

L'évaluation de la puissance spatiale Française



Awa CISSE

Nine D'HALLUIN

Edouard GOLDSMITH

Titouan LE MENES

Antoine LUCAS

Manon MARIA

Hugo PELLE

Tom SCHIMDT

Arthur SICARD

1 Table des matières

2	GLOSSAIRE	4
3	INTRODUCTION	5
4	LE CADRE DU DOMAINE STRATEGIQUE FRANÇAIS	7
4.1	LA PLACE DE LA FRANCE A L'INTERNATIONALE	7
4.2	LE ROLE STRATEGIQUE DE LA FRANCE DANS UN UNIVERS JURIDIQUE EVOLUTIF.	8
4.3	UNE FRANCE POSITIONNEE DANS UN GRAND NOMBRE DE PROGRAMMES INTERNATIONAUX	10
4.3.1	L'IMPLICATION DES ADMINISTRATIONS ET ENTREPRISES DANS LES PROGRAMMES DE L'ESA	10
4.3.2	LA PLACE FRANÇAISE DANS L'EXPLORATION INTERNATIONALE	11
4.4	LE NEW SPACE ET LES NOUVEAUX ACTEURS DU SPATIAL	12
4.4.1	LE NEW SPACE BOUSCULE LA STRATEGIE SPATIALE FRANÇAISE	12
4.4.2	LA PLACE DE LA FRANCE ET DES INVESTISSEMENTS DANS LE NEW SPACE.	13
5	UNE AUTONOMIE SPATIALE SOUS TENSION	14
5.1	UN TISSUE INDUSTRIEL TRES COMPLET	14
5.1.1	LANCEURS, LE NERF DE LA GUERRE	14
5.1.2	SATELLITES, DES YEUX DANS LE CIEL	15
5.2	UNE INDUSTRIE ET UNE RECHERCHE SPATIALE EN POINTE, SOUTENUE PAR UN FORT DYNAMISME UNIVERSITAIRE	15
5.3	UN FINANCEMENT DE L'INNOVATION SAUPOUDRE, FAUTE DE VRAIE STRATEGIE NATIONALE	17
6	UN DOMAINE CIVIL BIEN ETABLI ET UNE AMBITION MILITAIRE A DEVELOPPER	19
6.1	L'ESPACE AU SERVICE DU CIVIL	19
6.1.1	L'OPERATEUR DE SATELLITES EUTELSAT AU SERVICE DE LA FRANCE	19
6.1.2	LE PARTAGE DU SAVOIR-FAIRE FRANÇAIS A LA RESCOUSSE	20
6.1.3	L'INDEPENDANCE SPATIALE EUROPEENNE	21
6.2	LA TIMIDE AFFIRMATION D'UNE STRATEGIE DE DEFENSE SPATIALE	21
6.2.1	LA LENTE ELABORATION D'UNE REELLE STRATEGIE SPATIALE DE DEFENSE	21
6.2.2	DES ARMEES DEPENDANTES DE L'ESPACE	22
6.2.3	DE NOUVELLES PUISSANCE SPATIALES QUI ETOFFENT LEURS PROGRAMMES MILITAIRES	22
6.2.4	LA STRATEGIE FRANÇAISE DE DEFENSE SPATIALE : GAGE DE PUISSANCE OU TIMIDE AFFIRMATION ?	23
7	CONCLUSION	24
8	BIBLIOGRAPHIE	26

9.1	DIMENSIONS DU <i>NEW SPACE</i>	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
9.2	SOCIETE CONTRIBUTRICE AU LANCEMENT DE CHEOPS PAR NATION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
9.3	PLATEFORME LUNAR GATEWAY	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
9.4	PROGRAMMES SPATIAUX INTERNATIONAUX A DESTINATION DE MARS SUR LA PERIODE 2000 – 2020		30
9.5	COMPARAISON DES PRIX DE LANCEMENT FALCON 9 / ARIANE 5		31
9.6	START-UPS FRANÇAISES LAUREATES DU FOND STARFOUNDER		32
9.7	NOMBRE DE COMPAGNIES SPECIALISES DANS LE SPATIAL PAR PAYS		32
9.8	ÉCOLES ET UNIVERSITES SPATIALES EN FRANCE		33
9.9	REPARTITION FINANCIERE DU PIA ESPACE 2020	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
9.10	ÉVOLUTION 2010-2018 DU PIA ESPACE		33
9.11	LE PROGRAMME SYRACUSE		34
9.12	LES ATOUTS DU SYSTEME CSO	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
9.13	LES MENACES PLAUSIBLES DANS L'ESPACE		35

