurs suisses. Les bases légales des activités spatiales de la Suisse sont un autre élément important de la politique spatiale (ch. 3.1.4).

3.4 Coopérations internationales dans le domaine spatial

La Suisse accorde une grande importance à la coopération internationale dans le domaine spatial. Étant membre d'organisations mondiales et européennes, elle prend une part active à la réglementation spatiale au niveau mondial.

Créé en 1959, le Comité des Nations Unies pour les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (CUPEEA) est le principal organe de gouvernance spatiale. Il s'agit du seul organe de l'ONU dédié à l'espace orbital. Réunissant 104 États membres, y compris toutes les grandes puissances spatiales, et prenant des décisions fondées sur le consensus, le CUPEEA constitue une plateforme de dialogue et de coordination internationale particulièrement importante du fait des conflits internationaux actuels et des tensions géopolitiques. Après avoir préparé les cinq traités de l'ONU sur l'espace dans les années 1960 et 1970, le CUPEEA a élaboré, au cours des dernières décennies, diverses recommandations, principes et lignes directrices, par exemple dans les domaines de l'utilisation de sources d'énergie nucléaire dans l'espace orbital (1992, 2008), de l'immatriculation des objets spatiaux (2007)[82], de la réduction des débris spatiaux (2007), des législations nationales sur l'espace extra-atmosphérique (2013) et de la durabilité des activités spatiales (2019). L'Assemblée générale de l'ONU a adopté tous ces documents par consensus. Les travaux du CUPEEA ont en outre débouché sur des initiatives de coordination internationale dans les domaines du GNSS, de la défense contre les astéroïdes (planetary defense) et de la météo spatiale (space weather)[83]. Il travaille actuellement sur des sujets importants de la gouvernance de l'espace, comme la durabilité des activités spatiales (y compris les débris spatiaux), la gestion de la navigation spatiale (space traffic management) et l'utilisation des ressources spatiales. Qualifiés de principaux défis dans l'espace orbital par le secrétaire général de l'ONU, ces thèmes ont été approuvés par les États membres au sein du Pact for the Future[84]. En parallèle, il a été recommandé de tenir en 2027 la quatrième conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE IV). La Suisse est un État membre actif du CUPEEA depuis 2008.

En ce qui concerne les investissements publics, la Suisse se trouve parmi les vingt premières nations spatiales. L'affiliation à l'ESA, une organisation internationale fondée en 1975, notamment par la Suisse, et dont le siège se trouve à Paris, est ici placée au premier plan. L'ESA est une organisation de recherche et de développement (Research & Development, R&D) qui s'occupe aussi de la réalisation de programmes, de transferts de technologie et de transmission de connaissances. Elle couvre tous les domaines de l'astronautique, proposant des solutions souples et agiles compatibles avec les intérêts dédiés de ses 23 États membres Plus de 90 % des moyens financiers destinés à la recherche et au développement dans le domaine spatial en Suisse sont affectés à des projets en rapport avec l'ESA.

La Suisse est aussi membre de l'Organisation météorologique mondiale (OMM)[85] et un des membres fondateurs de l'agence européenne de satellites météorolo-

82 Résolution A/RES/62/101, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_62_101F.pdf
83 International Committee on GNSS (ICG), International Asteroid Warning Network (IAWN), Space Mission Planning Advisory Group (SMPAG), International Space Weather Initiative (ISWI).
84 https://www.un.org/en/common-agenda et https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/our-common-agenda-policy-brief-outer-space-en.pdf
85 Convention du 24 mai 1983 portant création d'une Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (Eumetsat), RS 0.425.43.

giques EUMETSAT[86]. Cette organisation internationale créée en 1984 compte trente États membres et a son siège à Darmstadt, en Allemagne. Elle dispose dans ce but d'une flotte de satellites météorologiques géostationnaires et polaires qui collectent des données et des images de la Terre et de son atmosphère. Celles-ci sont utilisées dans les domaines de la météorologie, de la climatologie, de l'hydrologie et de la recherche sur l'environnement. Elles sont indispensables pour formuler des prévisions météorologiques précises.

Au cours des vingt dernières années, l'Union européenne (UE) a considérablement intensifié ses activités spatiales. Le programme spatial de l'UE comprend Galileo, l'European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)[87], Copernicus[88], l'EU Space Surveillance and Tracking (EUSST)[89] et les European Union Governmental Satellite Communications (GovSatCom)[90]. L'ESA contribue à consolider ces infrastructures avec ses programmes de recherche et de développement (Galileo, Copernicus, IRIS^2). L'UE délègue la mise en place – c'est-à-dire la gestion et la garantie à long terme de ces capacités – à l'ESA (Copernicus/Galileo) et à l'EUSPA. Le programme Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite (IRIS^2)[91] et les aspects spatiaux de l'Infrastructure européenne de communication quantique (EuroQCI) du programme pour une Europe numérique contribuent également à la sécurité des télécommunications par satellite. En tant que pays non-membre de l'UE, la Suisse doit, pour pouvoir s'associer à un programme, conclure des accords spéciaux avec elle. De tels accords existent déjà pour les programmes de navigation par satellite Galileo et EGNOS, auxquels la Suisse participe[92].

La situation financière de la Confédération a poussé le Conseil fédéral à suspendre les pourparlers en vue d'une participation de la Suisse au programme Copernicus. Celle-ci sera remise à l'étude à partir de 2028, en fonction du cadre financier pluriannuel de l'UE.

L'UIT assure la réglementation des radiocommunications au niveau international, y compris les systèmes liés à l'espace orbital. La Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT) s'en assure au niveau régional.

86 Voir le glossaire.
87 EGNOS améliore la précision, la disponibilité et la fiabilité des services de navigation par satellite en Europe. https://egnos.gsc-europa.eu/
88 Programme permettant l'observation de la Terre, mené par l'UE en collaboration avec l'Agence spatiale européenne (ESA) et utilisant des données de satellites et d'appareils au sol. Il fournit aux utilisateurs du monde entier des données en temps réel sur l'état de l'environnement.
89 EUSST donne à l'Europe une plus grande autonomie dans le domaine de la surveillance de l'espace orbital et réduit sa dépendance envers d'autres pays. https://www.eusst.eu/
90 GovSatCom est un programme sécurisé de télécommunication par satellite de l'UE pour les gouvernements et les autorités chargées de la sécurité. https://www.euspa.europa.eu/eu-space-programme/secure-satcom/govsatcom
91 Réseau planifié de satellites que l'UE entend mettre en service d'ici à 2027 et qui fait partie d'une stratégie spatiale globale, laquelle comprend aussi les aspects sécurité et défense. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/iris2-secure-connectivity_en
92 https://www.dfae.admin.ch/europa/de/home/bilateraler-weg/bilaterale-abkommen-nach-2004/satellitennavigation.html

4

Doctrine

Par sa présence dans l'espace orbital, l'armée entend pouvoir appuyer des actions militaires au sol, dans les airs, dans l'espace de l'information, dans le cyberespace et dans l'espace électromagnétique. Au quotidien, elle exploite un centre d'opérations pour le suivi de la situation ainsi que la conduite des satellites et des stations au sol, dont elle peut mettre les prestations à disposition de partenaires civils, en application du principe du double usage. En cas de tensions, elle se sert des capacités acquises en fournissant des prestations de sécurité, afin de détecter à temps les menaces et d'empêcher une escalade. En cas de conflit, elle emploie tous ses moyens pour repousser une attaque militaire et appuyer les autorités civiles.

4 Doctrine

Par doctrine, on entend la manière dont l'armée doit être engagée pour remplir ses missions avec des perspectives de succès. Des capacités opérationnelles sont exigées dans tous les espaces d'opération : sol, air, cyberespace, espace électromagnétique, espace de l'information et espace orbital. C'est la conduite qui assure la coordination de ces capacités. Lors d'un engagement de l'armée, en particulier dans une opération de défense, les effets au niveau opératif sont coordonnés afin qu'ils puissent se compléter et se renforcer les uns les autres[93].

Les prestations que l'armée entend fournir avec l'espace orbital seront décrites avec les capacités opérationnelles. L'utilisation de l'espace orbital, qui correspond à des besoins concrets, a été définie dans le cadre du développement de la doctrine de l'armée[94].

4.1 Introduction

Les activités spatiales servent en premier lieu à anticiper, à planifier et à exécuter des actions militaires au sol, sur l'eau, dans les airs, dans le cyberespace, dans l'espace électromagnétique et dans l'espace de l'information. L'espace orbital joue donc un rôle de levier et agit comme un multiplicateur des prestations et des effets dans les autres espaces d'opération. Nombreux sont les appareils, systèmes, services et applications qui s'appuient sur des données provenant de l'espace orbital. Dans l'environnement militaire, ces données sont utilisées autant par des organisations tactiques que par les soldats.

Les prestations fournies en rapport avec les capacités spatiales peuvent se résumer en cinq points.

1. Situation dans l'espace orbital (SSA/SDA) :
— Savoir ce qui se passe ou ce qui pourrait se passer dans l'espace orbital
— Savoir quand et comment l'armée peut être observée et écoutée depuis l'espace orbital
2. Observation de la Terre (IMINT/ELINT):
— Effectuer des missions de reconnaissance, d'exploration et de surveillance depuis l'espace orbital
— Identifier les changements survenus et transmettre rapidement des informations à la troupe et à des tiers, p. ex. aux autorités fédérales et cantonales
3. Télécommunications (SATCOM):
— Garantir des télécommunications complémentaires, redondantes et résilientes
— Assurer des liaisons décentralisées et constantes au sein de la troupe
4. Navigation de précision (PNT):
— Vérifier en permanence la qualité et la quantité de données de géolocalisation à destination de la troupe

93 81.298, Renforcer la capacité de défense, août 2023, Groupement Défense, en particulier p. 24.
94 81.298, Renforcer la capacité de défense, août 2023, Groupement Défense.

5. Contre-mesures (DCS):
— Protéger la troupe contre les capteurs en orbite
— Protéger nos propres systèmes dans l'espace orbital
— Brouiller et entraver les systèmes adverses liés à l'espace orbital

4.2 Utilisation de l'espace orbital dans diverses situations

L'armée exploite au quotidien un centre d'opérations pour le suivi de la situation et la conduite de ses moyens, comme les satellites et les stations au sol. En application du principe de double usage, le centre d'opérations et les prestations qu'il fournit peuvent aussi être utiles à des tiers, comme des hautes écoles ou des entreprises en Suisse. L'armée peut aussi mettre à disposition de partenaires de coopération étrangers des domaines civils du centre d'opérations.

En situation ordinaire, il existe déjà le risque que des États fournisseurs, en exerçant une pression politique, remettent en question des conventions conclues avec des États tiers et des partenaires commerciaux étrangers, et que des prestations soient réduites sans préavis. Cela aurait des conséquences directes sur l'accomplissement de la mission de l'armée, car ces prestations doivent être pleinement disponibles, également en situation de tensions ou de conflit.

En cas de tensions, l'armée fournit des prestations de protection afin d'assurer la liberté de manœuvre de la Confédération et des cantons, de déceler à temps les menaces liées à telle ou telle évolution de la situation, et d'empêcher une escalade. L'armée remplit ici les mêmes tâches qu'en situation ordinaire, mais recourt davantage aux services des satellites afin de maintenir ses capacités de conduite et d'action ainsi que celles des autorités, et de compléter les systèmes existants et de les protéger par des redondances. Il est en outre nécessaire de protéger sur une longue durée les systèmes et la capacité de conduite de l'armée et des autorités contre l'exploration et la perturbation par satellite. L'armée mise ici davantage sur l'observation de la Terre et actualise plus souvent l'image de la situation. Le centre d'opérations reçoit alors un renfort de personnel de milice.

