RESSOURCES PÉDAGOGIQUES
ENJEUX LIES À L'ESPACE
EXO-ATMOSPHÉRIQUE ET À SA MAÎTRISE
L'ESPACE, NOUVEAU CHAMP DE BATAILLE

La perception du domaine spatial comme enjeu majeur s'établit à partir des années 1950 et s'approfondit encore aujourd'hui tant pour des acteurs publics que privés, pour des applications multiples et à des fins civiles comme militaires. La conquête spatiale, ou le développement des activités humaines dans le domaine exo-atmosphérique, a été initiée pour répondre à des besoins militaires : les capacités progressivement accrues d'action dans l'espace induisent une extension du domaine stratégique, c'est-à-dire du domaine relevant de « la science ou de l'art de l'action humaine finalisée, volontaire et difficile »[1]. L'espace extra-atmosphérique est tant un « but » militaire, un espace à maîtriser sinon à dominer, qu'une « ressource » permettant la maîtrise sinon la domination sur Terre.

PRÉSENTATION DU CESA ET DE SES MISSIONS

Le Centre d'Études Stratégiques Aérospatiales (CESA) est une unité de l'armée de l'air et de l'espace dédiée à la recherche et un outil d'aide à la décision pour ses autorités. Il se charge du rayonnement et de l'ouverture de cette dernière sur le monde civil, universitaire et institutionnel. Le CESA dépend directement du major-général de l'Armée de l'Air et de l'Espace (AAE) et pour certaines de ses activités du chef d'État-major de l'AAE. Il est composé d'une quarantaine aviateurs et d'une vingtaine de civils.

À travers ses publications, de ses études et de ses travaux relevant des sciences humaines et sociales (histoire, géographie, science politique, géopolitique) portant par exemple sur les dynamiques industrielles observables, les opportunités de développement de l'AAE, sur son histoire ou encore bien d'autres sujets, il dispose d'une place particulière dans le renforcement du lien armée-nation et par son corollaire, du lien entre cette armée et les ministères de l'Éducation Nationale et de celui de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Une cinquantaine d'événements sont organisés chaque année par le CESA permettant de rendre vivant ce lien qu'il veut approfondir entre les mondes civil et militaire.

C'est donc dans ce même objectif de rayonnement que le CESA a produit un document d'analyse pédagogique sur « Les Enjeux liés à l'espace exo-atmosphérique et à sa maîtrise ». En s'appuyant sur des sources ouvertes et internes issus du Ministère des Armées, du CESA, du monde universitaire et de la société civile, l'analyse proposée rend compte de l'importance historique et contemporaine que revêt le domaine spatial pour les armées.

[1] T. DE MONTBRIAL, J. KLEIN, Traité de Stratégie, 2000, «Stratégie», p. 527.

LA PLACE DE LA THÉMATIQUE DANS LES PROGRAMMES D'HISTOIRE-GÉOGRAPHIE ET D'EMC

Vous trouverez ici les thèmes et les axes tirés directement du programme d'HGGSP concernant les enjeux liés à l'espace exo-atmosphérique et à sa maîtrise.

I - Classe de Terminale générale - Spécialité histoire-géographie, géopolitique et sciences politiques : « Analyser les grands enjeux du monde contemporain »

Thème 1 : De nouveaux espaces de conquête

Axe 1 : Conquêtes, affirmations de pouvoir et rivalités
Jalon : Les enjeux géopolitiques d'une conquête : la course à l'espace des années 1950 à l'arrivée de nouveaux acteurs (Chine, Inde, entreprises privées).

Axe 2 : Enjeux diplomatiques et coopérations
Jalon : Coopérer pour développer la recherche : la station spatiale internationale.
Objet de travail conclusif : la Chine à la conquête de l'espace, des mers et des océans
Jalon : Une volonté politique d'affirmation (discours, investissements, appropriations…).
Jalon : Des enjeux économiques et géopolitiques considérables pour la Chine et le reste du monde.

Classe de Terminale générale – Tronc commun

Thème 2- Chapitre 2 : Une nouvelle donne politique : bipolarisation et émergence du Tiers-Monde.

Thème 4- Le monde, l'Europe et la France depuis les années 1990, entre coopérations et conflits.

II - Classe de terminale technologique: « Totalitarismes, guerres et démocratie: des années 1920 à nos jours »

Thème 2 : Du monde bipolaire au monde multipolaire

Sujet d'étude : De Youri Gagarine à la guerre des étoiles : ce sujet d'étude permet d'aborder la compétition scientifique et technologique pendant la guerre froide, ainsi que les enjeux symboliques et militaires de la conquête spatiale.

Thème 3 : La France et ses régions dans l'Union européenne et dans la mondialisation: lignes de force et recompositions

Sujet d'étude : Le centre spatial guyanais (Kourou) : coopérer pour s'affirmer à l'échelle mondiale. Le site de Kourou, à proximité de l'équateur, offre une localisation optimale pour une base de lancement spatial. Moteur économique de la Guyane, le centre spatial guyanais est une vitrine de la coopération européenne et internationale dans le domaine aérospatial (lanceurs européens, russes…). Les acteurs publics et privés, ainsi que les divers programmes de coopération, contribuent au succès du centre spatial guyanais, au rayonnement de la France et de l'Union européenne dans le monde.

III- Classe De 3ème : Thème 2 Le monde depuis 1945

- Un monde bipolaire au temps de la guerre froide
- Enjeux et conflits dans le monde après 1989

FOCUS 1 : DÉLIMITATION DE L'ESPACE EXTRA-ATMOSPHÉRIQUE ET DROIT DE L'ESPACE

Le domaine spatial est de plus en plus accessible aux hommes et aux activités humaines grâce aux découvertes scientifiques et aux progrès technologiques. Ce nouveau domaine de conquêtes revêt rapidement une importance politique majeure, reflétant les rivalités et ambitions de pouvoir qui se jouent à la surface de la Terre entre les différentes puissances étatiques d'abord mais aussi entre des acteurs privés. L'accès à ce nouveau domaine a pour cadre le contexte géopolitique mondial de l'après-seconde guerre mondiale. Si dans un premier temps, le souci principal de la communauté internationale était de rétablir la paix à l'échelle mondiale, l'entrée dans la guerre froide et les rivalités croissantes entre bloc de l'Ouest et bloc de l'Est font du domaine spatial un nouveau théâtre d'affrontements et de compétition stratégique entre les États-Unis et l'URSS.

Dès lors, chaque puissance a souhaité pouvoir investir ce nouveau champ, qui se révèle progressivement utile dans tous les domaines de la société, du civil au militaire, instaurant dans l'espace une compétition à l'échelle mondiale.

> Comment définir l'espace extra-atmosphérique, ce domaine qui n'a pas de frontières ?

> Quels sont les enjeux de la construction d'une juridiction de l'espace ?

Délimiter et définir l'espace extra-atmosphérique

Le Centre national d'études spatiales (CNES), l'agence spatiale française, définit l'espace comme « *cette étendue qui nous sépare des astres, et plus généralement sépare les astres entre eux. Il se situe, de notre point de vue, au-delà de la partie de notre atmosphère terrestre* ». Afin de comprendre les enjeux géostratégiques à l'œuvre dans la conquête spatiale, il convient de définir plus précisément les caractéristiques de l'espace extra-atmosphérique.

La limite de Karman

Au début du XXe siècle, Theodore von Kármán définit la limite entre l'espace aérien et l'espace extra-atmosphérique à 80 km d'altitude par rapport à la surface terrestre. Cette limite ne fait pas consensus. Différents acteurs du secteur spatial, pas nécessairement adversaires dans la compétition stratégique mondiale, la contestent. Le Danemark, l'Australie et le Kazakhstan par exemple, considèrent que l'espace extra-atmosphérique commence à 100 km d'altitude. Récemment, des astrophysiciens questionnent la véracité de cette limite, la situant plutôt au niveau de l'apesanteur, quelques kilomètres en deçà.