2 Glossaire

Airbus DS : Airbus Defence and Space, filial d'Airbus

ANR : Agence Nationale de la Recherche

ASC / CSA : Agence Spatiale Canadienne

ASE / ESA : Agence Spatiale Européenne

ASI : Agence Spatiale Italienne

CERS : Conseil Européen de Recherche Spatiale

CNES : Centre National d'Etudes Spatiales

CNSA : Administration Spatiale Nationale Chinoise

CSO : Composante Spatiale Optique

CDC : Caisse des dépôts et consignations

CDE : Commandement de l'Espace

CEMA : Chef d'Etat Major des Armées

CIE : Commandement Interarmées de l'Espace

CSU : Centres spatiaux universitaires

DLR : Centre Allemand pour l'Aéronautique et l'Astronautique

ISA : Agence Spatiale Iranienne

ISA : Agence Spatiale Israélienne

ISRO : Organisation Indienne pour la Recherche Spatiale

ITAR : International Traffic in Arms Regulations, lois d'extraterritorialisation états-uniennes

JANUS : Jeunes en Apprentissage pour la réalisation de nanosatellites au sein des universités et des écoles de l'enseignement supérieur

JAXA : Agence d'Exploration Aérospatiale Japonaise

NASA : Administration Nationale de l'Aéronautique et de l'Espace

PIA : Programme d'Investissement d'Avenir

ROEM : Renseignement optique électromagnétique

ROIM : enseignement d'origine image

ROSCOMOS : Entreprise d'État pour les Activités Spatiales

SNPE : Société Nationale des Poudres et des Explosifs, filiale de Nexter depuis 2013

UAESA : Agence Spatiale Émiratie

UKSA : Agence Spatiale du Royaume-Uni

3 Introduction

L'espace, à la fois ultime frontière et nouveau front de la compétition entre les grandes puissances mondiales.

La France a très vite compris l'importance d'avoir une présence forte dans ce domaine. Aidée de savants allemands ayant travaillé au développement du V2, elle développe la fusée Véronique au laboratoire de Vernon. Le premier lancement réussi de cet engin rudimentaire, sans guidage et aux performances bien inférieures à son ancêtre le V2 a lieu en 1952. Version après version, Véronique a permis de réaliser plusieurs expériences scientifiques importantes et même de mener à certaines découvertes majeures. Cette fusée a justifié la nécessité d'un programme spatial auprès du peuple français.

Tout s'accélère en 1958 sous l'impulsion du Général de Gaulle. En pleine guerre d'Algérie, et affaiblie par la perte de certaines colonies africaines, ce dernier voulait prouver au monde que la France restait une grande puissance mondiale. C'est à cette époque que sont créées les infrastructures posant les bases des ambitions spatiales françaises. Ces efforts culminent avec la fusée civile Diamant, dérivée du programme militaire Pierre Précieuse, ayant abouti au lancement du premier satellite artificiel, Astérix 1. La France devient ainsi le 3ème pays à mettre un satellite en orbite après les États-Unis et l'Union soviétique.