En cas de conflit, l'armée emploie tous ses moyens pour repousser une attaque militaire et agir tant contre des acteurs étatiques que contre des parties au conflit non étatiques. Elle continue à appuyer les autorités civiles. Les prestations spatiales sont utilisées exactement de la même façon que lors de tensions; elles sont cependant renforcées par des mesures défensives ou offensives afin d'assurer la propre protection.

4.3 Double usage

Le développement des capacités opérationnelles prévoit un double usage des prestations et des infrastructures disponibles. L'armée offre ses capacités excédentaires aux partenaires civils. C'est le cas notamment de l'imagerie optique et radar qu'elle met à la disposition d'autres services de l'administration fédérale et de tiers, par la voie du National Point of Contact (NPOC), dans les domaines de la surveillance environnementale, de la protection contre les catastrophes ou de l'aménagement du territoire. Les secteurs d'intérêt de l'armée peuvent aussi intéresser ses partenaires commerciaux. Par une plateforme hébergée hors de ses systèmes, l'armée peut mettre des prestations sous forme de données non classifiées à la disposition de tiers sans restreindre ses capacités. L'image de la situation dans l'espace orbital est aussi un moyen d'aider les acteurs commerciaux, internationaux et multilatéraux à surveiller l'environnement de leurs activités spatiales et, en cas de besoin, à prendre des mesures pour éviter des collisions. Une exploitation conjointe, c'est-à-dire civile et militaire, des capacités opérationnelles est également envisageable, principalement dans les domaines des télécommunications par satellite, de l'observation de la Terre et de l'image de la situation dans l'espace orbital.

4.4 Image de la situation dans l'espace orbital

Le centre de suivi de la situation spatiale de l'armée établit d'ores et déjà une image exhaustive des activités et des capacités dans l'espace orbital. Il se procure ainsi des données importantes pour la planification opérationnelle. Ses sources d'information sont des capteurs autant militaires que civils.

L'exploitation au quotidien de l'image de la situation dans l'espace orbital donne déjà des informations sur les modes de fonctionnement et le comportement des satellites importants. Par l'observation et l'analyse des capacités des différents acteurs – tel le développement de systèmes de lanceurs, de stations au sol, de plateformes de satellites ou de capteurs –, l'armée est en mesure d'évaluer leurs potentiels et de déceler des menaces possibles. Les résultats sont pris en compte dans l'image globale de la situation établie par l'armée et dans le renseignement intégré.

En cas de tensions, la connaissance de la situation des capteurs adverses dans l'espace orbital influence les actions de la troupe et contribue à la propre protection. L'armée fait un usage accru de capteurs pour la surveillance de l'espace orbital et renforce en même temps leur protection, notamment par le changement périodique des emplacements des systèmes semi-mobiles.

En cas de conflit armé, l'image de la situation dans l'espace orbital est un des moyens de déceler les possibles intentions d'acteurs adverses et de se prémunir contre des surprises. Le comportement de certains systèmes clés dans l'espace orbital, comme les satellites d'alerte ou d'inspection, fournit là d'importantes indications.

4.5 Observation de la Terre

Par la reconnaissance, l'exploration et la surveillance, le centre d'opérations spatiales fournit des informations importantes en provenance de l'espace orbital. Ces informations permettent à l'armée de comprendre l'état des activités en cours dans tous ses secteurs d'engagement et d'intérêt, à l'échelle nationale et internationale. Les satellites, à la différence des drones et des autres engins volants,

fournissent rapidement des résultats de leurs explorations sans violer en principe la souveraineté territoriale d'autres États.

Par l'observation de la Terre, l'armée appuie ses propres troupes dans l'accomplissement de leurs missions. L'effort principal porte sur la détection des changements et sur l'identification des signatures[95].

L'observation de la Terre comprend l'exploration d'origine image (IMINT) et l'exploration des signaux (ELINT). Ces moyens permettent d'obtenir, d'analyser et de diffuser des données fiables sur des forces, des installations ou des activités. Les données géoréférencées sur la situation et l'environnement sont actualisées en continu dans les systèmes de conduite et d'information de l'armée, puis fournies de manière décentralisée.

En cas de tensions, l'observation de la Terre est intensifiée, en particulier pour l'exploration et la surveillance des formations et des capacités adverses qui peuvent être engagées sur de grandes distances. Le but est ici aussi de se prémunir contre des surprises et d'informer rapidement les formations concernées sur les changements observés.

En cas de conflit, l'armée a besoin d'informations transmises à un rythme soutenu (p. ex. toutes les heures), tant pour surveiller les infrastructures et les activités de l'adversaire que pour préparer et exécuter ses propres actions. L'avantage de l'observation de la Terre est qu'elle offre une couverture planétaire. Les indices d'actions adverses imminentes sont décelés à temps, même sur des distances de plus de 500 km. L'armée est ainsi en mesure d'anticiper l'évolution de la situation et d'optimiser la planification d'emploi des moyens critiques, par exemple de l'avion de combat F-35. Toutefois, l'observation de la Terre par satellite ne saurait remplacer aucun système au sol et ne convient pas pour une surveillance permanente de la Suisse ou des régions proches de la frontière.

4.6 Télécommunications

Les télécommunications de l'armée comprennent des liaisons terrestres qui, en cas de nécessité, peuvent être complétées ou remplacées par des solutions satellitaires. Exploitées en permanence, elles assurent la capacité de conduite de l'armée, notamment en cas de catastrophe naturelle ou d'événement risquant de porter atteinte à l'infrastructure ou de la paralyser.

Les télécommunications par satellite font partie intégrante des futurs moyens de conduite de l'armée. Grâce aux liaisons à large bande entre les formations, elles améliorent l'emploi de divers systèmes, par exemple comme moyen de redondance ou comme complément au Line-of-Sight-Datalink (LOS) pour le pilotage des drones[96]. À l'avenir, elles pourront aussi servir à la transmission des données d'exploration et de surveillance ou dans le domaine D2D[97].

En cas de tensions, un adversaire peut brouiller ou interrompre les télécommunications, et porter ainsi atteinte à la capacité de conduite des autorités civiles et de l'armée. L'armée peut alors recourir davantage aux télécommunications par sa-

95 Par signature, on entend ici des spectres caractéristiques ou des spécimens dans les données ou les signaux. Les signatures sont essentielles pour l'analyse et l'interprétation des données de l'observation de la Terre.
96 Par exemple le système de drones d'exploration ADS-15 des Forces aériennes suisses.
97 Voir le glossaire.

tellite afin d'augmenter les redondances et la résilience des réseaux de conduite en utilisant des liaisons décentralisées et sécurisées provenant de l'espace orbital, en combinaison avec des stations semi-mobiles au sol.

Même pendant un conflit, les systèmes de télécommunication par satellite doivent rester largement accessibles. Ils permettent à l'armée de rendre disponibles des canaux de télécommunication sécurisés et redondants, en particulier dans l'orbite terrestre basse. Comme des facteurs environnementaux et des actions de combat peuvent entraver directement les liaisons terrestres, l'armée aura désormais besoin d'un système intégré de moyens de télécommunication terrestres et spatiaux.

4.7 Navigation de précision

La navigation de précision (positionnement, navigation et temps, PNT) joue déjà un rôle important au quotidien pour les actions de l'armée, par exemple dans la navigation et le suivi des aéronefs et des véhicules terrestres. Elle sert aussi à la synchronisation temporelle. Aussi la Suisse a-t-elle impérativement besoin de systèmes de rechange et de systèmes redondants permettant aux systèmes de conduite de fonctionner même en cas de panne prolongée du GNSS (Global Navigation Satellite System). Dans ce domaine, l'armée collabore étroitement avec des partenaires comme l'Office fédéral de topographie (swisstopo)[98] afin de surveiller les signaux au-delà de l'activité courante et, le cas échéant, de fournir des données correctives et des signaux PNT supplémentaires dans un but de redondance.

Lors de tensions ou pendant un conflit, l'armée doit pouvoir utiliser ses systèmes, même en cas de perturbation des signaux GNSS à l'échelle locale ou régionale. Elle a donc besoin de systèmes de vérification PNT qu'elle exploite et protège elle-même. Il faut en outre des signaux extrêmement précis et robustes pour les systèmes téléguidés de l'armée (p. ex. des drones d'exploration ou des services logistiques partiellement autonomes).

4.8 Contre-mesures

Les contre-mesures de défense (DCS) servent à l'autoprotection comme à la protection des informations. Elles sont appliquées au quotidien, sous la forme passive de la décentralisation et du camouflage, pour permettre à la troupe de se soustraire à l'observation de certains capteurs en orbite. Il est fondamental de disposer dans ce but d'une image exhaustive, précise et actuelle de la situation dans l'espace orbital.

En cas d'escalade, le droit international public autorise à prendre des mesures actives proportionnées de défense contre les moyens militaires spatiaux. Cette défense peut prendre la forme d'actions réversibles[99], comme la déception, la perturbation et l'aveuglement des satellites depuis le sol, mais aussi d'actions cinétiques[100] contre des cibles légitimes au sol (p. ex. des stations de contrôle). Une autre possibilité consiste à brouiller des moyens de télécommunication spatiaux de l'adversaire par des contre-mesures actives.

98 Plusieurs organismes, dont l'armée, l'OFPP et swisstopo ont déjà reconnu la nécessité d'une vérification générale des signaux PNT. Le réseau AGNES de swisstopo est une base possible puisqu'il assure déjà un suivi permanent des signaux GNSS au sein du DDPS.

99 Une action est dite réversible lorsqu'elle n'a pas d'effets durables ou destructeurs.

100 Les actions cinétiques sont utilisées en ultime recours, seulement quand toutes les autres options ont été épuisées. Elles visent, dans le contexte de la présente conception, à la neutralisation d'infrastructures ou de moyens.

En situation de défense, l'armée doit aussi assurer la protection des satellites suisses, ce qui inclut notamment la surveillance des orbites utilisées et la capacité d'exécuter des manœuvres d'évitement en cas d'approche menaçante.

5

Capacités et lacunes

Pour ce qui concerne l'espace orbital, l'armée a fixé cinq capacités opérationnelles : image de la situation, observation de la Terre, télécommunications, navigation de précision, contre-mesures. La comparaison entre l'état théorique et l'état factuel montre le niveau de développement de ces capacités et les lacunes qui restent à combler d'ici au milieu des années 2030. L'armée a pour défi d'adapter en permanence son niveau d'efficacité à l'évolution fulgurante que connaît l'espace orbital, aux innovations, aux nouvelles technologies et aux nouveaux systèmes. Ses travaux de recherche et de développement, réalisés en collaboration avec des partenaires nationaux et internationaux, jouent ici un rôle important.

5 Capacités et lacunes

Le présent chapitre décrit les prestations et les capacités dont l'armée a besoin pour remplir ses missions. Partant des réflexions doctrinales des chapitres précédents, il présente les capacités déjà disponibles ou planifiées et les lacunes à combler d'ici au milieu des années 2030.

5.1 Évolution des exigences

En comparaison de sa situation actuelle, l'armée des années 2030 disposera de capacités plus étendues dans l'ensemble des espaces d'opération. D'ici là, elle doit adapter continuellement son niveau d'efficacité à l'évolution fulgurante que connaît l'espace orbital et au rapide développement de nouvelles capacités. Il faut s'attendre à voir apparaître simultanément de nombreuses innovations qui rendront toute anticipation d'autant plus difficile. Pour le développement des différentes capacités, l'armée planifie à un horizon de cinq ans au maximum. Des percées inattendues dans les technologies, les systèmes et les applications sont susceptibles de survenir à tout moment et de transformer fondamentalement les besoins en prestations.