Les différentes orbites et les activités humaines dans l'Espace

Les activités humaines dans l'espace sont multiples et répondent là encore à des caractéristiques physiques du domaine dans lesquelles elles prennent place. Cinq orbites sont identifiables sur le graphique ci-dessous :

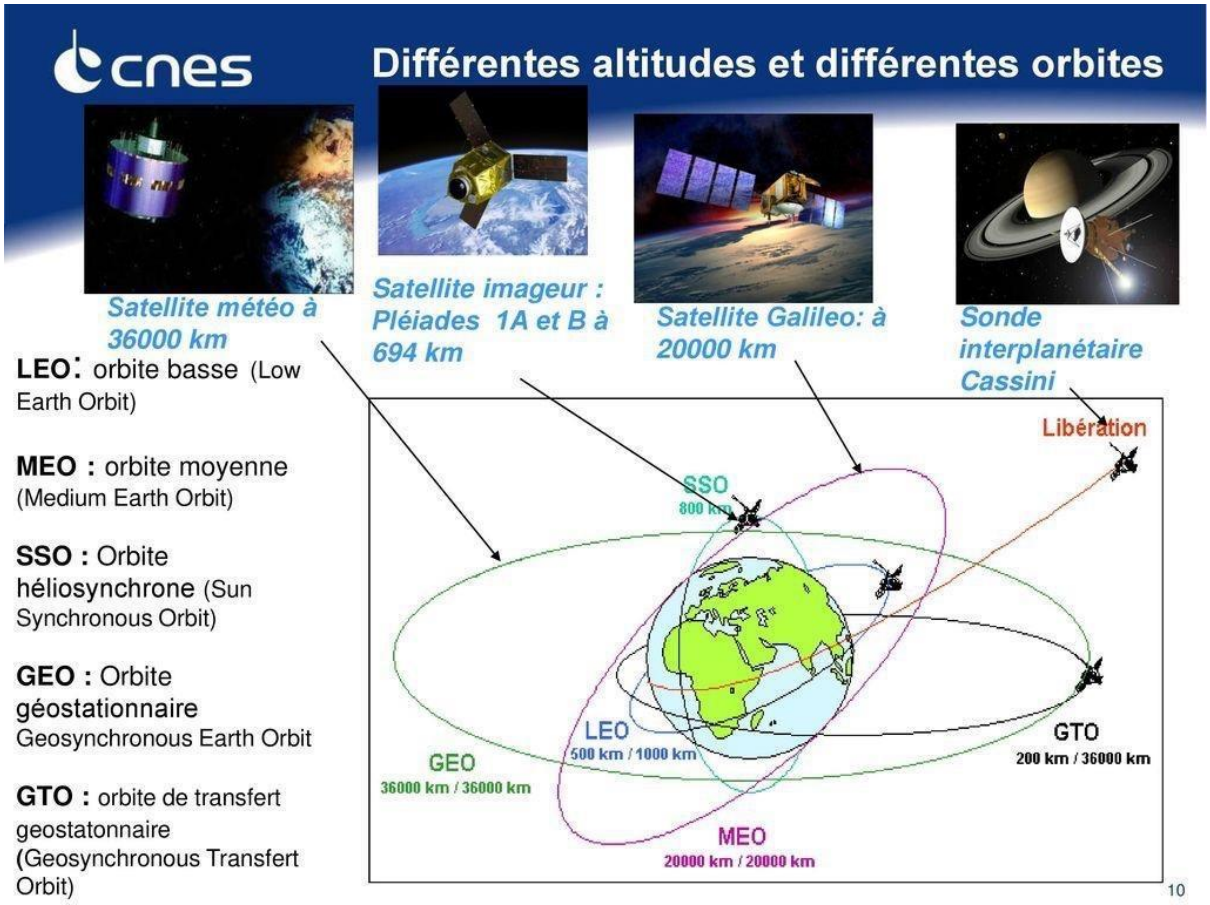


Figure 1 Les orbites terrestres et leurs différentes utilisations Source : CNES.

À cela, s'ajoutent les orbites par inclinaison (ex : orbite polaire, qui passe par les deux pôles d'une planète à chaque révolution) et les orbites par mouvement (ex : orbite circulaire).

Les principaux acteurs politiques de l'espace sont les États-Unis, la Russie, la Chine et l'Europe (parmi laquelle la France joue un rôle important). Parmi les entreprises privées, qui ont un rôle grandissant dans la projection dans l'espace, peuvent être citées *SpaceX, Blue Origin, Rocket Lab et Virgin Orbit*. Les données satellitaires, originellement réservées au domaine scientifique, puis militaire, sont aujourd'hui utilisées au quotidien : météo, navigation, observations et mesures scientifiques, télécommunications et télévision. Cet intérêt accru pour le spatial est un élément déterminant de son potentiel économique, actuellement évalué à 400 milliards d'euros et qui pourrait atteindre entre 1 000 et 3 000 milliards d'euros en 2040.

La part de plus en plus grande des lancements de satellites *Starlink* parmi les lancements des principales puissances spatiales traduit bien l'importance croissante des acteurs privés dans l'espace extra-atmosphérique.

<u>Agir dans l'espace : évolution de la juridiction spatiale</u>

Le corpus juridique spatial

Du fait des nombreuses opportunités qu'il offre, l'espace exo-atmosphérique est un domaine en constante évolution que de nouveaux acteurs, étatiques comme non-étatiques, cherchent de plus en plus à s'accaparer. Le droit international développe des consensus et des traités pour encadrer les activités qui s'y déroulent.

La définition légale de ce qui est considéré comme l'espace exo-atmosphérique continue d'être une source de tensions pour les États membres de l'UNCUPEEA (Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique fondé en 1959 au sein de l'ONU). Il est toutefois généralement admis que le droit de l'espace s'applique aux objets en orbite et au-delà, aux astronautes et aux activités qui peuvent être menées dans ce milieu.

Le principal texte juridique relatif à ce domaine est le Traité de l'Espace de 1967, afin notamment de limiter la menace des missiles nucléaires balistiques en orbite. La Lune et les corps célestes sont ainsi considérés comme un

patrimoine commun à l'humanité, exploitable à des fins pacifiques seulement. Le traité vise également à encadrer l'exploration et l'exploitation de l'espace pour assurer le maintien de la paix. *

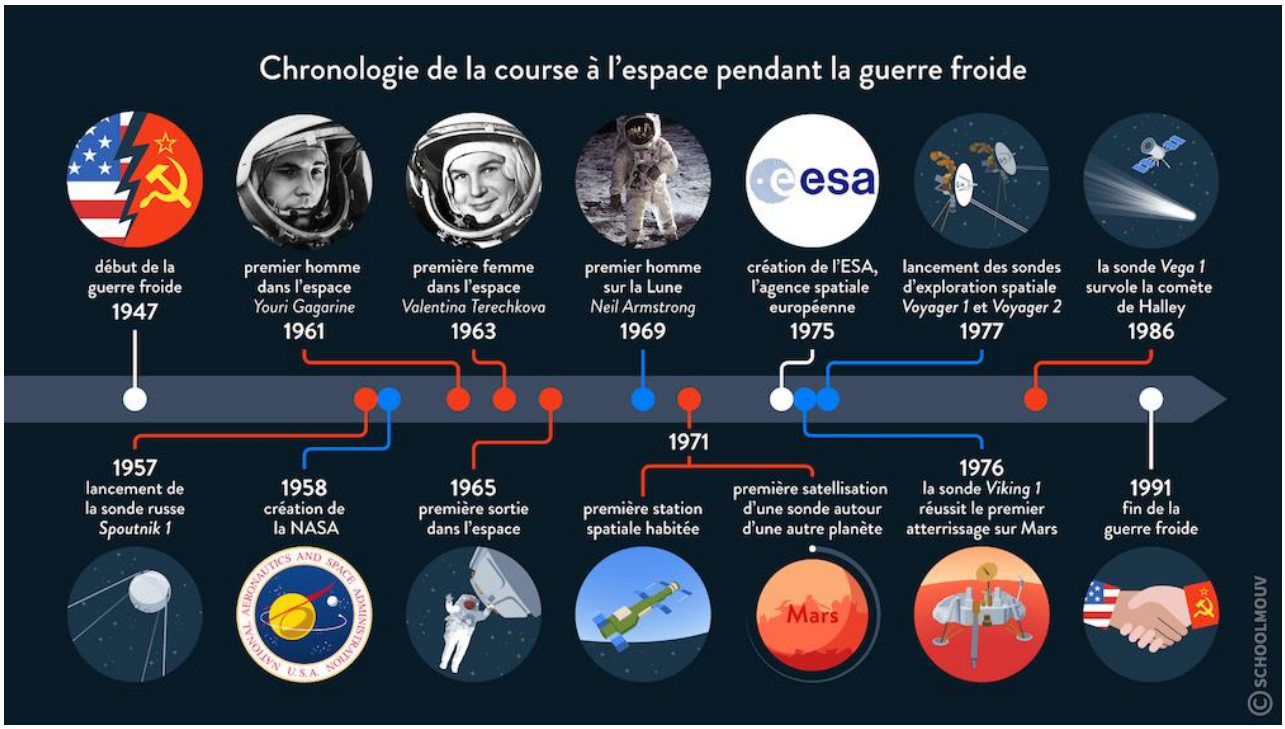
Quatre autres textes juridiques viennent compléter le corpus relatif au droit de l'espace. L'accord sur le sauvetage des astronautes de 1968, la Convention sur la responsabilité internationale (pour les dommages causés par des objets spatiaux) de 1972, la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace exo-atmosphérique de 1975 et, finalement, l'accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes de 1979, ratifié par seulement 18 pays. Ces quatre textes composent les fondements du corpus juridique spatial qui se réactualise progressivement.