En 1968, Kourou devient le nouveau lieu de lancement, avec la création du Centre Spatial Guyanais, succédant à la base d'Hamaguir. Cette base est encore aujourd'hui la pierre angulaire de la stratégie spatiale française, mais aussi européenne. En effet, dans les années 70, après des débuts difficiles, nous assistons à l'avènement de la coopération européenne. Le projet Symphonie, un réseau de télécommunication franco-allemand, sera le véritable point de départ du programme spatial européen. Dans l'incapacité de lancer leurs satellites, l'Europe se tourne vers les Américains. Ces derniers refusent de déployer un satellite à usage commercial pour garder un monopole sur les communications spatiales internationales. Après d'âpres négociations, les États-Unis finissent par accepter, en incluant une clause de non-concurrence avec Intelsat, la société privée de télécom spatiale détenue à 60% par le gouvernement américain. La situation n'est pas tenable et l'Europe a besoin de son indépendance, et donc d'un lanceur capable d'envoyer des satellites en orbite. Sous l'impulsion de la France, les pays européens s'engagent à financer le programme Ariane. Le lancement d'Ariane 1, le 24 décembre 1979, marque véritablement le début du programme spatial européen.

On pourrait donc s'interroger quant à la place de la stratégie de puissance française dans le domaine spatial face au déclassement des acteurs historiques.

Pour cela, il convient de définir ce qu'est une puissance spatiale. Celle-ci s'applique lorsqu'un Etat ou un groupe d'Etat a la capacité de positionner des satellites en orbite et qu'il est autonome dans la

conduite de ses activités spatiales. Toutefois, cette définition est remise en cause par l'émergence du New Space. Il désigne l'arrivée de sociétés privées répondant aux mêmes exigences de puissances.

L'exploration et l'exploitation de l'espace a traditionnellement été la chasse gardée des agences spatiales nationales et internationales, telles le CNES, la NASA, ROSCOSMOS, l'ESA, ou encore la JAXA, tant la course à l'espace était importante entre les grandes puissances.

Pour tenter de comprendre comment la France, à la fois seule et au sein de ses coopérations internationales, va essayer de rester une puissance majeure face à ces nouveaux acteurs, nous exposerons en premier lieu l'environnement stratégique du domaine spatial Français. Nous expliquerons ensuite en quoi la France possède un écosystème spatial puissant mais sous tension. Enfin nous présenterons les atouts d'un domaine spatial civil bien établi même si nos ambitions militaires restent à développer.

4 Le cadre du domaine stratégique français

4.1 La place de la France à l'internationale

La France s'est imposée comme une puissance spatiale pour donner suite aux premiers lancements de la fusée Véronique depuis le Sahara au début des années 1950. Positionnement qui s'est renforcé par le succès de la version Véronique AGI lancée dans l'espace en 1959 et la création par le Général de Gaulle d'organisations dédiées au programme spatial français, dont le CNES en 1961. Dans un contexte de course à l'espace entre les États-Unis et l'URSS, le gouvernement Debré voulait s'assurer que la France – mais aussi l'Europe – se place stratégiquement dans la « conquête de l'espace ». Cette stratégie, et les nombreux exploits technologiques qui ont suivi, ont permis à la France de devenir officiellement la 3ème puissance mondiale et ainsi garder son autonomie. Aujourd'hui, le CNES présente différents types de coopérations - des coopérations européennes dans le cadre de l'agence spatiale européenne (ESA) et des coopérations " historiques et structurantes avec les grands acteurs spatiaux hors Europe ". Cependant, le positionnement de la France fut fragilisé au cours des années 2005-2015 par l'arrivée de SpaceX, société créée par Elon Musk en 2002 et soutenue par la NASA, l'agence spatiale historique Américaine.

L'arrivée de nouveaux acteurs combinée à la relance d'une guerre froide spatiale avec la Chine et la Russie a bousculé l'industrie spatiale. La révolution du New Space se caractérise en partie par l'augmentation des investissements privés et la création de nombreuses startups, ayant pour conséquence directe de rendre l'industrie spatiale moins dépendante des États, en baissant de façon considérable les coûts de production (miniaturisation des satellites par exemple). De véritables infrastructures en sont nées, permettant d'accéder à de nouvelles données. Cette numérisation de l'industrie spatiale, menée par les États-Unis, s'est traduite par une forte mondialisation. Ces derniers, à travers la NASA, ne cessent de vouloir démontrer leur puissance, face à l'intérêt croissant de nouveaux États. En effet, les États-Unis ont pour objectif de retourner sur la Lune à travers le programme Artémis, au sein duquel la France joue un rôle important, en développant le modèle Orion, et ce malgré son absence de programme lunaire. En plus d'illustrer l'efficacité d'une puissance spatiale, aller sur la lune présente de nombreux atouts stratégiques. Cet astre est en effet un observatoire puissant qui détient de nombreux minerais intéressants, notamment pour la fusion nucléaire. Il représente donc un fantastique laboratoire technologique et la France aurait tout intérêt à avoir une stratégie lunaire plutôt que d'en être un sous-traitant.