Les coûts et les budgets ont aussi des incidences sur le niveau des prestations. Il s'agit de repérer rapidement les occasions avantageuses et d'en profiter, notamment par des activités de développement menées en collaboration avec des partenaires scientifiques, industriels ou au sein de projets internationaux.

5.2 Détermination et développement des capacités opérationnelles

Par une planification détaillée, par une vérification théorique des plans d'opérations et par des coordinations au niveau de la défense, l'armée a fixé ses capacités opérationnelles dans l'espace orbital et les a intégrées dans la stratégie de renforcement de la capacité de défense. Les cinq capacités opérationnelles pour l'espace orbital font partie des quarante fixées au total et contribuent donc à la cohérence de l'ensemble. Indépendamment des structures, des systèmes ou des produits existants, ces capacités opérationnelles se fondent sur les besoins de l'armée, en particulier pour permettre aux formations de combat et d'appui au combat de remplir leur mission. Elles sont de conception entièrement nouvelle et n'existaient nulle part jusqu'ici sous cette forme, pas même dans des organisations spatiales établies. Leur caractère innovant fait qu'elles nécessitent un développement et une mise en œuvre ciblés.

5.3 Image de la situation dans l'espace orbital

5.3.1 État attendu et état actuel

Afin de favoriser l'anticipation, la planification et l'autoprotection à tous les échelons, l'armée a besoin d'une image actualisée de la situation dans l'espace orbital. Les prestations visées incluent la surveillance quotidienne de l'espace orbital, dans le but d'obtenir des observations sur les trajectoires, les capacités, les utilisations, l'état et les activités concrètes des satellites.

L'armée a déjà acquis de premières compétences pour établir l'image de la situation dans l'espace orbital. Elle utilise des applications, des systèmes et des bases de données qu'elle a elle-même développés avec l'appui de fournisseurs civils dans le domaine de l'observation. L'image de la situation qu'elle fournit et les produits qui en sont dérivés – rapports quotidiens, hebdomadaires ou mensuels, entre autres – sont reconnus à l'échelle internationale.

5.3.2 Utilité pour des tiers

Conformément au principe de subsidiarité, les produits et les applications de l'armée dans le domaine de l'image de la situation dans l'espace orbital peuvent aussi profiter à des organisations civiles. Actuellement, l'armée met à disposition trois types de prestations.

- Prévision de survols par des satellites capables d'explorer des activités sensibles. Cela favorise l'autoprotection des tiers et renseigne sur les risques d'espionnage économique ou d'autres formes d'exploration depuis l'espace orbital.
- Alarme donnée aux exploitants de satellites en cas de risque de collision. Ces données sont également utiles pour les investigations en cours sur des cas impliquant des responsabilités ou des prestations d'assurance, car elles permettent, par des simulations et des calculs, de reconstituer les collisions, les approches ou les impacts en zone urbaine.
- Surveillance de satellites suisses ou utilisés par la Suisse afin de prévoir ou de déceler de potentiels dangers ou menaces. C'est un moyen d'aider les autorités fédérales à assumer leur responsabilité dans ce domaine.

L'armée mettra également ses images de la situation dans l'espace orbital à la disposition de partenaires internationaux, par exemple lors d'une coopération avec d'autres forces armées ou d'initiatives publiques ou privées en vue d'une utilisation durable des orbites.

5.3.3 Lacunes capacitaires

En ce qui concerne l'image de la situation dans l'espace orbital, la plus grande lacune concerne la recherche de données de positionnement d'objets dans l'espace orbital, comme les satellites et les débris spatiaux. Actuellement, l'Armée suisse se procure des données sur les trajectoires auprès du commandement spatial américain. Elle n'est toutefois pas sûre d'en disposer. En outre, ces données ne sont généralement pas vérifiées et elles ne contiennent pas d'informations sur des satellites classifiés. À l'avenir, de plus en plus de données des grands exploitants de constellations de satellites, tels SpaceX, OneWeb, etc., seront directement intégrées dans l'image de la situation dans l'espace orbital.

Depuis 2018, une coopération de l'armée avec l'Université de Berne lui donne les moyens d'observer et de caractériser les satellites. L'armée a également développé avec des entreprises suisses des capteurs et des prototypes de stations

d'observation au sol en état de fonctionnement. Toutefois, dans l'état actuel des choses, l'observation des orbites et l'analyse automatique des données ne suffisent pas encore pour obtenir une compréhension claire de la situation dans l'espace orbital. L'armée doit présentement se contenter d'observer certains satellites, et de recourir aux bases de données et aux coopérations internationales.

5.4 Observation de la Terre (IMINT/ELINT)

5.4.1 État attendu et état actuel

L'observation de la Terre est un instrument important pour l'armée. Pour appuyer ses échelons de commandement dans la planification et la conduite des actions, l'armée a besoin d'informations en provenance de l'espace orbital sur ce qui se passe sur Terre. L'imagerie satellitaire fournit des informations sur le terrain, les activités adverses, les mouvements de troupes ou les infrastructures.

Les besoins viennent surtout des formations tactiques qui, pour leurs cycles de décision, doivent pouvoir disposer dans un délai proche de produits spécifiques, car les systèmes de conduite et d'information nécessitent des géodonnées actuelles. Les prestations visées incluent l'exploration et la surveillance de secteurs d'intérêt à raison de dix à vingt survols par jour. Pour être en mesure de détecter les changements et d'identifier les signatures, il faut combiner des capteurs optiques fournissant des produits de haute définition, des radars fournissant des images à définition moyenne à haute et le renseignement d'origine électromagnétique.

L'armée ne dispose pas pour l'instant de satellites à elle. L'acquisition d'imagerie satellitaire, principalement dans le domaine du visible, se fait par le National Point of Contact (NPOC) pour les images satellites de swisstopo et par des fournisseurs commerciaux. Les images prises par le système de satellites CSO[101] dans un cadre coopératif avec la France seront disponibles à partir de 2025. Parallèlement, l'armée a développé avec des entreprises suisses une plateforme permettant, à l'aide de l'intelligence artificielle, l'analyse automatisée des images et la détection des changements. Cette plateforme, qui traite de grandes quantités d'images satellites à l'échelon tactique, est en usage comme prototype auprès de certaines formations depuis 2021. Il est prévu de l'introduire progressivement dans l'ensemble de l'armée[102], suivant une structure logique : c'est seulement une fois acquise la capacité d'interprétation que l'armée pourra traiter les données des capteurs et en tirer ses conclusions.

5.4.2 Utilité pour des tiers

Les capacités de l'armée dans le domaine l'observation de la Terre peuvent aussi être utiles à d'autres autorités fédérales et à des autorités civiles cantonales ou communales. Il importe en particulier que swisstopo ait pleinement accès à ces données. L'armée vise les prestations suivantes :

— exploration et surveillance de secteurs et d'objets sensibles afin d'appuyer des missions de sécurité du SRC et d'autorités civiles comme l'Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières (OFDF), l'Office fédé-

101 Coopération bilatérale : RS 0.514.134.911, Arrangement cadre du 20 juin 2023 entre le Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports de la Confédération suisse et le ministre de la Défense de la République française relatif à la coopération bilatérale en matière d'exploitation du système « Composante Spatiale Optique » (CSO).

102 Le projet de surveillance tactique depuis l'espace orbital fait partie intégrante du message sur l'armée 2024.

ral de la police (fedpol) et l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP);
— surveillance d'objets, d'activités et de régions propres, afin d'appuyer des missions d'intérêt public, comme les plans d'affectation, la gestion des ressources et la prévention des catastrophes;
— reconnaissance et surveillance de secteurs d'intérêt en cas de crises à l'étranger importantes pour les intérêts suisses, et dans le cadre d'activités de représentation diplomatique, de coopération au développement[103], d'aide humanitaire ou d'appui à des partenaires locaux.

5.4.3 Lacunes capacitaires

Pour l'instant, l'armée est entièrement dépendante de ses partenaires étrangers et ne dispose même pas d'une autonomie minimale pour affronter un cas de défense. La collaboration avec la France, par le système de satellite CSO, fournira des produits de haute définition, parfaitement adaptés à des missions stratégiques. Dans le domaine tactique, les capacités doivent être considérablement augmentées pour l'exploration, la surveillance et la reconnaissance. Il s'agit en particulier de rattraper le retard dans la disponibilité permanente des prestations qui servent à la défense, quelles que soient l'heure et les conditions atmosphériques. La capacité de générer en toute autonomie des informations en provenance de l'espace orbital avec des capteurs propres n'existe pas pour l'instant. Il est donc urgent de la constituer.

5.5 Télécommunications

5.5.1 État attendu et état actuel

Par le recours aux télécommunications par satellites, l'armée entend améliorer la disponibilité de ses moyens de télécommunication et en renforcer la sécurité par une redondance. Elle prévoit dans ce but une combinaison de services fixes par satellite (fixed-satellite services) et de services mobiles par satellite (mobile-satellite services). Ces services établissent des liaisons entre des satellites, des stations au sol et des segments utilisateur[104], ou entre des satellites et des avions. Ces liaisons hautement sécurisées sont également utilisées pour le pilotage du segment espace (satellites). L'utilisation des fréquences doit faire l'objet d'une coordination internationale. L'armée vise les prestations suivantes:

— couverture permanente avec des liaisons à large bande dans toute la Suisse et les régions frontalières pour la mise en réseau des formations et des systèmes principaux (couverture régulière, avec des prestations réduites, dans le monde entier);
— couverture régulière à permanente avec des liaisons à bande étroite[105] à large pour la mise en réseau des personnes et des objets.

L'armée ne dispose pas pour l'instant de ses propres services de télécommunications spatiales permanentes. Quelques formations utilisent des produits commerciaux pour leurs opérations, notamment à l'étranger. En vue du développement capacitaire dans le domaine des télécommunications et du projet Télécommunications de l'armée, l'OFCOM a engagé auprès de l'UIT la procédure de coordination internationale de cinq positions pour des satellites suisses dans l'orbite géostationnaire. Comme cette procédure peut durer jusqu'à sept ans, l'évolution des

103 Direction du développement et de la coopération.
104 Par exemple des terminaux, des systèmes, des utilisateurs, etc.
105 Voir le glossaire.