Signés en 2020, les accords *Artemis,* initiés par les Etats-Unis, encadrent l'exploration spatiale coordonnée entre les signataires, impliquant l'entraide, l'échange des données et l'harmonisation en matière technique au regard des principes du Traité de 1967. Ces accords ont abouti au concept de « zone de sécurité'', qui vient ainsi fragiliser l'idée que l'espace est un milieu commun à l'ensemble des nations et que son appropriation territoriale est impossible. Aucune organisation internationale n'est conçue en tant que responsable de ces zones, chaque État signataire reconnaît la liberté des autres à agir dans le domaine spatial sans être confrontés à d'éventuelles interférences. La France les a rejoints en juin 2022 seulement.

<u>Obstacles et enjeux d'avenir</u>

Le Traité de l'Espace de 1967 se concentre particulièrement sur le contrôle des activités des États, qui étaient perçus comme les acteurs principaux de l'exploration et l'exploitation spatiales. Toutefois, les deux dernières décennies ont vu croître l'engagement d'acteurs privés dans l'espace extra-atmosphérique : phénomène plus connu sous le nom de *New Space*. Certains pans de l'activité spatiale d'avenir ne sont donc pas pris en compte dans le droit international spatial. Pour combler ces vides juridiques, des lois nationales ont été développées par les États, afin d'encadrer les activités publiques mais aussi privées dans l'espace.

Le droit de l'espace est confronté à un obstacle majeur : la responsabilité et le respect des principes juridiques dans l'espace extra-atmosphérique. Si le Traité de l'Espace formule la notion d'une responsabilité internationale des États, il est difficile de garantir le respect des règles de droit international. Ainsi, l'*UNCUPEEA* se voit submergé par le traitement des questions administratives de ce domaine. Le besoin d'institutions spécialisées dans la surveillance des activités des acteurs étatiques et non-étatiques devient de plus en plus apparent.



FOCUS 2 : ENJEUX GÉNÉRAUX DE L'ESPACE EXO-ATMOSPHÉRIQUE

Depuis les premières recherches spatiales, et notamment le premier lancement d'un satellite, le 4 octobre 1957, avec *Spoutnik* (« compagnon de route », ou « satellite » en russe), les utilisations de l'espace extra-atmosphérique se sont diversifiées tout comme le nombre d'acteurs qui y sont présents. De ce fait, la conquête de l'espace occupe une place importante dans la compétition qui se joue à l'échelle mondiale depuis la fin de la seconde guerre mondiale et concerne de multiples secteurs d'applications spatiales.

Pour garantir les souverainetés française et européenne qui sont étroitement liées l'une à l'autre, il s'agit d'assurer la continuité du développement de technologies spatiales de pointe d'une part et « l'autonomie d'accès à l'espace », c'est-à-dire la capacité de lancements de satellites et autres vaisseaux spatiaux d'autre part. Des investissements financiers conséquents sont nécessaires pour assurer un avantage industriel et technologique face aux autres puissances. Lors du Congrès international d'aéronautique tenu en septembre 2022 à Paris, la Première Ministre Élisabeth Borne a annoncé un budget de 9 milliards d'€ destinés aux activités spatiales françaises : cette enveloppe rassemble les crédits militaires (5 milliards d'€ issus de la Loi de Programmation Militaire 2019-2025) comme civils. À l'échelle de l'UE, le budget accordé par les États-Membres à l'Agence spatiale européenne en novembre 2022 lors d'une conférence interministérielle s'élève à 16,9 milliards d'€ pour les trois prochaines années. En comparaison, le budget américain annuel s'élèvait en 2019 à 47,17 milliards de $ pour l'ensemble des activités

Figure 2 Chronologie de la course à l'espace pendant la Guerre froide Source : Schoolmouv.fr

spatiales, soit 54% des dépenses mondiales cette année-là. Les budgets annuels alloués aux activités spatiales russes et chinois sont estimés respectivement à environ 2,5 milliards de $ et 10 milliards de $. Plusieurs entreprises privées françaises et européennes occupent des places de premier rang dans le domaine industriel spatial : *ArianeSpace*, *ThalesAleniaSpace* ou encore *Airbus Defense and Space*.

<u>Les enjeux des satellites de télécommunication</u>

Avec plus de 700 satellites en orbite dédiés aux télécommunications, le secteur spatial joue un rôle primordial dans la réponse aux besoins croissants de connectivité. Les services de télévision comme les services d'accès à Internet s'appuient en partie sur la communication par satellite. Ils fournissent un niveau inégalable de disponibilité, de couverture, de confidentialité et de fiabilité. Néanmoins, les enjeux liés à la sécurité de ces satellites ont des conséquences sur les infrastructures étatiques et sur un large panel d'activités commerciales et de loisirs.

Après le lancement par les Russes du premier satellite artificiel *Spoutnik* en 1957, les militaires américains se concentrent rapidement sur l'utilité des satellites pour améliorer leurs communications. Les États-Unis développent le premier système satellitaire *SCORE*, lancé en 1958, capable d'enregistrer et transmettre un message de quatre minutes. Par la suite, l'industrie de ce secteur se développe petit à petit, notamment en Amérique du Nord et en Europe. Le contrôle de ces satellites effectué par des agences publiques gouvernementales et intergouvernementales passe alors dans les mains d'opérateurs privés.

L'enjeu des satellites de télécommunications (*satcoms*) pour les secteurs civils comme militaires relèvent des domaines souverain, financier et industriel.

L'Europe et la France souhaitent assurer leur liberté d'appréciation, d'accès et d'action dans l'espace afin de mieux protéger les structures opérant grâce à ces satellites. En effet, les satellites de communication sont un outil stratégique pour sécuriser Internet et ses communications ainsi que pour contrôler des opérations militaires sur des territoires éloignés. Les satellites de télécommunication contribuent, à plus grande échelle, à la décision politique. Leur utilisation doit donc être garantie face aux besoins croissants de connectivité. Or ces outils demeurent vulnérables vis-à-vis des débris spatiaux mais, surtout, des risques de menaces de la part d'autres pays en matière de

brouillage ou d'espionnage. À titre d'exemples, notons la mise en service de capacités spatiales majeures pour les armées françaises :

- Satellite *CERES* (lancement en 2021, destiné au renseignement électromagnétique)

- Programme *SYRACUSE IV* dont le premier satellite *SYRACUSE 4A* est en orbite (lancement en 2021, satellite de télécommunication militaire français). Ce programme succède à *SYRACUSE III* dont les satellites toujours en orbite sont encore opérationnels. Le premier volet du programme *SYRACUSE* (pour Système de radiocommunication utilisant un satellite*)* avait été mis en œuvre dès 1980.