L'avance technologique des États-Unis et cette révolution ont fragilisé le positionnement de la France dans l'industrie spatiale. En réponse, la CNES et l'ESA ont travaillé main dans la main afin de tenter d'acquiescer un statut comparable à celui de la NASA. La France dispose de fonds nationaux importants, de la première armée européenne et de grands groupes de défense qui investissent beaucoup dans l'industrie spatiale. Néanmoins, aujourd'hui, nous parlons de puissance européenne spatiale plutôt que de puissance spatiale française. L'Europe est un biais stratégique pour lancer de nouvelles

initiatives. Cependant, l'Allemagne, deuxième contributeur après la France au sein de l'ESA, a choisi de suivre une autre stratégie après l'émergence du New Space. En effet, l'Allemagne a commencé à développer des projets nationaux. De nouvelles sociétés allemandes tel qu'OBH, une entreprise de satellites, ou ISAR Aerospace, qui a pour objectif final de développer des lanceurs, ont été créées pour développer l'industrie spatiale allemande. Ceci illustre le désir allemand de se détacher de l'emprise que la France a sur l'ensemble de l'industrie spatiale européenne. Le rôle de la France dans la direction du projet Ariane y a également participé. En effet, alors que la gestion du projet était coordonnée par l'ESA, le CNES en assurait la direction, laissant seulement un rôle honorifique aux pays membres. Le CNES et l'ESA, parfaitement conscients de l'importance de l'apport financier et stratégique que représente l'Allemagne, sont en train de rééquilibrer leur organisation. A titre d'exemple, la production des moteurs Vinci pour Ariane 6 a été transféré de Vernon en France vers Brême en Allemagne. Ce projet a été contesté chez Ariane mais reste nécessaire pour les Allemands qui exigeaient un rôle plus important depuis longtemps, Brême et Munich représentant historiquement des pendants de la concentration française du secteur spatial Européen. Secteur qui gravite encore aujourd'hui autour de Toulouse (capitale des satellites) et de Paris (capitale des lanceurs).

4.2 Le rôle stratégique de la France dans un univers juridique évolutif.

Vient ensuite la question purement juridique, dans le contexte actuel où le droit est utilisé comme une arme. Nous remarquons et nous le verrons un peu plus tard, la nécessité de reprendre le rôle que nous avons occupé et que nous occupons timidement aujourd'hui. Ce rôle pour lequel nous sommes entendus depuis des années et auquel nos principes fondamentaux sont appliqués dans de nombreux pays occidentaux. L'importance de placer la France au centre du droit spatial relève du plan stratégique car il s'agit d'une course poussée par la prédation des États. En effet la pauvreté du droit spatial est une mine d'or pour établir un plan stratégique et se placer, voir placer ses intérêts sur la scène internationale, mais pas que, son idéologie avec. La France ne doit pas oublier son rôle de référent qu'elle exerce par son rayonnement et comme le souligne le Général De Gaulle *“La France n'est réellement elle-même qu'au premier rang [...] Notre pays, tel qu'il est, parmi les autres, tels qu'ils sont, doit, sous peine de danger mortel, viser haut et se tenir droit.”*

Bien que la France fût précurseur en la matière, par la Loi n°2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales, nous ne pouvons-nous arrêter à celle-ci, même si elle constitue un bon point de départ. Le contexte juridique est évolutif et doit être adaptatif. Le CNES joue un rôle primordial dans la construction d'une politique spatiale nationale et nécessite un important suivi.