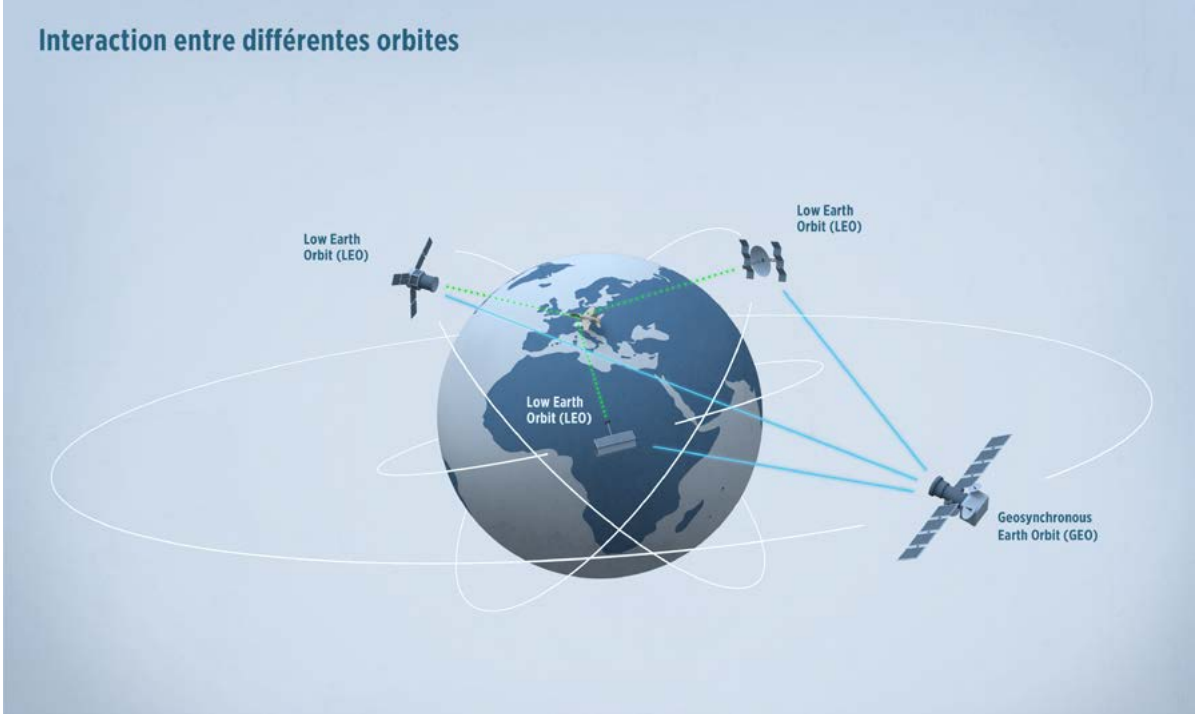


Schéma illustrant l'interaction des satellites dans les orbites basses, par exemple des satellites D2D ou d'exploration qui peuvent transmettre des données au sol, soit directement, soit par des satellites de télécommunications dans l'orbite géostationnaire.

circonstances obligera peut-être à adapter les solutions envisagées pour combler les lacunes dans le domaine des télécommunications par satellites.

5.5.2 Utilité pour des tiers

L'armée peut également mettre ses capacités dans le domaine des télécommunications à la disposition de tiers. Le système de communication mobile de sécurité (CMS) à large bande représente notamment un potentiel de synergie considérable. Il est appelé à remplacer le système radio de sécurité Polycom d'ici à la fin 2035. Les télécommunications par satellite pourront servir de moyen de redondance au sein du CMS et augmenter ainsi la résilience du système et sa capacité à durer. Toutes les organisations associées au projet en profiteront : la police, les pompiers, les services sanitaires et d'autres organisations de la protection de la population, ainsi que les exploitants d'infrastructures critiques.

En temps ordinaire et en dehors des services d'appui ou des services actifs, l'armée n'utilisera qu'une partie de la capacité disponible des systèmes prévus de télécommunication par satellite. La capacité restante pourra aussi être utilisée par des partenaires civils, par exemple pour fournir des services de télécommunications.

5.5.3 Lacunes capacitaires

Pour l'instant, l'armée ne peut recourir que partiellement aux liaisons spatiales. Les prestations nécessaires provenant de l'espace orbital font défaut, de même que les segments sol et les segments utilisateur. La constitution de ces capacités est prévue en partie dans le projet Télécommunications de l'armée. Les bases à cette fin sont en cours d'élaboration.

5.6 Navigation de précision

5.6.1 État attendu et état actuel

Pour pouvoir employer les systèmes téléguidés et les munitions de précision, exploiter les services de sécurité de vol (skyguide) et conduire ses formations, l'armée a besoin de signaux GNSS en toute situation. Son but est de pouvoir vérifier en permanence, dans l'espace et dans le temps, l'exactitude et la disponibilité des signaux de géopositionnement. Elle entend également assurer l'exactitude des données en Suisse pour l'engagement des moyens militaires.

L'armée ne dispose pas pour l'instant de moyens pour assurer la disponibilité et la précision des signaux GNSS avec des systèmes PNT de rechange. Certes, le réseau AGNES de swisstopo fournit en continu des signaux GNSS pour la mensuration nationale, reçoit et surveille les signaux de GPS, Galileo, GLONASS et Beidou. En tant qu'élément de la stratégie nationale pour la géoinformation[106], AGNES prend en compte autant les affaires civiles que les affaires militaires. La précision de positionnement est excellente et suffisante en temps ordinaire pour les applications militaires. Mais ce service n'a pas été conçu pour les cas de défense.

La Suisse a conclu avec l'UE un accord de coopération de durée indéterminée qui lui garantit l'accès à tous les services européens GNSS[107]. Un accord additionnel, non encore conclu, est nécessaire pour l'utilisation du Public Regulated Service (PRS) de Galileo, de grande importance pour les autorités chargées de la sécurité et pour l'armée. En outre, depuis l'achat de l'avion de combat F/A-18 Hornet, l'armée peut utiliser les signaux militaires les plus exacts du GPS (M-Code), lesquels permettent une navigation résistant mieux aux perturbations et plus précise qu'avec les signaux publics.

5.6.2 Utilité pour des tiers

Des tiers – comme d'autres services de l'administration fédérale ou des organisations d'urgence – peuvent également faire usage des capacités de l'armée dans le domaine de la navigation de précision, ce non seulement comme un complément et une redondance, mais encore afin d'améliorer la résilience de leurs systèmes et des éléments d'intervention en situation particulière ou extraordinaire.

5.6.3 Lacunes capacitaires

L'armée utilise actuellement comme référence le réseau terrestre AGNES, qui n'est pas protégé et n'a pas de défenses contre les perturbations électromagnétiques ou cinétiques ; il est donc possible de porter atteinte à son fonctionnement. Même un durcissement spécifique n'offrirait aucune garantie de protection. Il est donc indispensable de bénéficier à moyen terme d'autres signaux de référence.

106 Stratégie suisse pour la géoinformation, du 2 novembre 2020.
107 Ch. 3.4.

5.7 Contre-mesures

5.7.1 État attendu et état actuel

Par contre-mesures, on entend la défense ou la protection contre des systèmes militaires adverses s'appuyant sur l'espace orbital. La menace peut provenir autant de systèmes militaires proprement dits que de systèmes civils utilisés régulièrement et intensivement par un adversaire pour ses actions militaires. L'armée vise les prestations suivantes :

— mesures ponctuelles à permanentes permettant de mettre des formations et des objets hors de la portée des capteurs en orbite et de les protéger ;
— mesures ponctuelles destinées à perturber ou à restreindre des capacités spatiales non désirées ;
— mesures ponctuelles destinées à protéger ses propres satellites contre les risques et les menaces de surveillance et de manœuvres.

L'armée a développé pour l'échelon tactique une application qui permet de calculer les survols par des satellites d'exploration. Cette application peut aussi faire des recommandations pour le camouflage de systèmes et d'actions militaires, en particulier en cas de mouvements. Elle est régulièrement utilisée dans les états-majors pour la protection des informations sensibles. Une version simplifiée de démonstration[108] a déjà été testée par la troupe lors d'essais sur le terrain.

L'armée ne dispose pour l'instant d'aucune capacité permettant des mesures actives réversibles, hormis ses capacités d'action précise au sol, lui permettant de porter atteinte aux systèmes sol-air liés à l'espace orbital.

Les manœuvres d'évitement sont un moyen de réagir activement aux menaces de collision ou d'interception par des satellites. Pour ce faire, il faut que le satellite en question soit capable de modifier sa trajectoire ou sa position.

5.7.2 Utilité pour des tiers

Certaines des capacités de l'armée dans le domaine des contre-mesures peuvent être utilisées par des tiers. L'armée peut ainsi enseigner à des entreprises comment se protéger contre l'exploration depuis l'espace orbital. L'espionnage économique, c'est-à-dire l'observation[109] des activités d'une entreprise par un autre acteur, en est un exemple.

5.7.3 Lacunes capacitaires

L'application susmentionnée de l'armée ne couvre qu'une partie des capacités nécessaires dans le domaine des mesures passives à développer. Aucune capacité n'est disponible pour l'instant pour agir sur les systèmes adverses liés à l'espace orbital ni pour l'autoprotection dans l'espace orbital. Il importe de les développer progressivement dans les années à venir.

108 Voir le glossaire au terme « Démonstrateur ».
109 Domaine thermique inclus (p. ex. infrarouge).

6

Moyens de renforcer la capacité de défense

Pour combler les lacunes dans l'espace orbital, l'armée mise sur une stratégie centrée sur des partenariats. Le but est de constituer, en coopération avec des entreprises industrielles et des hautes écoles suisses des capacités opérationnelles à double emploi, et de renforcer ainsi la capacité de défense. Aux partenariats s'ajoutent des achats ciblés et des coopérations spécifiques. À travers cette approche, l'armée se donne les moyens de recourir à l'expertise disponible en Suisse et d'utiliser de manière souple les développements technologiques dans l'environnement dynamique de l'industrie spatiale. Elle a elle-même besoin pour ce faire de structures agiles. Les coopérations avec des partenaires internationaux, en particulier avec l'ESA, permettent à l'armée d'employer les standards mondiaux et de réduire les coûts. Elle n'en conserve pas moins en tout temps une totale autonomie pour ses fonctions militaires de base, et se sert de manière ciblée des innovations issues des entreprises privées et des milieux de la recherche.

6 Moyens de renforcer la capacité de défense

6.1 Aspects concernant le comblement des lacunes

Le chapitre 5 a décrit les lacunes capacitaires de l'Armée suisse dans l'espace orbital. Pour les combler et décider des moyens pour y parvenir, le critère essentiel est de déterminer dans quelle mesure la capacité de défense s'en trouve renforcée. Les facteurs décisifs sont ici le contrôle autonome des systèmes en toute situation et le double usage. Les moyens prévus pour les douze années à venir ne suffiront probablement pas pour constituer de manière autonome les capacités visées, en particulier pour les systèmes dans le domaine de l'observation de la Terre et des télécommunications par satellite.

L'armée mise sur les partenariats, partout où c'est judicieux sur le plan économique. Elle passera des accords conventionnels avec des institutions ou des entreprises commerciales, que celles-ci exercent leur activité à l'échelle nationale ou internationale. Le but est de constituer ensemble des capacités opérationnelles dans les domaines de l'image de la situation dans l'espace orbital, de l'observation de la Terre, des télécommunications et de la navigation de précision. Au sein de tels partenariats, l'armée se charge par exemple du pilotage des satellites, en utilisant pour ce faire les services fournis par l'autre partie en application de la convention. L'organisation partenaire utilise à ses propres fins les prestations du système fixées conventionnellement. Les responsabilités de l'exploitation et de la fourniture des services font l'objet d'un règlement clair entre les partenaires. Les synergies qui se forment ainsi peuvent également profiter à d'autres institutions de droit public en Suisse ou à l'échelle internationale.

Une stratégie centrée sur les partenariats n'exclut pas d'autres approches : les coopérations nationales ou internationales[110], le recours à des services commerciaux et les acquisitions au sens classique du terme restent possibles en fonction de la situation. Il s'agit d'obtenir le meilleur résultat possible compte tenu du budget disponible et du contexte dynamique dans lequel évolue l'industrie spatiale.

Trois aspects sont encore en point de mire.

— La transformation par un développement adaptatif des capacités militaires : l'armée réagit rapidement, avec souplesse et progressivement à l'évolution de l'environnement technologique et à une dégradation de la situation sécuritaire.
— L'innovation par des progrès technologiques : l'armée tire profit de la digitalisation pour acquérir des informations plus complètes et plus précises qui lui donnent une longueur d'avance en matière de connaissances et de décisions.
— L'intensification de la coopération internationale : l'armée profite des expériences et des normes d'autres forces armées tout en contribuant à l'accès de l'Europe à l'espace orbital et à la sécurité sur le continent.

110 Dans une coopération, les parties apportent leurs ressources et leurs capacités utiles à un projet donné et échangent des informations dans un rapport gagnant-gagnant. Les coopérations sont moins contraignantes que les partenariats et ne nécessitent pas de conventions. Voir le glossaire.