DES ILLUSTRATIONS CONCRÈTES EN UKRAINE

Aujourd'hui, un nouveau marché privé s'attaque au secteur des télécommunications. Les entreprises envoient, à bas coût, plusieurs dizaines, voire des centaines de satellites, qui deviennent des milliers pour former une constellation dans l'espace. Ces outils, devenus indispensables au fonctionnement de nos sociétés, doivent ainsi être protégés d'éventuelles menaces (collision avec des débris, mais également risque de cyberattaque ou de brouillage). Par exemple, le 24 février 2022, un satellite américain a été touché par une « panne ». En Ukraine, le dysfonctionnement du satellite a coupé des dizaines de milliers de citoyens du réseau pendant plus de deux semaines. En France, la panne a provoqué une interruption partielle des services d'accès à Internet proposés par Nordnet et Bigblu et en Allemagne des opérateurs ont perdu le contrôle de 6 000 éoliennes. Le 10 mai, l'Union européenne a accusé la Russie d'être à l'origine de cette cyberattaque.
La guerre en Ukraine illustre aussi les avantages de la communication par satellite. L'attaque russe du 24 février 2022 ayant coupé une partie des réseaux terrestres de communication du pays, le ministre ukrainien du numérique Mykhaïlo Fedorov a demandé l'aide de la constellation de satellites Starlink d'Elon Musk. Ce dernier a alors déployé des antennes sur place. Le 2 mai, le ministre affirmait que 150 000 Ukrainiens bénéficiaient du service Internet de Starlink. Cet exemple illustre à nouveau le potentiel et l'intérêt des constellations de satellites privés.

Figure 3 Antenne Starlink à Gostomel, Oblast de Kiev

<u>Les enjeux de la géolocalisation par satellites</u>

GNSS est l'acronyme de *Global Navigation Satellite Systems* qui désigne des systèmes de navigation par satellites fournissant des informations sur la position précise d'un élément partout et en temps réel. Ils englobent le système *GPS* (*Global Positioning System*) américain, *Glonass* russe, *Beidou* chinois et le système *Galileo* européen, principalement utilisés pour la navigation maritime, aérienne et routière, ou encore la synchronisation des satellites.

Historiquement, les systèmes de navigation par satellite ont été développés pour des besoins militaires. En 1958, les États-Unis développent *Transit,* le premier système de positionnement par satellites. Opérationnel en 1964, il vise à améliorer la précision des missiles embarqués à bord des sous-marins nucléaires. Aujourd'hui, ces systèmes bénéficient également au domaine civil. Depuis 2003, les États-membres de l'UE tentent de s'affranchir du système américain *GPS* qui est vulnérable aux brouillages. Le projet *Galileo*, opérationnel depuis 2016, assure aux Européens une autonomie stratégique dans le domaine de la géolocalisation. Ce système contribue à diverses applications comme le service de recherche et de sauvetage pour les bateaux et avions en détresse. C'est le premier système à avoir été conçu pour un usage civil à prime abord.

Aujourd'hui encore, il peut arriver qu'à la suite d'une défaillance au sol ou à bord d'un satellite, un système transmette des informations erronées conduisant à des erreurs de position de quelques kilomètres. Une erreur sur la position peut entraîner des conséquences dramatiques, par exemple dans le guidage des avions à l'approche de la piste d'atterrissage. Pour améliorer la précision et l'intégrité de la géolocalisation par satellites, le service européen de navigation par recouvrement géostationnaire permet notamment d'avertir l'utilisateur des défauts repérés sur les signaux *GNSS* en moins de six secondes.

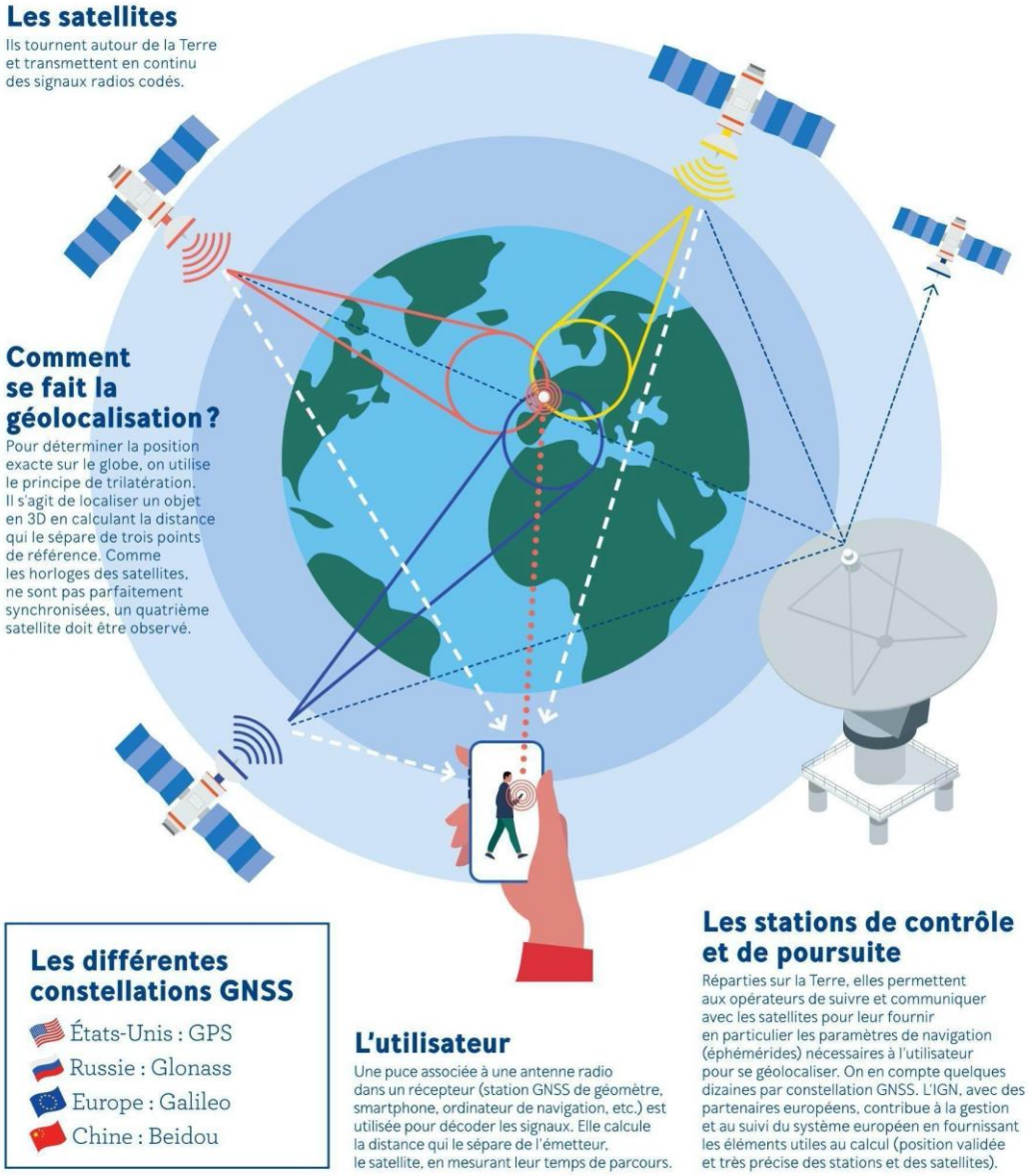


Figure 4 GNSS : comment fonctionne le positionnement par satellite ?
Source : Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)

<u>Des enjeux scientifiques de connaissance du monde</u>

Les premiers pas des vols habités

Des animaux ont été lancés dans l'espace avant les humains pour effectuer des tests. Parmi les animaux emblématiques : la chienne Laïka (Russie), la chatte Félicette (France) et son prédécesseur le rat Hector, ou les singes Ham & Enos (États-Unis). Le premier vol humain est celui de Youri Gagarine le 12 avril 1961, à bord du vaisseau *Vostok-1* (89 minutes dans l'espace), qui devient un véritable héros en URSS. Le vol habité, américain comme soviétique (puis français, entre autres nationalités) devient symbole de puissance et les astronautes de véritables légendes. La course à l'espace mobilise alors des budgets conséquents et constitue la vitrine de la puissance scientifique.