Le CNES maintient le positionnement de la France auprès de l'Agence Spatiale Européenne. Par conséquent, il doit maintenir sa souveraineté et son rayonnement tout en facilitant les coopérations. Le tout, afin de limiter de forte volonté concurrentielle comme nous l'avons vu en amont.

De fait, la construction géopolitique et les réalités internationales soulignent l'importance de la taille. La France est une Puissance d'Alliance. Elle a tout intérêt pour maximiser son influence à maintenir,

comme elle le fait déjà, sa place de leader spatial dans le cadre collectif de l'Europe. Ainsi, par la coopération, limiter la volonté de sécession et de voir apparaître parmi ses voisins des concurrents, bien que, comme nous l'avons vu, l'Allemagne tend à modifier l'équilibre actuel.

Nonobstant l'Etat de droit et la valeur que celui-ci renferme, les puissances hégémoniques tendent peu à peu à appliquer le principe de la raison d'Etat. Un questionnement peut alors se poser si la *realpolitik* s'expose également dans l'Espace et si la légèreté du traité de 1967 relatif à ce dernier suffit à surmonter le pragmatisme des États. C'est une question à laquelle il est difficile de répondre mais pour laquelle la coopération internationale prend sens afin de limiter le monopole d'une puissance.

Bien que la coopération soit altérée par l'extraterritorialité du droit (ITAR), le transfert des technologies et de connaissance, et l'émergence de nouveaux acteurs privés sur le marché spatial, le CNES est soucieux de ses éléments et maintient une forte communication avec l'Etat. Ce marché est soumis à une évolution constante et à une délégation des agences spatiales aux entreprises privées. Ces dernières sont rattachées à la juridiction de leur pays.

Une juridiction, qui dans une optique d'asservissement, dépasse les frontières. Le cas d'ITAR est significatif, auquel cas il limite la France dans les coopérations notamment avec la Chine, s'illustrant avec l'envoi du satellite TurkmenAlem52E/MonacoSAT. Cette extraterritorialité pose un réel problème d'autonomie et remet sur table la question du Buy European Act. Qui pourrait trouver tout intérêt dans une optique moyen terme au profit de la coopération des Etats Européens.

Le marché de l'Espace comme nous l'avons vu, a connu une mutation par la délégation des agences aux entreprises privées. Ici, se trouve un point important dans la compétitivité. Nous retrouvons une volonté de se positionner parmi les premiers sur les nouvelles branches du marché. Il est important de protéger toutes entreprises françaises qui se placeraient sur un axe stratégique, notamment par la protection des brevets et leurs utilisations à des fins défensives voir offensives. L'évolution des marchés soulignent une sous-traitance des missions des agences aux entreprises privées. Cette logique rend progressivement obsolète le traité de l'Espace. Les questions telles que " Quid de la gestion du trafic spatial ? ", " Quid des ports spatiaux publics et privés ?" sont actuellement prises en compte par les agences et les entreprises privées mais semblent oubliées ou peu pris en considération par les Etats.

La pauvreté du droit spatial souligne la nécessité d'occuper une place stratégique dans la création de ces normes. Quant au marché spatial, il recouvre la nécessité de poursuivre la protection de nos entreprises afin de maintenir notre souveraineté et notre puissance. Dans un environnement aussi brumeux et complexe, comme le rappelait Victor Hugo " *Tenter, braver, persister, persévérer, être fidèle à soi-même, prendre corps à corps le destin, étonner la catastrophe par le peu de peur qu'elle nous fait, tantôt affronter la puissance injuste, tantôt insulter la victoire ivre, tenir bon, tenir tête ; voilà l'exemple dont les peuples ont besoin, et la lumière qui les électrise.* "

4.3 Une France positionnée dans un grand nombre de programmes internationaux

4.3.1 *L'implication des administrations et entreprises dans les programmes de l'ESA*

- Programme Horizon 2000 +

Le programme Horizon 2000 + correspond à l'ajout, entre 1995 et 2001, de 5 nouvelles missions au programme Horizon 2000, qui en comptait déjà 12. Cette extension a permis de continuer à mettre en avant les entreprises et administrations françaises dans le secteur spatial européen.