Les questions de personnel, de finances et d'infrastructures sont aussi prises en compte dans la présente Conception, notamment en ce qui concerne le recours aux compétences et capacités nationales. Les méthodes sont élaborées en intégrant les aspects ci-après.

— La souplesse : le développement capacitaire peut être adapté au cours du temps si de nouvelles possibilités, considérées initialement comme irréalisables, se présentent.
— La standardisation : l'alignement sur les standards internationaux, en particulier le Federated Mission Networking (FMN ou réseau de conduite d'opérations en coalition), garantit l'interopérabilité avec les autres forces armées européennes et l'OTAN.
— La coopération européenne : pour chaque projet, les coopérations possibles sont examinées systématiquement, notamment avec l'ESA, l'UE ou d'autres États, afin de tirer profit des synergies et de réduire les coûts de développement.
— Les synergies nationales : les moyens de créer des synergies avec d'autres offices fédéraux et d'autres autorités sont examinés et exploités autant que faire se peut.

6.2 Grandes lignes du développement capacitaire

6.2.1 Image de la situation dans l'espace orbital

L'armée, dans le cadre de partenariats avec des entreprises suisses, développe de manière autonome des logiciels et du matériel informatique. En créant ses propres infrastructures, comme des stations d'observation, elle renforce sur place ses capacités d'élaboration et d'exploitation de l'image de la situation dans l'espace orbital et garantit la disponibilité permanente des systèmes. L'intégration des données accessibles au public devrait en outre permettre d'élargir l'image de la situation dans l'espace orbital.

Pour les futures coopérations internationales, la Suisse devra négocier des accords bilatéraux donnant à l'armée l'accès à des données et informations utiles, en recourant par exemple à l'EUSST.

Les informations provenant de fournisseurs commerciaux sont très coûteuses sur le long terme. Ces fournisseurs sont généralement spécialisés dans certains types de capteurs et ne couvrent ni les satellites classifiés ni l'ensemble des informations requises. Ils peuvent donc tout au plus apporter un complément à des partenariats nationaux, sans toutefois les remplacer.

6.2.2 Observation de la Terre

Les partenariats dans le domaine de l'observation de la Terre permettent de partager les coûts du développement, de la fabrication et de l'exploitation des satellites d'exploration d'images et de signaux. Grâce à un processus de développement itératif et agile, l'armée est en mesure de donner un retour direct d'information à l'industrie. Elle reçoit ainsi des solutions sur mesure, auxquelles contribuent aussi des sous-traitants étrangers.

L'interprétation autonome et automatisée des données satellitaires pour l'observation de la Terre reste une tâche de l'armée. Des possibilités de coopération par le biais de l'ESA et des accords conclus avec des États tiers lui permettent de développer plus rapidement ses capacités opérationnelles, allant de la fourniture d'images et d'informations sous forme de signaux à des produits interprétés. Les partenaires se partagent l'utilisation des capteurs en orbite.

Une coopération militaire internationale ne peut pas passer uniquement par l'OTAN, puisque l'Alliance ne dispose pas de moyens qui lui sont propres. Dans le court terme toutefois, une collaboration avec des pays voisins et d'autres États dans le domaine de l'observation de la Terre serait très coûteuse et ne répondrait aux exigences de l'armée ni dans la dimension spatiale ni dans la dimension temporelle. Elle peut toutefois passer par l'ESA, dans un but d'interopérabilité, de souveraineté et d'abaissement des temps de latence dans l'observation de la Terre et, au besoin, dans les télécommunications par satellite.

6.2.3 Télécommunications

En employant des moyens de télécommunication spatiaux acquis nationalement, l'armée assure la transmission à large bande des données et des informations. Elle collabore pour cela étroitement avec les autorités et organisations chargées du sauvetage et de la sécurité (AOSS), avec des partenaires de la protection de la population et avec des exploitants d'infrastructures critiques. Il est ainsi possible de tirer profit de synergies avec des projets en cours (notamment CMS, SEDS[111] et MzD[112]. Mais si la Suisse se concentre exclusivement sur des ressources nationales, elle risque de manquer des occasions en Europe. Car en matière de télécommunications, les systèmes redondants sont indispensables. Il est donc important de garantir, même en cas de développement purement national, un accès aux principaux standards internationaux, tels les formats de données et les formes d'ondes.

6.2.4 Navigation de précision

Il y a moins d'options pour la navigation de précision que pour les autres capacités opérationnelles. Pour s'assurer un accès aux services et aux signaux du système de positionnement, de navigation et de synchronisation PNT, l'armée est dépendante de coopérations internationales. Elle est en outre partie contractante d'accords internationaux qui réglementent ses possibilités d'action dans le domaine.

En plus de la coopération internationale, l'armée doit engager des projets nationaux pour être en mesure de vérifier la précision et l'authenticité des signaux PNT. L'armée collaborera pour ce faire avec swisstopo afin d'assurer la précision des signaux et leur disponibilité en toute situation. Une forme possible de coopération internationale pourrait consister à mettre des signaux PNT vérifiés à la disposition d'autres acteurs.

Le réseau AGNES de swisstopo et les systèmes PNT par satellite offrent une résilience élevée et sont un élément essentiel de la coopération nationale.

6.2.5 Contre-mesures

L'armée entend appliquer des contre-mesures adéquates pour assurer son autonomie. Pour garantir la capacité de défense, elle doit planifier et concrétiser diverses mesures d'autoprotection et de camouflage. Elle doit ainsi pouvoir se soustraire, activement ou passivement, aux actions spatiales adverses. Il convient ici de tirer profit des capacités autonomes et de continuer à les développer, tout en travaillant en Suisse avec des partenaires industriels et les autorités. La coopération militaire internationale encourage aussi la mise en œuvre de contre-mesures.

111 SEDS = Système d'échange de données sécurisé (en particulier le système coordonné de suivi de la situation).
112 Utilisation partagée des réseaux radio de données cellulaires.

6.3 Perspectives et moyens de développement

Les scénarios de conflit actuels et l'importance croissante des logiciels dans les systèmes utilisés poussent l'armée et l'industrie à s'associer pour faire face aux exigences d'adaptation et de capacité à durer. Des solutions et des systèmes rentables au rapport coût-profit optimal peuvent être développés conjointement, en garantissant non seulement la stabilité des entreprises associées, mais aussi la disponibilité des capacités de l'armée dans le long terme.

En cas de conflit armé, il s'agit de toujours garder à l'esprit que si l'armée, pour ses activités spatiales, utilise l'infrastructure civile, celle-ci pourrait devenir une cible légitime. Des mesures préventives s'imposent donc afin de garantir le respect des mesures de précaution passives[113] et des prescriptions sur la protection des biens civils et de la population civile. Au regard de la défense, il importe également d'impliquer les partenaires civils au quotidien déjà, notamment dans l'autoprotection et la protection des données.

Il n'est pas possible de prévoir précisément l'évolution au-delà de cinq ans. Pour pouvoir identifier à temps les occasions et en tirer profit, l'armée doit suivre de près les développements technologiques et industriels. La politique fondée des partenariats est, à cet égard aussi, judicieuse, parce que les partenaires commerciaux sont sans cesse en train de s'adapter au marché. Des coopérations au même niveau avec d'autres États, dans des organisations bénéficiant d'une expertise comme l'ESA, peuvent compléter les partenariats.

Le développement, la fabrication et l'exploitation de systèmes dans différents secteurs d'engagement exigent une collaboration étroite et souple entre l'armée et ses partenaires, voire une imbrication complète. L'armée elle-même a besoin de structures agiles à cycles de développement courts, d'où un changement dans la relation entre l'armée et l'industrie : le modèle traditionnel, avec d'un côté l'armée comme utilisatrice et de l'autre l'industrie lui fournissant le matériel armé dont elle a besoin pour remplir sa mission, est en train d'évoluer. Sont de mise désormais des partenariats dans lesquels toutes les parties contribuent en continu au développement et à l'application des nouveaux produits et services.

Les partenariats ont pour but de garantir la disponibilité des compétences et des composantes clés de l'industrie spatiale suisse, même en cas de défense. Ainsi, les fournisseurs suisses peuvent, en pouvant compter sur l'armée comme cliente solide, développer une analyse de rentabilité étayée et renforcer leur présence au sein des programmes européens et sur le marché international, et vice-versa. Il convient d'encourager dans des domaines précis les compétences existantes, en conformité avec les exigences de l'armée. De nouvelles compétences ne doivent être constituées que si elles apportent une valeur ajoutée à l'armée tout en améliorant la compétitivité internationale des fournisseurs suisses.

Chaque partenariat est examiné à l'aune de sa viabilité économique, le but étant de déterminer la pertinence d'un achat de prestations, c'est-à-dire d'une coopération avec d'autres États, ou d'une participation en parallèle aux programmes européens. L'armée peut recourir à des prestations externes comme solution transitoire si la durée du développement implique que les capacités opérationnelles résultant d'un partenariat économique judicieux ne soient pas disponibles au moment voulu. À court terme, c'est un moyen de combler les lacunes, mais au-delà,

113 Art. 58 Protocole I, RS 0.518.521

cette solution s'avère souvent coûteuse et même risquée à long terme, puisqu'elle n'est pas à même d'assurer une disponibilité complète en cas de conflit, restreignant les moyens opérationnels de l'armée.

6.4 Atouts et faiblesses de l'orientation choisie

L'évaluation de l'orientation choisie fait apparaître à la fois des atouts et des faiblesses.

Atouts

— Innovation et savoirs en Suisse
L'armée, par sa collaboration avec des hautes écoles et des partenaires commerciaux, a accès à des expertises et des technologies suisses. Les partenariats favorisent l'échange permanent de savoirs et produisent, pour le renforcement des capacités opérationnelles, des solutions innovantes adaptées aux besoins de l'armée et utiles également à des fins civiles, dans le sens d'un double usage. Cette forme de collaboration a aussi l'avantage de renforcer la compétitivité des entreprises suisses concernées et l'industrie spatiale nationale dans son ensemble.

— Souplesse et agilité
Le principe du partenariat accroît la souplesse de l'armée. Les partenaires commerciaux réagissent plus vite aux nouvelles exigences et aux développements technologiques qu'avec le mode d'acquisition traditionnel. L'armée gagne ainsi en efficacité et en capacité d'adaptation, ce qui est la condition pour suivre le développement fulgurant du spatial.

— Formation et savoir-faire
La collaboration avec les hautes écoles permet de former de jeunes talents et de constituer une réserve pour l'avenir en personnel spécialisé dans la technologie spatiale, y compris pour des projets en réseau. Les partenariats nationaux peuvent aussi servir de base à des coopérations internationales destinées à développer les capacités spatiales de la Suisse.

— Coûts
Étant donné que la Suisse n'a pas les moyens de développer en toute autonomie des capacités spatiales, les partenariats sont une solution judicieuse économiquement. Ils favorisent non seulement les synergies nationales, mais aussi les coopérations internationales, en particulier avec l'ESA, ce qui permet à l'armée de réduire les coûts et de tirer profit des progrès technologiques. Lorsque l'armée recourt à des prestations externes pour combler ses lacunes sur le court terme, elle le fait toujours dans la perspective des objectifs stratégiques et des coûts à long terme.

Faiblesses

— Dépendance
Comme les capacités requises ne sont pas toutes disponibles dans le pays, la Suisse est dépendante de ses partenaires étrangers, d'où le risque de voir sa souveraineté nationale restreinte dans l'espace orbital. Ces restrictions pourraient concerner par exemple les lanceurs qui envoient les satellites en orbite. Des conflits d'intérêts peuvent en outre résulter de divergences d'objectifs et de priorités entre les hautes écoles, les entreprises commerciales et l'armée.