Le domaine spatial et la science

Les expériences scientifiques sont nombreuses, l'espace étant perçu entre autres comme le nouveau milieu à explorer pour les besoins de la science. Les États-Unis ont effectué six sorties sur la Lune, pour y mener des expériences sismiques ou géologiques. La Russie n'a pas atteint cette étape mais a grandement amélioré ses capacités à travers son aventure spatiale. Suite à cette compétition, une collaboration des deux blocs voit le jour : la station *Mir* en 1986. Depuis 1998, la station spatiale internationale (ou *International Space Station*, ISS) permet de nombreuses expériences[2]. Il existe différents laboratoires sur l'*ISS* : *Columbus* (Europe), *Poisk*, *Rasvet* (Russie), *Destiny* (EU), *Kibo* (Japon) qui concernent différents domaines d'études tels que la botanique, la médecine ou encore la physique des moteurs par exemple. Les expériences réalisées permettent d'affiner les besoins présents et futurs pour l'exploration spatiale, dont Mars représente pour l'instant l'horizon à atteindre. Les bactéries mutant plus vite en apesanteur, l'ISS permet de mener des expériences biologiques plus poussées, accélérant la recherche sur Terre. L'avenir de la station spatiale internationale est aujourd'hui incertain, fragilisé par le contexte géopolitique. Plusieurs astronautes, scientifiques pour la plupart, français ont embarqué à bord de l'ISS depuis 1998. Ainsi, Claudie Haigneré est la première spationaute française à rejoindre l'ISS grâce à une fusée russe Soyouz qui décolle le 21 octobre 2001, elle y réalise des expériences pour y étudier l'ionosphère ainsi que les sciences de la vie et de la matière. Plus récemment, Thomas Pesquet devient le dixième spationaute français et s'envole pour l'ISS le 10 novembre 2016, afin de mener lui aussi une centaine d'expériences scientifiques pour le compte de l'ESA et de la NASA. Finalement, en novembre 2022, la lieutenant-colonel de l'Armée de l'Air et de l'Espace Sophie Adenot a été choisie pour rejoindre l'équipe d'astronautes de l'ESA.

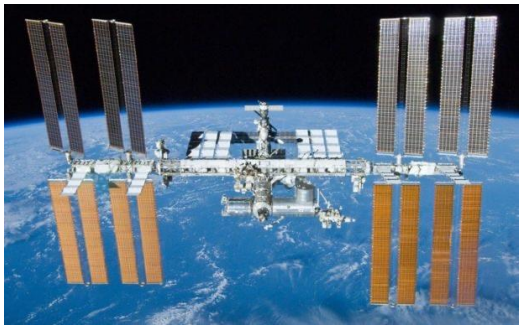
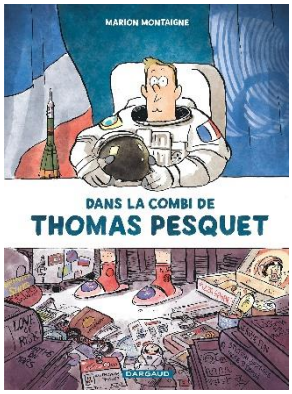


Figure 5 La station spatiale internationale (photographie de 2010)



Climatologie : la connaissance de la météorologie sur notre planète

Depuis 1960, l'appareil *TIROS-1* a ouvert la voie de la surveillance de la Terre. Grâce aux données radar et optiques, les satellites météo donnent des prévisions plus précises que les données terrestres. Différents exemples : le programme européen *Eumetsat* et sa constellation *Meteosat*, *GOES* aux États-Unis, *FY* en Chine, *INSAT* en Inde, *Elektro-L* en Russie. Ils permettent à ces pays de collecter leurs propres données. De plus, ces satellites jouent un rôle essentiel dans le suivi du changement climatique.

Observation de la Terre : l'humanité vue d'en haut

L'observation de la Terre et l'obtention des prises de vues satellitaires de certaines zones peuvent être utiles à des fins d'espionnage d'une part mais pour une multitude d'autres applications par ailleurs. Des images au-dessus des zones de population permettent de dresser des données sur la densité, la localisation de populations vulnérables et d'autres phénomènes géographiques, c'est-à-dire qui concernent les interactions entre les hommes et leurs

[2] Lire la bande dessinée *Dans la combi de Thomas Pesquet*, de Marion Montaigne.

milieux. Ensuite, il est possible de regarder comment l'environnement à leurs abords change et donc d'étudier le changement climatique (montée des eaux, réduction de la banquise). Pour la gestion de crises par exemple, les images satellites peuvent être traduites en données cartographiques, permettant d'améliorer la prise de décision et d'adapter les réponses gouvernementales et humanitaires selon les besoins (inondations, feux de forêts, tornades). La France dispose de cette manière de sa propre constellation de satellites de télédétection civile : les satellites SPOT sont mis en orbite entre 1986 et 2015 succédés par la constellation Pléiades à partir de 2011 puis Pléiades Néo à partir de 2021. Les programmes européens Copernicus et Sentinel sont d'autres outils d'observation de la surface terrestre mis en orbite par l'ESA et les États-membres de l'UE. Leurs données sont en grande partie accessibles gratuitement[3].

Connaître le monde qui nous entoure : satellites exploreurs et télescopes

L'exploration du cosmos relève exclusivement de l'activité scientifique. Les sondes et télescopes braqués sur l'univers permettent d'en connaître plus sur le passé. La sonde *Voyager*, lancée il y a 45 ans, continue son voyage et représente à ce jour l'objet le plus loin jamais envoyé par l'homme. Les *rovers,* ou astromobiles*, Curiosity* et *Perseverance* sur Mars, *Venera* sur Venus nous donnent des clés de lecture de notre système solaire. Pour les télescopes, *Hubble*, en mission depuis 1990, fournit toujours des images et le télescope spatial *James Webb*, lancé fin 2021, est son digne successeur, transmettant des images d'une qualité encore plus haute. Dans cette dynamique d'exploration, la France a signé aux côtés de 19 autres pays les « accords Artemis ». Elle rejoint ainsi le programme porté par les Etats-Unis pour envoyer des astronautes sur la Lune et établir une station en orbite lunaire dès 2024 pour permettre des explorations plus lointaines à l'avenir.

Photographie de « Falaises cosmiques » situées dans la Nébuleuse de la Carène
(»Cosmic Cliffs »in the Carina Nebula*) prise par le télescope* James Webb *en juillet 2022.*

[3] Voir https://scihub.copernicus.eu et https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/

FOCUS 3 : ENJEUX MILITAIRES DE L'ESPACE EXO-ATMOSPHÉRIQUE

Les outils spatiaux sont devenus progressivement incontournables dans les opérations militaires. Plusieurs facteurs déterminants de la réussite d'une opération, tels que la navigation satellitaire, les télécommunications et l'imagerie spatiale, sont directement liés aux activités exo-atmosphériques. Dans ce contexte, les États s'engagent officiellement dans une compétition pour acquérir et assurer leur souveraineté spatiale à travers des programmes ambitieux tels que le *Space Act* aux États-Unis ou les « *Nouvelles Routes de la Soie spatiales* » en Chine.

Enjeu de conflictualité dans l'espace

Les premières mises en orbite de satellites ont été perçues comme des menaces par les États, en particulier vis-à-vis de la mise en orbite d'armes de destruction massive. Cette perception entraîne la signature du Traité de l'Espace en 1967. De plus, les satellites développent des capacités d'observation, de communication, de navigation, et d'exploration exploitables dans les opérations militaires.

La guerre froide : la conquête spatiale cristallise les rivalités de pouvoir

Dès les débuts de la guerre froide, les États-Unis et l'URSS programment l'envoi de satellites pour des missions de renseignement et, dans les années 1960, pour les premiers systèmes de guidage militaire. Les États-Unis initièrent donc le programme américain *Corona* (1969-1972) pour la surveillance photographique de l'Union soviétique. En réaction à ces moyens de surveillance, des expérimentations liées à la défense en haute altitude voient le jour. À titre d'exemple, les États-Unis évaluèrent les effets d'une détonation nucléaire hors atmosphère sur les systèmes radars et de communication à longue portée avec l'essai nucléaire *Starfish Prime* de 1962.