En effet, ces dernières sont présentées dans le processus de fabrication de chacune des missions du programme. Ainsi, lorsque advient le lancement de la première mission "Mars Express", en 2003, 2 des 7 composants scientifiques sont confectionnés par l'Institut d'astrophysique spatiale d'Orsay et par le CNRS. Le lancement suivant, en 2013, du satellite Gaia est porté par Airbus Defence and Space. C'est même l'une de ses filiales, qui sera porteuse du projet LISA Pathfinder, lancé en 2015.

La mission BepiColombo, lancé en 2018 et porté par l'ESA et la JAXA, ayant pour objet l'étude de Mercure, a vu ses deux orbiteurs conçus par les branches allemande et française d'Airbus DS, par Thales Alenia Space et par Nippon Denki, chacune de ces entreprises confectionnant l'un des trois modules. Par ailleurs, il faut aussi notifier la présence des administrations françaises dans l'apport scientifiques, bien qu'il soit moindre, avec un seul des 11 instruments scientifiques de l'un des orbiteurs fourni (en coopération avec l'IKI) par LATMOS (Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales).

- Programme Cosmic Vision

Le Programme Cosmic Vision s'inscrit dans la droite lignée des programmes Horizon 2000 et Horizon 2000 +. Il est le programme qui fait foi pour la décennie 2015 – 2025 et est composé de 10 missions.

La mission CHEOPS correspond au lancement, en décembre 2019, d'un nouveau satellite permettant l'identification de nouvelles exoplanètes. Onze pays sont membres, dont la France, avec les administrations suivantes : le laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM), l'Institut d'Astrophysique de Paris, l'Institut d'Astrophysique & de Planétologie de Grenoble, l'Institut de Physique du Globe et l'Observatoire de Paris. Par ailleurs, il est aussi à noter l'importance prise par les entreprises françaises dans le développement de ce satellite et notamment de SAFT, d'Airbus DS et de Sodern.

En 2015, Airbus est choisi pour être l'industriel principal sur la mission JUICE, qui s'élancerait en juin 2022, en direction de satellites de Jupiter. Si l'assemblage est réalisé dans des ateliers à Francfort, les installations du CERN sont utilisées pour tester les équipements.

La France participe activement au projet Euclid, qui sera lancé dans l'année 2022. La construction du télescope spatial a lieu dans les ateliers toulousain d'Airbus, auquel participe la filiale italienne de Thales et le consortium Euclid, mené par les laboratoires de science spatiale de Mullard et d'astrophysique de Marseille.

Les programmes PLATO (lancement en 2026), ARIEL (lancement vers 2028), ATHENA (lancement en 2031), LISA (lancement en 2032) et EnVision (lancement à partir de la décennie 2030) en sont encore à une phase d'appels d'offres de la part des entreprises et institutions.

Ainsi, l'on peut voir à travers ces programmes spatiaux que la présence française est constante, dans la mesure où elle apparaît dans chacune des missions, à minima par la base de lancement de Kourou, il ne faut pas négliger le fait qu'elle est irrégulière voire parfois moindre.

4.3.2 La place française dans l'exploration internationale

- Un programme complet autour de l'exploration lunaire

En 2018, la NASA annonce le projet d'un retour sur la Lune, qui serait la première étape vers l'exploration humaine de Mars. Ce programme "Moon to Mars" s'inscrit dans un plus vaste projet emmené avec ses partenaires européen, canadien et japonais, celui d'une plateforme spatiale autour de la Lune et d'une base terrestre lunaire.