— Cyberrisques
  Les informations et les technologies sensibles, si elles sont échangées avec des partenaires privés ou étrangers, peuvent être mises en péril. Les principes de sécurité intégrale de l'armée et la cybersécurité sont donc fondamentaux.

— Réticence de partenaires potentiels et dépendance vis-à-vis des partenaires actuels
  Un autre point faible résulte du fait qu'en situation normale, les partenaires peuvent bénéficier de l'intégralité des capacités convenues, alors qu'en cas de conflit, ces capacités seraient accaparées par l'armée. Ce déséquilibre risque de dissuader des partenaires qualifiés de collaborer avec l'armée, surtout si ce scénario n'est pas compatible avec leurs objectifs économiques. Des raisons économiques pourraient conduire à ce que les commandes des partenaires ne soient pas suffisantes pour maintenir le niveau d'expertise et de technologie nécessaire. Enfin, certains modèles d'affaires pourraient compromettre la viabilité d'un partenariat à long terme, compliquant la coopération avec les partenaires.

À l'heure actuelle, les atouts l'emportent sur les faiblesses. Chaque projet visant à combler des lacunes dans les capacités fait l'objet d'une évaluation des risques (et des faiblesses en particulier) avec des spécialistes d'autres offices fédéraux et est adapté si nécessaire en fonction des résultats.

7

Mise en œuvre

À travers la collaboration interdisciplinaire, l'armée peut développer avec méthode des produits sur plusieurs générations. Des cycles agiles et itératifs permettent de réagir en souplesse aux changements, de réduire les coûts et de raccourcir les délais de production. Sur le plan des infrastructures, l'armée investira dans des stations au sol, des postes d'observation, des stations réceptrices et des stations de contrôle, et dans la protection de ses systèmes contre les perturbations. Elle collabore aussi avec des hautes écoles au développement de la formation de spécialistes de l'espace orbital. À partir de 2026, elle regroupera ses compétences dans un nouveau centre de compétences Espace au sein des Forces aériennes. Pour la constitution des capacités et leur exploitation sur une période de douze ans, le plafond des dépenses est fixé à quelque 850 millions de francs.

7 Mise en œuvre

Pour la constitution de ses capacités opérationnelles dans l'espace orbital, l'armée applique le principe de la conception à coût objectif[114], qui a pris une importance accrue avec l'avènement du new space. Elle se réserve la possibilité de recourir aux méthodes traditionnelles répondant à ce principe comme solution de repli. La voie choisie, mettant l'accent sur l'innovation et un développement constant et adaptatif, est optimale pour le renforcement et le maintien à long terme des capacités opérationnelles. De ce fait, la mise en œuvre peut varier selon les capacités sectorielles.

L'orientation de base est la suivante : pour l'image de la situation dans l'espace orbital, l'observation de la Terre et les télécommunications, l'armée mise sur des partenariats nationaux et internationaux et sur des coopérations avec l'ESA et l'UE fondées sur le principe du double emploi (civil et militaire), en y ajoutant des achats spécifiques et des sous-traitances à des fournisseurs commerciaux. Les contre-mesures étant de nature militaire, l'armée procède essentiellement à leur mise en œuvre interne. Concernant les capacités opérationnelles dans le domaine de la navigation de précision, l'armée recourt à des coopérations nationales.

À moyen terme, l'armée s'engagera aussi, dans le cadre constitutionnel, dans des coopérations militaires internationales qui lui ouvriront des perspectives en Europe tout en réduisant sa dépendance envers des fournisseurs commerciaux étrangers.

La procédure considérée comme optimale pour combler durablement les lacunes capacitaires se décline en trois points.

— Les partenariats avec l'industrie et les hautes écoles de Suisse sont un moyen de tirer profit des compétences et des potentiels existants, avec en complément des coopérations internationales, par exemple avec l'ESA. Le développement capacitaire est ainsi rapide et efficace.
— Cette méthode permet une adaptation progressive et agile à l'évolution des conditions de base et un accès aux développements techniques futurs et aux possibilités de coopération.
— En se créant des capacités autonomes dans l'espace orbital, la Suisse renforce sa contribution active à la coopération militaire internationale et sa capacité de défense.

La mise en œuvre se fait en trois étapes.

— L'armée développe des capacités opérationnelles dans les domaines de l'image de la situation dans l'espace orbital, de l'observation de la Terre et des télécommunications, en étroite collaboration avec des hautes écoles suisses et l'industrie, avec des coopérations en complément. Elle se charge des travaux de conception, de développement et d'application dans la mise sur pied des formations spécialisées et des systèmes.
— Les capacités opérationnelles sont toutes développées en parallèle et les lacunes qualitatives – y compris dans la navigation de précision et les

114 Ou design-to-cost – cette méthode fixe le coût d'un produit dès la phase de développement. Toutes les décisions relatives à la conception, aux matériaux et aux processus sont prises de manière à respecter le coût visé.

contre-mesures – sont comblées en majeure partie, grâce aussi à la coopération internationale. Des lacunes quantitatives subsistent néanmoins. À ce stade, l'armée est en mesure d'exercer elle-même à l'engagement toutes les fonctions en rapport avec l'espace orbital.
— Le processus est achevé, tant qualitativement que quantitativement. Ces capacités opérationnelles sont entièrement intégrées dans l'armée et forment un élément de son aptitude à l'engagement. L'espace orbital sert de multiplicateur de force en interagissant avec tous les autres espaces d'opération, en particulier terrestre et aérien.

7.1 Doctrine

La doctrine sera développée d'ici à la fin 2026 pour la planification et la conduite d'opérations dans l'espace orbital, afin de concrétiser la part prise par l'espace orbital dans l'approche multidomaines. La définition des notions, des méthodes et des exigences permettra d'assurer l'interopérabilité et la compatibilité des systèmes et des produits dans la collaboration tant nationale qu'internationale. Il faudra aussi préciser la manière dont les partenaires civils et commerciaux seront intégrés dans la défense. Du fait des limites floues entre développement, exploitation et emploi, une coordination étroite entre l'armée et ses partenaires est indispensable. À long terme, l'armée exploitera ses propres satellites. Il importe de continuer à élargir la coopération internationale pour renforcer la capacité de défense.

7.2 Entreprise

La stratégie du double usage (c'est-à-dire à des fins à la fois civiles et militaires) suivie par l'armée en ce qui concerne l'espace orbital exige un développement adéquat de l'entreprise. Pour la planification et la mise en œuvre des projets sectoriels visant au développement de ses capacitéss dans l'espace orbital, l'armée collabore étroitement avec des services du DDPS et avec d'autres offices fédéraux, en particulier l'OFCOM et le SEFRI. Le but est de concrétiser en temps utile les différents projets sectoriels et de pouvoir faire un large emploi des produits obtenus grâce aux capacités opérationnelles. La conception et le développement des systèmes profitent de la coopération internationale, mais pour leur exploitation, l'armée doit pouvoir agir indépendamment de ses partenaires étrangers.

7.3 Organisation

Un centre de compétences Espace sera constitué en 2026 au sein de l'armée afin d'assurer la conception, le développement et l'engagement des capacités opérationnelles dans ce domaine. Dirigé principalement comme une organisation de milice, il sera intégré aux Forces aériennes. Il collaborera étroitement avec l'administration fédérale, avec l'industrie suisse et avec les hautes écoles pour la planification et l'exploitation des segments dans l'espace orbital et au sol. Une nouvelle fonction spécifique sera créée simultanément pour les tâches spatiales.

Ce centre représentera les intérêts de l'armée dans l'utilisation des orbites et dans le pilotage des satellites et exploitera les systèmes liés à ce domaine. Il répondra de l'exploitation des segments dans l'espace orbital et au sol et fournira des prestations à d'autres formations de l'armée et à des partenaires. Il représentera également l'armée dans la coopération avec d'autres forces armées.

Les aspects concernant la régulation sont traités en collaboration avec le SEFRI, le SEPOS, le DFAE et l'OFCOM, y compris les défis liés à la réglementation en matière de radiocommunication[115]. Il importe de prendre en compte dès la phase de conception le règlement des radiocommunications pour tout ce qui a trait à la planification, au développement ou à l'exploitation des capacités opérationnelles. En effet, ces règles ont une influence déterminante sur le choix des systèmes. C'est pourquoi le commandement Cyber et l'OFCOM sont impliqués dès le début dans le processus.

Dès que la nouvelle loi sur les opérations spatiales aura été adoptée,[116] le Conseil fédéral pourrait instituer une nouvelle autorité militaire de surveillance qui serait chargée de suivre les activités menées par des unités administratives militaires dans l'espace orbital.

7.4 Instruction

Les tâches militaires au sein du centre de compétences Espace exigent une instruction de base spécifique. La carrière de spécialiste de l'espace orbital est particulièrement indiquée pour des personnes ayant des compétences dans le domaine de l'astronautique, de l'informatique, des mathématiques, de la physique et de l'ingénierie. Les militaires présentant les aptitudes requises seront sélectionnés au cours de l'école de recrues. Au terme de leur instruction de base, ils intégreront le stage de formation technique consacré à l'espace orbital. Une fois achevée cette formation axée sur la pratique, ces spécialistes accompliront leur service militaire au sein du centre de compétences Espace.

L'instruction sera dispensée en collaboration avec les hautes écoles et l'industrie et devrait aussi être reconnue dans le civil. Il est envisagé de poursuivre le développement du Space Campus[117] – déjà établi et servant de plateforme aux différents partenaires – afin de favoriser les projets communs en rapport avec les capacités spatiales. Quelques spécialistes participeront enfin à des programmes internationaux d'instruction, tels ceux de l'OTAN.

Afin de pouvoir recruter en temps utile des talents pour le centre de compétences Espace, l'armée réfléchit à une instruction prémilitaire à partir de l'âge de 16 ans, qui pourrait inclure notamment l'observation de satellites en collaboration avec la Société suisse d'astrophysique et d'astronomie et d'autres organisations. L'engagement de profils atypiques ayant les connaissances et l'expérience requises est également envisagé.

7.5 Matériel

Le matériel de l'armée suit généralement un cycle de vie assez long, divisé en phases : essais, acquisition, introduction, utilisation, mise hors service. Mais ce parcours ne s'applique pas aux systèmes liés à l'espace orbital, qui nécessitent plus de souplesse. L'armée entend développer des produits avec méthode sur plusieurs générations, et ce par une collaboration interdisciplinaire et un perfection-

115 Il faut s'attendre à ce que les tâches de coordination de la réglementation en matière de radiocommunication entraînent un surcroît de travail.
116 Ch. 3.1.4.
117 Le Space Campus est une initiative de l'armée. Il encourage les jeunes talents travaillant dans le domaine spatial et dans les capacités opérationnelles de l'armée. Le but est de développer des technologies et des capacités dont l'armée pourra tirer profit.

nement continu de leur conception. La méthode itérative permet de les améliorer progressivement et de les adapter en fonction des résultats des tests, des réactions des parties prenantes et des progrès technologiques. Au début du processus, les exigences opérationnelles et fonctionnelles sont décrites et validées par des analyses de systèmes complètes et des simulations. Cette approche permet une ingénierie simultanée[118], qui est appliquée à la conception des systèmes avec de bons résultats, en combinaison avec la conception à coût objectif (design-to-cost), par exemple par l'ESA, par SpaceX et d'autres entreprises.