En 1983, le projet *Star Wars* du président Reagan devant servir à l'interception des missiles en vol fait monter les tensions. En 1984, le tir au laser militaire depuis la base soviétique *Terra-3* sur une navette spatiale américaine soupçonnée d'espionnage renforce le statut de champ stratégique et de conflictualité du domaine spatial.

La place actuelle du spatial dans la culture de défense et de l'autonomie stratégique pour la France

La notion d'autonomie stratégique apparaît dans le *Livre blanc sur la Défense* de 1994. Elle est définie, pour la France, par rapport aux dépendances que créerait une confiance exclusive dans les garanties de l'OTAN. Ce concept a donc d'abord eu une dimension nationale, puis européenne.

La recherche d'une autonomie stratégique dans le domaine spatial se décline en recherche d'autonomie de décision, d'observation, de compréhension et d'action dans l'espace ; ceci implique notamment de maîtriser de façon indépendante l'ensemble des trois phases de mise en œuvre d'un système spatial (conception, lancement, utilisation). La connaissance de la situation spatiale permet ainsi d'anticiper les risques et les menaces pour protéger ses moyens spatiaux en toute autonomie. La France est une nation majeure du domaine spatial. Présente dans presque tous les secteurs, elle a affirmé ses ambitions par la rédaction de la stratégie spatiale de défense et la création du Commandement de l'Espace en septembre 2019.

L'autonomie stratégique de la France dans le domaine spatial est essentielle pour assurer la protection des moyens souverains de la France et leur crédibilité. L'objectif est de pouvoir se défendre face à une agression, sans mettre des armes d'attaque dans l'espace. De nombreuses techniques existent en dehors de la seule approche cinétique, comme le laser, le brouillage ou le déni d'accès. Et, plutôt que d'envisager un système complet conçu à partir des connaissances déjà acquises et besoins déjà identifiés, une approche incrémentale, qui permet la conjugaison de l'expérience connue et de l'évolution du besoin, semble la solution.

Enfin, la France a besoin d'entraînement dans le domaine spatial pour combler le manque d'expérience dans ce nouvel espace de conflictualités. Des exercices comme *AsterX*, seul exercice militaire spatial français et européen,

dont la deuxième édition s'est tenue en février 2022, sont, au-delà de la stricte préparation opérationnelle du personnel, également un laboratoire extraordinaire pour bien comprendre les besoins futurs, un atout indispensable à une approche incrémentale et mesurée de l'acquisition de nos systèmes et un outil majeur pour « promouvoir la compréhension commune des enjeux ».

Pour assurer son autonomie stratégique, la France doit aussi faire face à une catastrophe spatiale. C'est-à-dire lorsque les moyens français en orbite, segment sol ou outil de commandement et contrôle des opérations spatiales ont été détruits, volontairement ou non.

La France a affiché, dès 2019, une ambition dans sa stratégie spatiale de défense et les projets de coopération en Europe sont déjà nombreux : EU-*GOVSATCOM*, *Copernicus*, *Galileo*. La France souhaite jouer un rôle majeur dans l'ambition spatiale européenne et a prôné, dans le cadre de la Présidence française de l'Union européenne, la mise en œuvre d'une *Boussole stratégique*. Ce document, signé et adopté le 21 mars 2022, présente pour le spatial la voie à suivre pour progresser vers une stratégie diplomatico-militaire européenne spatiale. Aujourd'hui, le nouveau défi est celui du développement d'une constellation en orbite basse offrant une connectivité sécurisée à l'Europe. Pour lutter contre l'incidence du trafic et des débris spatiaux sur le déploiement d'autres satellites, l'UE pousse à l'adoption de nouvelles normes. Sur le plan politique, la France et l'Europe dénoncent la volonté de certains États de transformer l'espace en champs de conflictualité, mettant en avant le besoin d'une politique spatiale coopérative et cohérente

La course aux armements dans l'espace

L'espace, un outil militaire stratégique

Aujourd'hui, l'espace est devenu un outil technique stratégique indispensable à la stratégie militaire. Lors de la guerre du Vietnam, les satellites de météorologie et de communications ont servi aux commandements présents en Asie et à Washington. Les satellites de communications se sont aussi avérés très utiles lors de la guerre des Malouines. En 1986, pendant l'opération *El Dorado Canyon*, et en 1989, pendant l'opération *Juste Cause*, les satellites de renseignement image ont été utilisés pour la première fois dans le processus de conception d'opérations militaires. Ces opérations ont cependant impliqué seulement une partie des moyens spatiaux pendant une période relativement brève. Les combattants américains n'avaient pas encore utilisé la gamme complète des satellites civils, militaires et commerciaux comme ils allaient le faire pendant la guerre du Golfe.

En effet, depuis les années 1990, les moyens spatiaux jouent un rôle grandissant dans les opérations militaires, en particulier depuis la guerre du Golfe, où les États-Unis démontrent l'apport considérable d'outils spatiaux intégrés dans la planification des opérations. De nouvelles capacités techniques militaires se développent. La navigation satellitaire, l'imagerie, les télécommunications et les alertes antimissiles deviennent des outils indispensables à la stratégie militaire. Les opérations spatiales, en matière de soutien, de surveillance, d'appui aux opérations au sol ou dans l'espace, permettent une gestion de l'action à mener pour répondre à une menace définie. Ces innovations vont développer une dépendance au domaine spatial, illustrant le rôle incontournable de ces outils spatiaux dans les opérations militaires.

Dans l'espace, les États mettent en œuvre une double stratégie : se projeter dans un nouveau domaine et protéger les moyens qu'ils y déploient. La surveillance spatiale permet de se défendre contre les menaces récurrentes au sein de ce milieu. De plus en plus d'États assument officiellement cette posture : les États-Unis avec le *Space Act* de 2015, la Chine avec sa « route de la soie » spatiale pour 2050, mais aussi le Luxembourg, le Japon et l'Allemagne à travers leur programme spatial ambitieux.

La France a de son côté clairement identifié ces enjeux dans la *Stratégie spatiale de défense* (SSD) de 2019. La création du Commandement de l'Espace (CDE), anciennement commandement interarmées de l'Espace, en est une conséquence directe et a pour objectif la défense de ses intérêts stratégiques dans l'espace. Il est rattaché directement à l'Armée de l'air, qui devient ainsi, en septembre 2020, l'Armée de l'Air et de l'Espace (AAE). La création du CDE a eu pour cause la tentative du satellite russe *Loutch-Olymp* de capter les communications du satellite franco-italien *Athena-Fidus* en 2017. Le CDE doit appuyer la vocation plurielle de la SSD. Celle-ci s'étend aux dimensions organisationnelle, capacitaire, opérationnelle et diplomatique de la défense spatiale dans l'objectif de se doter d'un outil de combat spatial pour 2030 comprenant à la fois la surveillance et l'action dans l'espace.

Si la France considère nécessaire de développer l'autonomie spatiale européenne, elle perçoit comme tout aussi nécessaire d'assurer la souveraineté française pour les applications spatiales militaires. De cette manière, dès les années 1980, la France se dote de capacités satellitaires de télécommunication militaires avec le programme Syracuse et dès les années 1990 de capacités d'imagerie optique militaire avec le programme *Hélios*. C'est grâce aux images des satellites *Hélios-1* et *Hélios-2* que le président Jacques Chirac contredit les propos des États-Unis quant à l'acquisition d'armes nucléaires par l'Irak et en s'appuyant sur celles-ci, qu'il décide de ne pas engager les armées françaises aux côtés des troupes américaines en 2003. L'imagerie satellitaire est progressivement plus précise et de plus en plus utilisée dans le déroulé des opérations militaires. Ce sont désormais les satellites *CSO* (*Composante Spatiale Optique*), dont les deux premiers satellites ont été lancés en 2018 et en 2021 et qui sont opérés par l'AAE et la Direction du Renseignement Militaire (DRM), qui assurent le renseignement d'origine image (ROIM) pour les armées françaises.

Le CDE dispose également d'un laboratoire d'innovation spatial (LISA). Ce volet d'innovation porte par exemple le projet *EXOOPS DEFENSE* devant améliorer les capacités de simulation et d'analyse des manœuvres de satellites tiers.