Cette plateforme, portée par la NASA et appelée Lunar Gateway, devrait commencer à voir le jour d'ici 2024 (année souhaitée pour un retour sur la Lune), et doit servir de passerelle vers des vols habités dans l'espace cislunaire et de soutien à l'exploration de la Lune, dès 2026. Cette plateforme serait composée de 9 modules, dont 3 seront construits par des entreprises états-uniennes, 3 par des entreprises européennes et 3 encore non attribuées. La part de la France est importante dans la mesure où les entreprises françaises sont impliquées dans 2 des 3 modules (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

- Le module ESPRIT (module de télécommunication, de ravitaillement et d'atterrisseurs lunaires) développé par Airbus et Thales Alenia Space ;
- Le module I-HAB (module d'habitation) sera, lui aussi, produit par Airbus et Thales Alenia Space et devrait être lancé en 2023.

De plus, il est aussi à noter qu'Airbus a remporté le contrat autour de la construction du module de service de la navette spatiale Orion, qui fera les déplacements entre la station et la Terre, pour un coût total de 450 millions d'euros.

Par ailleurs, l'ESA est porteuse de projet lunaire, dans l'environnement internationale. Dans ce cadre, elle a passé un partenariat avec Ariane Group, afin qu'elle étudie la possibilité de se rendre sur place avant 2025. Dans le même temps, l'ESA a lancé deux projets majeurs : "Moonlight" et "Village Lunaire".

Le projet devant aboutir le plus urgemment est "Moonlight". Celui-ci doit connecter la Lune à la Terre par un réseau de satellites gravitant autour de notre satellite naturel. Ainsi, deux consortiums ont été choisis afin de répondre aux appels à projets :

- Le premier est emmené par Surrey Satellite Technology Ltd, une filiale du Groupe EADS, dans lequel est inclus Airbus ;
- Le second est dirigé par Telespazio, détenue à 33 % par Thales, dans lequel apparaît Thales Alenia Space (joint-venture entre Thales – 67 % - et Leonardo – 33%).

L'idée d'un "Village Lunaire" est évoqué dès 2013 par Jans Wörner, le directeur général de l'ESA, et est fixé à l'horizon 2030. Il sera construit à partir d'habitacles gonflables, recouverts par des matériaux lunaires fabriqués à l'aide de l'impression 3D. Si l'impression 3D est encore en cours de développement, une start-up française : Interstellar Lab se positionne sur le marché de l'habitacle.

- Objectif Mars ?

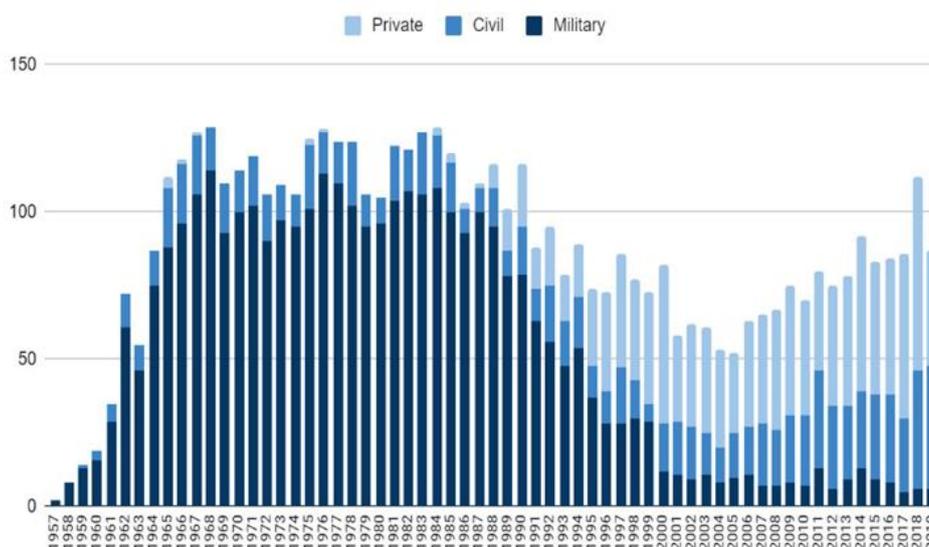
Si la Lune a passionné les penseurs, il en est de même pour la planète rouge, Mars. Notre "jumelle" a été l'objet de nombre de romans ou de films se déroulant à sa surface, évoquant la présence d'une civilisation martienne identique à la nôtre ou qui nous serait hostile, d'une planète aride pouvant devenir le refuge de l'Humanité à une planète regorgeant de vie dans le passé. Après avoir posé un pied sur la Lune, l'Homme s'est mis à rêver de poser le pied sur Mars.