Les caractéristiques techniques et les processus de production sont optimisés en permanence dans des cycles itératifs brefs : à chaque génération, le produit se rapproche ainsi de ses spécifications finales. Cette méthode permet de réagir avec souplesse aux changements, de réduire les coûts et de raccourcir les délais de développement. Les nouveaux systèmes sont plus rapidement prêts à l'emploi qu'avec les procédures traditionnelles. Cette méthode concentre l'attention sur l'ensemble du cycle de vie du produit ; les défauts et les problèmes sont détectés et résolus avant qu'ils n'entraînent des problèmes plus graves pour le matériel informatique. Chaque système sert de prototype à la prochaine génération et de démonstrateur pour la génération d'après.

Dès la phase de conception, l'armée collabore étroitement avec armasuisse, l'OFCOM et le SEFRI afin de s'assurer que les projets sont réalisables, rentables et à jour technologiquement. Elle veille aussi, avec le SEFRI, à éviter tout double financement, la Confédération ne devant pas s'ajouter à un programme avec l'ESA.

Pour pouvoir assurer l'agilité visée, la répartition des crédits doit être souple, avec comme base des moyens annuels destinés aux études de projets, aux essais et aux préparatifs d'achats (EEP). Les acquisitions de satellites, de stations au sol et de terminaux spécialisés se font à travers les programmes d'armement. Des projets communs sont financés avec des investissements effectués par des partenaires industriels, d'autres services fédéraux et des partenaires internationaux.

7.6 Personnel

Le centre de compétences Espace sera avant tout une organisation de milice. Militaires professionnels et de milice collaboreront étroitement, en intégrant les connaissances spécifiques de l'industrie et des hautes écoles. L'expérience acquise durant l'instruction doit ouvrir des perspectives professionnelles aux spécialistes du centre de compétences. Le service de milice doit être facile à concilier avec la vie civile.

Les fonctions militaires couvriront essentiellement trois aspects : la planification et la conduite d'opérations, le développement d'applications, enfin l'engagement et l'exploitation de stations au sol. Pour les deux premières fonctions, le travail s'effectuera dans les locaux d'un des centres d'opérations, d'où les spécialistes piloteront les satellites et les capteurs. Les spécialistes y élaboreront des produits pour l'image de la situation dans l'espace orbital, interpréteront des données fournies par des capteurs, contribueront à la navigation de précision et pla-

118 Ou systems-and-concurrent-engineering – cette méthode d'ingénierie favorise le développement simultané et intégré de systèmes complexes afin d'optimiser l'efficacité et la qualité. Toutes les phases du cycle de vie du produit, depuis la planification et la conception jusqu'à la production et l'entretien, sont exécutées en parallèle et étroitement coordonnées.

nifieront des contre-mesures. Leurs prestations seront mises à la disposition de la troupe, des états-majors et de tiers.

7.7 Finances

Sur une période de douze ans, le plafond des coûts pour le renforcement des capacités opérationnelles et l'exploitation, coûts du personnel compris, se monte à quelque 850 millions de francs. Sur cette somme, dans l'état actuel de la planification, quelque 680 millions sont affectés aux investissements, ce qui est peu pour des solutions traditionnelles et nécessite de recourir à des méthodes novatrices. L'armée estime qu'à partir de 2035, les coûts annuels de développement et d'exploitation des systèmes se monteront en moyenne à 50 millions de francs par an. Les ressources nécessaires au développement et au renouvellement seront demandées au Parlement à travers les programmes d'armement ordinaires et financées avec les dépenses d'exploitation inscrites au budget ordinaire de l'armée. Cette estimation ne tient toutefois pas compte d'une éventuelle participation de partenaires au financement de capacités sectorielles, ce qui permettrait de réduire les coûts de développement et d'exploitation. Sans oublier qu'un succès commercial des partenaires aurait également un effet positif sur les coûts.

7.8 Infrastructures

L'infrastructure terrestre du centre de compétences Espace est constituée par les stations au sol qui fonctionneront 24 heures sur 24 toute l'année. En plus d'un emplacement fixe au quartier général du centre de compétences, offrant une possibilité de repli dans une installation protégée, un autre site est prévu pour le double usage avec les partenaires. Tous les emplacements seront équipés pour l'engagement, l'instruction, le développement des capacités opérationnelles et leur intégration dans les systèmes de conduite et d'information de l'armée.

Les stations d'observation sont également des infrastructures essentielles. Elles jouent un rôle important pour établir et adapter l'image de la situation dans l'espace orbital. Actuellement, elles sont exploitées avec des partenaires commerciaux et scientifiques, et financées en partie par l'armée. À l'avenir, des stations d'observation spécifiques équipées de capteurs optiques et électromagnétiques seront installées en Suisse, aux emplacements choisis avec l'OFCOM. Le centre de compétences Espace gérera ensuite lui-même ces systèmes. Des solutions semi-mobiles prévues lors de la phase finale garantiront, en cas de défense, la résilience et la capacité à durer.

Au nombre des stations à installer et à gérer au sol figurent aussi des stations réceptrices et des stations de contrôle. À moyen terme, l'armée entend pouvoir appliquer aussi les fonctions des stations fixes au sol aux systèmes semi-mobiles en Suisse. Des partenariats seront constitués afin de pouvoir exploiter également des stations hors de Suisse, ce qui permettra, selon la position du satellite, de recevoir et de traiter en tout temps, et rapidement, des données provenant de l'espace orbital.

Pour ce qui est du système de positionnement, de navigation et de synchronisation (PNT), l'armée poursuit, parallèlement à l'accès au PRS[119], le renforcement d'AGNES, en collaboration avec swisstopo, jusqu'au milieu des années 2030. La

119 Le Conseil fédéral a déjà signalé par ailleurs l'intérêt de la Suisse pour le signal Public Related Service (PRS).

fiabilité, les performances et la résistance d'AGNES seront ainsi considérablement améliorées, ce qui réduira aussi les conséquences des nuisances par des tiers pour les systèmes et les utilisateurs qui s'appuient sur le PNT, et favorisera sensiblement le comblement des lacunes dans ce domaine. D'autres mesures seront toutefois nécessaires pour augmenter la protection d'AGNES contre les perturbations.

7.9 Sécurité

La protection contre les dangers et les menaces dans l'espace orbital se concentre principalement sur la sécurité des données et sur l'autoprotection. Pour éviter des collisions, l'armée doit surveiller en permanence les orbites à proximité immédiate de ses satellites et des charges utiles.

Les risques et les menaces provenant du cyberespace ont autant d'importance pour le segment de l'espace orbital que pour le segment sol et pour le segment utilisateur. Pour la sécurité des systèmes et de la transmission des données, il faut appliquer le principe de bout en bout (end-to-end). Des travaux préparatoires sont prévus pour assurer la compatibilité des formats de données et des protocoles avec les futurs systèmes de conduite et d'information de l'armée. La conformité aux standards internationaux permettra aux systèmes de fournir les données rapidement et sûrement. L'armée se donnera ainsi une longueur d'avance en matière d'information ou utilisera ces données pour les coopérations internationales.

8

Annexe

8 Annexe

8.1 Glossaire

Agence spatiale européenne (ESA)	L'ESA est une organisation qui regroupe 23 États européens en vue de coordonner et d'effectuer en commun des activités spatiales. Son objectif stratégique est de viser à rendre l'Europe techniquement et politiquement plus indépendante des autres nations spatiales comme les États-Unis, la Chine et la Russie, de lui assurer son propre accès à l'espace orbital et d'encourager la compétitivité dans la science, la recherche et le développement ainsi que dans les programmes spatiaux, etc. La Suisse est l'un des membres fondateurs de l'ESA.
Boucle OODA	Une boucle OODA est un modèle de prise de décision comprenant les phases : observation (Observe), orientation (Orient), décision (Decide), action (Act). Il peut être assimilé à la « boucle capteur-effecteur ».
Capacité opérationnelle	La capacité opérationnelle désigne les modalités capacitaires à tous les échelons opérationnels.
Constellation	Une constellation est un ensemble de satellites poursuivant un même but. Lorsque ces satellites volent dans la même direction et à distance constante les uns des autres, on parle de formation de satellites. Une constellation sert souvent à la couverture planétaire d'un service (p. ex. navigation ou télécommunications par satellite, etc.). La couverture planétaire signifie ici que les satellites couvrent l'ensemble de la surface terrestre, de sorte qu'en tout temps et en tout lieu, un satellite est atteignable (en fonction toutefois des conditions locales).
Coopération	Par coopération, on entend la collaboration entre deux ou plusieurs parties pour l'accomplissement de tâches communes ou dans un intérêt mutuel. Les parties apportent leurs ressources, leurs capacités et des contributions dans le cadre de projets donnés, échangent des informations et agissent en se fondant sur des conventions et sur la confiance réciproque.
Débris spatiaux	Les débris spatiaux sont des objets en orbite qui n'ont plus d'utilité. Ils représentent un danger pour la navigation spatiale – avec ou sans équipage – et peuvent tomber sur la Terre s'ils ne se désintègrent pas dans l'atmosphère. En décembre 2023, on en dénombrait quelque 40 000 de plus de 10 cm, un million d'une taille entre 1 et 10 cm et 330 millions d'une taille entre 1 mm et 1 cm. Les objets d'une taille supérieure à 5 cm peuvent être observés en permanence.
Démonstrateur	Un démonstrateur est un modèle développé pour faire la démonstration du mode de fonctionnement ou des avantages d'une nouvelle technologie, d'un produit ou d'un concept. Il peut servir aussi bien sur terre que dans l'espace orbital pour une IOD ou une IOV (voir liste des abréviations), ou encore à des fins technologiques.
Electronic Intelligence (ELINT)	Par ELINT, on désigne l'exploration des signaux électroniques non destinés à des communications, notamment des émissions radar et d'autres émissions électromagnétiques, qui permet d'identifier des systèmes adverses et d'analyser leurs fonctions.
Flight Model (FM)	Les FM sont des unités récurrentes construites sur la base du Protoflight Model (PFM) ou du Qualification Model (QM)
Global Navigation Satellite System (GNSS)	Le GNSS est un système de navigation comprenant plusieurs systèmes de satellites, notamment le GPS américain, le système européen Galileo, le système russe GLONASS et le système chinois Beidou. Offrant une couverture mondiale, il est utilisé dans quantité d'applications, notamment pour la navigation, les mensurations, l'agriculture, la navigation aérienne ou spatiale et la défense.
Imagery intelligence (IMINT)	L'IMINT sert à collecter et à analyser des images. Les satellites IMINT sont en mesure d'obtenir des images à haute définition de la surface terrestre dans un but d'exploration et de surveillance d'objets militaires ou civils. Leurs capteurs peuvent enregistrer des images optiques, infrarouges ou radar. Les capteurs optiques utilisent le spectre lumineux visible. Les capteurs infrarouges utilisent le spectre infrarouge pour obtenir des images même de nuit ou dans des conditions de lumière défavorables. Les capteurs radar utilisent les ondes électromagnétiques et peuvent ainsi traverser les nuages et le brouillard. Ces données servent aussi à des usages civils.