L'armement dans l'espace

La conquête spatiale débutée au tournant des années 1960 ayant initialement eu une seule dimension militaire, il a dès lors été convenu par les États-Unis et l'U.R.S.S. d'encadrer législativement l'interdiction de mettre en orbite des armes nucléaires. Toutefois, l'interdiction d'attaquer les objets mis en orbite n'a quant à elle pas été prise en charge par des textes de loi internationaux contraignants. De ce fait, des armes anti-satellites (dites ASAT) sont développées par les deux blocs rivaux durant la guerre froide. Dès 1959, les États-Unis puis à partir de 1962, l'U.R.S.S, réalisent des essais de destruction depuis le sol de certains de leurs satellites respectifs. De tels essais sont de façon récurrente faits par ces deux puissances spatiales mais désormais aussi par la Chine : en 2007, cette dernière détruit par un missile un de ses satellites pour la première fois. Ainsi, ces capacités de destruction des objets en orbite constituent une menace majeure dans l'espace. Dans le même temps, elles pourraient être à l'origine de la création d'importantes quantités de débris spatiaux. C'est pour cette raison que les États-Unis annoncent en avril 2022 l'arrêt de leurs essais d'ASAT.

RESSOURCES AUDIOVISUELLES

Ministère des Armées - chaîne principale

Le Ministère des Armées dispose de plusieurs chaînes accessibles sur Youtube, sur lesquelles on trouve des documents d'archive et de reportage sur l'Espace, réalisés par des militaires. Plusieurs formats sont disponibles.

- **ECPAD**

De nombreux reportages des armées ont été effectués sur le domaine spatial et figurent aujourd'hui au catalogue numérique de l'ECPAD, l'agence d'images de la Défense.
Références disponibles sur le site : **https://imagesdefense.gouv.fr/**
Consultation sur place possible : **https://www.ecpad.fr/mediatheque/**

- **Web TV Air**

AsterX 2021, premier exercice sur l'espace en Europe, Épisode 34, avril 2021, WebTVAIR : **https://www.youtube.com/watch?v=JrM_5vmnz-Q**

AsterX 2022, 2ème exercice sur l'espace en Europe, Épisode 41, mars 2022, WebTVAIR : **https://www.youtube.com/watch?v=1-MtLZijANg**

- **Journal de la Défense**

Maîtriser l'espace, le nouveau défi des armées, Journal de la Défense, mai 2021 : **https://www.youtube.com/watch?v=t_TIG6aiCZ4**

Espace, le nouveau champ de bataille, Journal de la Défense, avril 2018 : **https://www.youtube.com/watch?v=u_LWHaUgIxk**

- **Point presse du Ministère des armées**

L'espace, un enjeu pour les armées, point de presse, novembre 2017 : **https://www.youtube.com/watch?v=LdriEXIwaeQ**

- **Chaîne de l'armée de l'Air et de l'Espace**

Lancement du satellite d'observation militaire CSO-2, mars 2021, AAE : **https://youtu.be/9X0vCA-R2kI**

Lancement du premier exercice spatial en Europe au CNES, à Toulouse, mars 2021,
AAE : **https://youtu.be/0It7zde4W9E**

Séminaire « Importance stratégique des vols spatiaux habités », mai 2021, École de l'air, AAE : **https://youtu.be/RxFIor1ZAa4**

Colloque : Éthique de la puissance aérienne et de la maîtrise du domaine spatial, 19 octobre 2019, AAE : **https://youtu.be/7ibgCvcbXg8**

Trois questions à Sophie Adenot, nouvelle astronaute de l'Agence spatiale européenne, janvier 2022, AAE : **https://www.youtube.com/watch?v=gsjdFB_Tttg**

Autres ressources audiovisuelles

- **ARTE**

L'espace, un nouveau champ de bataille, novembre 2022, ARTE: **L'espace, un nouveau champ de bataille - Regarder le documentaire complet | ARTE**

Des lanceurs très stratégiques, L'Europe dans l'espace, mars 2022, ARTE : **https://youtu.be/xW3CO3uZdhE**

L'espace a-t-il vocation à devenir un champ de bataille ?, novembre 2021 ,28 minutes, ARTE: **https://www.youtube.com/watch?v=k8VnjynV4Uo**

L'espace, nouvelle course mondiale ?, mars 2020, ARTE : **https://www.arte.tv/fr/videos/RC-019921/l-espace-nouvelle-course-mondiale/**

- **CNES**

Stratégie spatiale de défense : un modèle français?, avril 2022, CNES : **https://www.youtube.com/watch?v=_F0DgbnQyJM&list=PLHWdbfW26EsYg2-XfddqoCaZIVES01PiZ&index=7&ab_channel=CNES**

- **INA**

La guerre de l'espace, Journal de 20h du 16.08.1983 , INA : **https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/video/cab8301644801/la-guerre-de-l-espace**

Satellite français A1 Astérix, Journal du 20h du 15.09.1965, INA : **https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/video/caf97003337/satellite-francais-a1-asterix**

De Gaulle inaugure le Salon International de l'Aéronautique et de l'Espace, Journal Les Actualités Françaises du 30.05.1967, INA : **https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/video/afe86000934/de-gaulle-inaugure-le-salon-international-de-l-aeronautique-et-de-l-espace**

- **Presse**

5 questions sur « Aster X », le premier exercice militaire de la France dans l'espace, mars 2021, France Info : **https://www.youtube.com/watch?v=AxI5VP2JHQI**

Une guerre dans l'espace est-elle possible ?, mai 2022, Les échos : **https://www.youtube.com/watch?v=QZxj_809iNk**

- **Podcast**

Le Collimateur - Dans le viseur #21 : « Allô Toulouse, on a un problème »: Le capitaine Frédéric de l'armée de l'Air et de l'Espace raconte une manœuvre imprévue de satellite militaire, face à un danger de collision orbitale, janvier 2021, IRSEM : **https://www.irsem.fr/le-collimateur/dans-le-viseur-21-allo-toulouse-on-a-un-probleme-08-01-2021.html**

Les enjeux stratégiques de l'espace, avril 2022, Défense Zone : **https://youtu.be/2XeFsLFMuec**

Le Collimateur – « La guerre spatiale aura-t-elle lieu ? » décembre 2022, Béatrice Hainaut **https://www.irsem.fr/le-collimateur/la-guerre-spatiale-aura-t-elle-lieu.html**

LES RESSOURCES MUSÉALES ET PATRIMONIALES
EN LIEN AVEC L'ESPACE EXO-ATMOSPHÉRIQUE

L'Armée de l'Air et de l'Espace perpétue la mémoire de ses aviateurs dans de nombreux centres culturels. Mélangeant histoire et techniques, ils sont la vitrine de l'épopée française dans les airs mais également au-dessus de l'atmosphère terrestre. Le Musée de l'Air et de l'Espace, au Bourget, a d'ailleurs reçu l'appellation *Musée de France*. Ces lieux de souvenir font vivre nos territoires, de l'hexagone à l'outre-mer, et la mémoire de notre institution.

Ils permettent aussi de s'intéresser à la riche histoire spatiale française, aux premiers essais de vol, et aux opérations extérieures sur lesquelles l'armée de l'Air & de l'Espace est engagée.

- **Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget**

(https://www.museeairespace.fr/groupes/enseignants-et-classes/)

Créé en 1919, le musée est installé depuis 1975 sur l'ancien aérogare du Bourget. 125 000 m² qui permettent d'offrir au visiteur une douzaine de halls présentant l'histoire de l'aéronautique et de la conquête spatiale. Les collections permanentes du musée de l'Air et de l'Espace sont accessibles gratuitement toute l'année pour les moins de 26 ans et sont composées de 610 000 objets.

Info pratique : le musée dispose d'une offre spécialisée pour les enseignants de tous les niveaux.

Dans le Hall Grande Guerre, le musée revient sur le rôle de l'avion qui s'affirme comme une arme à part entière qui transforme profondément la guerre, modifiant les doctrines, l'organisation et la manière de mener les combats. Le hall Seconde Guerre mondiale, offre un panorama sur les avions de guerre de la Seconde Guerre mondiale, le célèbre *Supermarine Spitfire*, chasseur emblématique de la *Royal Air Force*, côtoie le *Douglas C-47A Skytrain* aussi connu sous le nom de *Dakota*.