Intelligence artificielle (IA)	L'IA (parfois aussi AI pour artificial intelligence) est un secteur des sciences de l'information qui traite de l'automatisation du comportement intelligent et de l'apprentissage automatique. Il essaie d'apprendre à un calculateur à imiter le comportement humain (p. ex. les structures de décision d'un être humain). Il s'agissait d'abord exclusivement d'algorithmes prédéfinis qui ne faisaient que simuler l'intelligence (p. ex. pour les jeux informatiques). L'apprentissage mécanique inclut des méthodes d'IA permettant à un système d'apprendre à partir d'une quantité de données sans avoir été explicitement programmé dans ce but. Ces systèmes peuvent notamment être employés pour la détection automatique de spécimens (p. ex. un comportement inhabituel) parmi une grande quantité de données (bases de données, réseaux, reconnaissance d'images, données sur les déplacements, etc.) et le déclenchement subséquent d'actions. Dans l'armée, le recours à l'IA permettrait par exemple d'analyser les renseignements plus rapidement et avec plus de précision, d'automatiser les processus de logistique et les tâches de planification, d'exploiter de nouvelles sources de données (données d'accès public ou acquises, imagerie, données historiques, données d'autres domaines de l'administration ou d'organisations partenaires) et de les mettre à profit pour une prise de décision. La conduite et l'action s'en trouveront améliorées et renforcées.
Liaisons à bande étroite	Les télécommunications par satellite à bande étroite se distinguent par leur efficience énergétique, leur rapport coût-efficacité, leur longue portée et leur capacité de pénétration, qui les rendent idéales pour la couverture de régions isolées et la mise en réseau de nombreux appareils. Leur robustesse aux interférences et leur simplicité d'emploi les rendent particulièrement adaptées aux applications pour l'Internet des objets (Internet of Things, IoT) et aux communications dans un environnement sujet à perturbations.
Liaisons à large bande	Les télécommunications à large bande par satellite offrent des taux élevés de transmission de données, qui permettent un accès rapide à Internet, un streaming à haute définition et la transmission de grandes quantités de données. Cette capacité à transmettre en temps réel un gros volume d'informations rend les liaisons à large bande indispensables à la communication moderne et permet aussi le téléguidage des systèmes.
Météorologie de l'espace	Par analogie avec les phénomènes météorologiques dans l'atmosphère, la météo de l'espace désigne les changements qui se produisent dans l'espace interplanétaire et interstellaire, notamment ceux qui sont enregistrés dans la partie de la magnétosphère proche de la Terre. Ces phénomènes ont pour cause principale les vents solaires et le rayonnement cosmique galactique de la Voie lactée. Ils représentent un danger pour la navigation spatiale – avec ou sans équipage – et, selon leur intensité, risquent de provoquer des dégâts, réversibles ou non, aux systèmes en orbite, mais aussi au sol.
Multidomaines	L'adjectif multidomaines qualifie une méthode holistique de réflexion et d'action, destinée à assurer la résilience dans un environnement volatile, incertain, complexe et ambigu (VICA). Le décloisonnement de divisions, de silos de données, de parties prenantes et de domaines d'action permet un déploiement mutuel de synergies complémentaires au sein d'un écosystème global. Cet adjectif qualifie aussi une procédure militaire devant permettre de s'opposer à une menace ou à un danger grâce à une anticipation rapide, en prenant en compte tous les échelons et tous les domaines d'action, préventivement ou immédiatement, de manière échelonnable et proportionnée, de concert avec les partenaires, avec précision, de manière groupée et coordonnée.
New Space	Le New Space désigne la navigation spatiale commerciale caractérisée par de nouvelles technologies, des innovations et une concentration plus marquée sur l'économie de marché et qui, avec ses modèles d'entreprise, démocratise les activités spatiales
Office fédéral de la communication (OFCOM)	L'OFCOM représente la Suisse auprès des organes internationaux de réglementation : CEPT, UIT (sous-organisation de l'ONU), conférences mondiales des radiocommunications, commissions de normalisation de l'Institut européen des normes des télécommunications (ETSI). Il défend également les intérêts du pays dans les organisations internationales s'occupant de satellites comme l'Organisation internationale des télécommunications par satellite (ITSO), l'Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellite (IMSO) et l'Organisation européenne intergouvernementale de télécommunications par satellite (EUTELSAT IGO)
Orbite de rebut	L'orbite de rebut est l'orbite sur laquelle des satellites ou des vaisseaux spatiaux hors d'usage sont transférés lorsqu'ils ont atteint la fin de leur durée d'exploitation. Elle permet de libérer de la place sur les orbites géostationnaires utilisables ou sur d'autres orbites fortement fréquentées afin de limiter les risques de collision avec des satellites en fonction.

Orbite / Orbite terrestre	L'orbite est la trajectoire courbe que décrit un objet autour de la Terre du fait de la gravitation. Elle est déterminée par trois paramètres : excentricité, inclinaison, altitude. On distingue quatre types courants d'orbite : ▪ Orbite basse (LEO) : 160 à 2000 km ▪ Orbite moyenne (MEO) : 2000 à 35 786 km ▪ Orbite géostationnaire (GEO) : 35 786 km, avec une durée de révolution de 24 h ▪ Orbite elliptique élevée (HEO) : plus de 35 786 km
Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT)	L'EUMETSAT est une organisation intergouvernementale dont le siège se trouve à Darmstadt, en Allemagne. Elle a été fondée en 1984 et compte trente États membres. La Suisse fait partie des membres fondateurs. Elle est dépositaire de la convention EUMETSAT. L'organisation est responsable de l'exploitation opérationnelle des infrastructures européennes dans l'espace orbital dans le domaine de la météorologie. Elle gère une flotte de satellites météorologiques géostationnaires et polaires qui récoltent des données et des images de la Terre et de son atmosphère. Ces données sont utiles pour les prévisions météorologiques, la climatologie, l'hydrologie et l'observation de l'environnement.
Partenariat	Un partenariat est un système associant des parties qui regroupent leurs forces en engageant ensemble leurs capacités et leurs moyens. La coopération qu'il implique, souvent fixée dans une convention, est contraignante. Les parties en assument en commun la responsabilité, partagent les risques et poursuivent des objectifs stratégiques sur le long terme.
Partenariat public-privé (PPP)	Un PPP est une collaboration réglée contractuellement entre les pouvoirs publics et une entreprise privée. Il vise à accroître l'efficacité et l'efficience dans l'accomplissement des tâches publiques grâce au savoir-faire et aux capitaux privés.
Positioning, Navigation and Timing (PNT)	Le PNT (positionnement, navigation et temps ou synchronisation temporelle) est utilisé dans un grand nombre d'applications, notamment pour la géodésie, la navigation aérienne ou spatiale, les télécommunications et les finances.
Protoflight model (PFM)	Un PFM est un prototype de modèle de vol utilisé pour les qualifications delta. Il ne doit pas impérativement être identique aux modèles de vol subséquents ni aux satellites précédents en cas de modifications.
Prototype	Il peut s'agir d'un qualification model ou d'un précurseur, capable de remplir la fonction de protoflight model, afin de permettre une validation en orbite (IOV) pour une mission.
Qualification Model (QM)	Un QM est un modèle servant à la qualification d'un satellite entier sans être envoyé dans l'espace orbital.
Résilience du système	Un système résilient est capable de gérer les perturbations externes puis de revenir à son état d'origine ou, du moins, de rétablir ses fonctions essentielles.
Satellite Communications (SATCOM)	Les télécommunications par satellite consistent à transmettre des données (informations, discussions, vidéos, imagerie) entre deux stations au sol par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs satellites. La transmission se fait dans le spectre des fréquences radio, les bandes Ku, C et L étant les plus utilisées.
Space Situational Awareness (SSA)	La SSA se rapporte à la compréhension et à l'évaluation de l'environnement spatial, notamment le positionnement et les mouvements des satellites, des engins et des débris spatiaux. Ele sert avant tout à sécuriser les activités dans l'espace orbital en évitant les collisions, en identifiant les menaces et en garantissant l'intégrité des missions des satellites. Du point de vue militaire, elle permet de surveiller les menaces, de coordonner les mesures de défense contre des armes cinétiques antisatellites (ASAT) et de maintenir les capacités de communication et de surveillance, autant d'activités décisives pour la sécurité et la stratégie nationales.

8.2 Liste des abréviations

Abréviation	Signification	Explication / traduction française
AGNES	Automated GNSS Network for Switzerland	Réseau de stations au sol pour la réception de signaux GPS (exploité par swisstopo)
ASAT	Anti-satellite weapon	Armes cinétiques antisatellites
CGE	Conduite de la guerre électronique	
DCS	Defensive counter Space	Le DCS comprend toutes les mesures de protection, actives et passives, contre des attaques ou des perturbations.
DDPS	Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports	
DEFR	Département de l'économie, de la formation et de la recherche	
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication	
DFAE	Département fédéral des affaires étrangères	
DFI	Département fédéral de l'intérieur	
DICA	Droit international des conflits armés	
D2D	Direct-to-Device	Le D2D est une méthode de communication permettant de transmettre directement des données entre des appareils sans passer par une infrastructure centrale comme un serveur ou un routeur.
ELINT	Electronic Intelligence	Voir le glossaire
ESA	European Space Agency	Agence spatiale européenne
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites	Organisation européenne pour l'utilisation des satellites météorologiques
EUSPA	European Union Agency for the Space Programme	Agence de l'Union européenne pour le programme spatial
FMN	Federated Mission Networking	Le FMN est un programme stratégique lancé en 2015 par l'OTAN. Il intègre les infrastructures informatiques nationales afin de rendre plus efficient l'échange d'informations entre États lors d'engagements communs.
GEO	Geostationary Earth Orbit	Orbite géostationnaire
GNSS	Global Navigation Satellite System	Système global de navigation par satellites (p. ex. GPS, GALILEO, GLONASS, Beidou)
GPS	Global Positioning System	Système de positionnement par satellite
IMINT	Imagery Intelligence	Exploration d'images par des capteurs dans le domaine visuel (infrarouge, radar, multispectral, etc.)
IOD	In-Orbit Demonstration	La démonstration en orbite est un système testé dans l'espace orbital afin de démontrer son bon fonctionnement en conditions réelles. Il s'agit, en l'occurrence, de tester des prototypes et de nouvelles technologies dans les conditions rencontrées dans l'espace orbital avant de les développer.
IOV	In-Orbit Verification	La validation en orbite est un système testé dans l'espace orbital afin de pouvoir valider son bon fonctionnement et ses performances en conditions réelles d'engagement avant de l'exploiter régulièrement. Il s'agit, en l'occurrence, de constater sa maturité opérationnelle.
LEO	Low Earth Orbit	Orbite basse
MEO	Medium Earth Orbit	Orbite moyenne
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Autorité des États-Unis pour l'aéronautique et l'espace
NPOC	National Point of Contact pour les images satellites	Organe de contact pour l'imagerie satellitaire

OFCOM	Office fédéral de la communication	L'OFCOM réglemente le trafic radio et gère le spectre radio en Suisse, coordonne les projets de radiocommunication à l'échelon international (y compris les satellites et les stations au sol), attribue les fréquences en fonction des possibilités, délivre les concessions radio et gère les positions orbitales des satellites suisses.
OFPP	Office fédéral de la protection de la population	
OFROU	Office fédéral des routes	
ONU	Organisation des Nations-Unies	
OSINT	Open Source Intelligence	Recherche de renseignements utilisant les sources d'accès public
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord	Appelée aussi l'Alliance atlantique
PNT	Positioning, Navigation, Timing	Positionnement, navigation et temps (ou synchronisation temporelle)
PRS	Public Regulated Service	Signal de navigation protégé et chiffré de Galileo
QM	Qualification Model	Voir le glossaire
RM	Renseignement militaire	
SATCOM	Télécommunications par satellite	
SDA	Space Domain Awareness	Le but du SDA est d'établir une image complète de l'environnement dans l'espace orbital.
SEFRI	Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation	
SRC	Service de renseignement de la Confédération	
SSA	Space Situational Awareness	Surveillance de l'espace orbital
SSO	Sun-Synchronous Orbit	Orbite héliosynchrone
TIC	Technologies de l'information et de la communication	
UIT	Union internationale des télécommunications	Agence de l'ONU spécialisée dans le développement des TIC ayant son siège à Genève

Impressum

Editeur: Armée suisse
Rédaction: Groupement Défense
Premedia: Médias numériques de l'armée MNA, 82.340 f
Copyright: 05.2025, Groupement Défense
Internet: www.armee.ch