Le Hall Concorde est consacré aux *Concorde F-BTSD Sierra Delta*, et *Concorde F-WTSS* Prototype qui a volé pour la première fois en 1969. Sur le tarmac du musée, deux maquettes grandeur nature des fusées *Ariane 1* et *Ariane 5* ont été construites par l'ESA, le CNES et la société *Arianespace* à l'occasion des salons du Bourget 1979 et 1995.

- **Musée virtuel de l'armée de l'Air et de l'Espace**

(https://matterport.com/discover/account/wvzn1bb3Fjm)

Tout le patrimoine des aviateurs français et les bases aériennes françaises sont disponibles en visite virtuelle, notamment la Base aérienne 701 Salon-de-Provence / École de l'Air et de l'Espace, l'École des pupilles de l'air 749 Grenoble-Montbonnot ou encore le musée virtuel du Groupe Central d'Intervention NEDEx 27.565 de la Base Aérienne de Villacoublay.

- **Musée de l'aviation de Saint Victoret**

(https://musee-aviation-saint-victoret.fr/)

Le Musée de l'Aviation de Saint-Victoret est un musée aéronautique regroupant des avions civils et militaires, des hélicoptères, une salle de projection, deux salles de technologies et une salle de maquettes, dont une de l'*International Space Station*. Créé en 2006, c'est un musée municipal qui regroupe des avions de lutte contre l'incendie, des hélicoptères et des avions de chasse. On y retrouve 15 avions, 18 hélicoptères et plus de 6500 maquettes d'aéronefs divers et variés.

- **Musée de l'Espace - Kourou, Guyane**

(https://centrespatialguyanais.cnes.fr/fr/)

Le musée de l'Espace présente l'histoire de l'exploration spatiale et plus particulièrement son implantation en Guyane. La visite des installations du Centre Spatial Guyanais vous emmène aux centres de contrôle, mais aussi sur les zones de lancement des fusées *Ariane 5* et *Vega*.

- **Cité de l'Espace - Toulouse**

(https://www.cite-espace.com/)

Site référent en Europe en matière de diffusion de la culture spatiale et astronomique auprès du grand public. Dans 4000 m² d'expositions permanentes et temporaires, 4 hectares de jardins scientifiques et plus de 250 éléments d'exposition, on peut découvrir une Pierre de Lune, de véritables modules de la Station Spatiale *MIR*, des répliques taille réelle de la Fusée *Ariane 5* et du robot lunaire chinois *Chang'E 4*. La Cité propose aussi deux planétariums, une coupole d'astronomie et beaucoup d'autres expériences.

L'exposition temporaire *« LUNE, ÉPISODE II »* propose aux visiteurs de revivre l'exploit de la mission Apollo 11 et les premiers pas de Neil Armstrong et Buzz Aldrin sur la Lune. Elle sensibilise également le public à l'environnement lunaire et aux projets actuels de retour sur la Lune et d'installation humaine durable sur notre satellite naturel.

RESSOURCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Sources primaires : doctrines et de stratégies institutionnelles

- Ministère des armées, Stratégie spatiale de défense, 2019.
- Déclaration de Mme Florence Parly, ministre des armées, sur la défense spatiale, à Toulouse le 7 septembre 2018.
- État major des armées, AsterX 22 : La guerre des étoiles sous l'œil du commandement de l'espace et de la DIRISI, 2022.
- Conseil de l'Union européenne, Boussole stratégique, 21 mars 2022.
- Conseil de l'Union européenne, Parlement européen, Programme spatial européen, 28 avril 2021.

Sources secondaires : Ouvrages et revues

Ouvrages

- Sous la direction de DE LESPINOIS Jérôme, La nouvelle histoire de l'armée de l'Air et de l'Espace, *Pierre de Taillac*, 2022[4].
- HEISBOURG François, PASCO Xavier, Espace militaire: L'Europe, souveraineté et coopération, 2011.
  Mouriaux, Pierre-François, Philippe Varnoteaux, Charles F.. Bolden, Jean-Jacques Dordain, Jean-Yves Le Gall, et Jacques-Emile Blamont. *Soixante histoires d'espace en France: 1961-2021.* Paris: Ginkgo éditeur, 2022.
- Pasco, Xavier. *Le nouvel âge spatial: de la Guerre froide au New Space.* Paris: CNRS éditions, 2017.
- PESQUET Thomas, La Terre entre nos mains, 2022
- Varnoteaux, Philippe. *La France à la conquête de l'espace: de Véronique à Ariane.* Collection Images d'histoire. Sceaux: Esprit du livre, 2007.
- Varnoteaux, Philippe. *L'aventure spatiale française: de 1945 à la naissance d'Ariane. Histoire des sciences.* Paris: Nouveau Monde éditions, 2015.

Revues

- CESA, « Les enjeux stratégiques de l'Espace », Les carnets du temps, Hors-série 2020.
- DE MAACK Marie-Madeleine, « Entre confrontation et coopération pour l'utilisation d'un terrain stratégique, l'espace extra-atmosphérique », Stratégique, 2013, n° 102, pp. 427-443.
- HAUDOS DE POSSESSE Thibault, « Le segment spatial dans la guerre navale », Revue Défense Nationale, n° HS4, 2021, pp. 86-98.
- La Géographie, « L'espace », n° 1584, 2022.
- LASBORDES Pierre, « L'espace, une réponse aux défis du XIXème siècle », Les cahiers de la revue défense nationale, 2011, pp.15-17.
- L'ENA Hors les murs, « Le Commandement de l'Espace et la montée en puissance du spatial de défense », Ordre et désordre internationaux, n° 504, 2021, pp. 43-45.

[4] Recension des encadrés relatifs à l'espace :
Encadré « Le bureau scientifique, tête chercheuse de l'armée de l'air après-guerre » (p.250)
Encadré « le colonel Robert Genty (1910-2001) – pionnier français de l'astronautique (p.270)
Encadré « La création du centre d'enseignement et de recherche de médecine aéronautique » (p. 308)
Encadré « La première base spatiale française : le centre d'essais d'engins spéciaux (CIEES) de Colomb Béchar » (p.308)
Encadré « L'armée de l'air à Kourou : de la conception à la protection du centre spatial guyanais » (p. 318)
Encadré « SAMRO (1977-1982) : premier programme militaire spatial de reconnaissance » (p.325)
Encadré « Les aviateurs et la passion du vol spatial habité », (p.353)
Chapitre 8 – De l'air à l'espace (p.369, p.371-373, p.381, pp.385-388, pp.392-393, p.397, pp.406-407, pp.412-414)

- PASCO Xavier, « Nouvelles formes de compétition dans l'espace », Revue Défense Nationale, vol. 851, n° 6, 2022, pp. 33-40.
- PENENT Guilhem, « La guerre spatiale n'aura pas lieu », Revue VORTEX, Vol. 1, 2021, pp. 91-101.
- Revue Défense Nationale, « Les opérations dans l'espace : un enjeu pour la défense », n° 835, octobre 2020.
- SOURBÈS-VERGER Isabelle, « L'espace, lieu particulier des rivalités politiques et technologiques », Revue Défense Nationale, vol. 851, n° 6, 2022, pp. 73-78.
- STEININGER Philippe, « L'espace et les opérations aériennes », Revue VORTEX, Vol. 1, 2021, pp.65-76.
- Stratégique, « Deuxième âge spatial : concurrence et complémentarité des acteurs stratégiques à l'ère du New Space », n° 126-127, 2021.
- TOURRET Vincent, « Les approches multidomaines »
- russe et chinoise : un même combat aérospatial ? », Revue VORTEX, Vol. 1, 2021, pp. 39-51.

POUR ALLER PLUS LOIN

(SITES DE FORMATION ET THÉMATIQUES DE L'ÉDUCATION NATIONALE) :

- DE FLORIS Anne, « L'avion spatial Hermès : paradoxe du vol habité européen », Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe, 2020.
- DOUMERC Vincent, « Les bases spatiales dans le monde : les interfaces Terre-espace », Géoconfluences, mars 2021.