Alors que les projets de conquête de l'espace autour de notre satellite naturelle vont bon train, il en est de même pour cette planète. Les projets sont foison, entre exploration humaine, base terrestre ou plus simplement exploration à l'aide de sonde. Ainsi, l'ESA est impliquée dans certains de ces programmes. Sur la période 2000 - 2020, elle est impliquée dans 4 des 14 programmes menés autour de Mars (cf. 9.1).

Toutefois, il ne faut pas occulter le fait que l'Agence Spatiale Européenne pourrait prendre du retard face à ses concurrents directs, notamment les nouveaux acteurs du New Space. Ainsi, l'entreprise états-unienne SpaceX, souhaite effectuer son premier vol habité en direction de Mars dès 2024. Il s'agit du projet "Interplanetary Transport System" souhaitant la coloniser, en recyclant le dioxyde de carbone issu de son atmosphère.

4.4 Le New Space et les nouveaux acteurs du spatial

4.4.1 Le New Space bouscule la stratégie spatiale française



Si l'industrie spatiale a surtout été un domaine réservé aux États et aux sociétés qui leurs sont affiliées, la domination des acteurs publics et militaires a commencé à s'éroder avec l'arrivée du New Space. On voit clairement l'inversion des tendances, la France, avec Arianespace en 1980, est l'un des premiers États à voir un acteur privé se positionner dans le spatial et à en faire un usage commercial. Les années 2000 ont vu l'explosion du nombre d'acteurs privés qui s'intéressent au secteur spatial et ses possibilités commerciales, allant du tourisme spatial (SpaceX (US), Zephalto (Fr)), au développement de service en orbite comme la navigation spatiale, cartographie des déchets spatiaux et systèmes embarqués (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cet apport de nouveaux acteurs peut être perçu comme une force disruptive dans le domaine spatial comme SpaceX qui concurrence Ariane avec ses nouveaux lanceurs (cf. 9.2). Mais la France, lors de la création de son programme spatial, a su faire beaucoup avec peu, et faire preuve d'une grande adaptabilité. Il est donc certain que les nouveaux acteurs privés, start-up et PME françaises seront moteurs d'innovation de ruptures et de baisses des coûts dans le domaine spatial.

4.4.2 La place de la France et des investissements dans le New Space.

Il convient de rappeler que les investissements dans le spatial restent majoritairement publics. En 2018, 230 millions d'euros ont été investis par des fonds privés dans le spatial contre 9 milliards d'euros financés par des fonds publics en Europe. On retrouve ce même schéma aux États-Unis où les fonds privés représentent moins de 10% des investissements faits dans le spatial (Naja, 2019). L'apparition en masse de start-up tournées vers l'espace est une opportunité pour la France de montrer et développer son savoir-faire. En effet, si l'on compare le nombre d'entreprises travaillant dans le secteur spatial, la France est classée dans le top 10 mondial. Au niveau européen elle est troisième (Deep Knowledge Groups, 2021). Pourtant, la France reste compétitive. A titre d'exemple, une levée de fonds franco-allemande nommée "SpaceFounders" a désigné 10 start-ups lauréates, dont 5 françaises, 3 allemandes, 1 espagnole et 1 lituanienne (Spacefounders, s.d., cf.9.3), démontrant la qualité des start-ups françaises. L'implication de la France par le biais du CNES et la coopération avec des entreprises comme Safran, Airbus ou ArianeGroup ou l'ESA démontrent la volonté de supporter les start-ups émergentes et les innovations qu'elles apportent. Cependant, la France souffre d'un manque de fonds. Effectivement, si des financements publics sont mis à la disposition des entreprises, et des levées de fonds organisées par le CNES et l'ESA (ex : BLAST, SpaceFounder), les investisseurs privés français restent frileux. Si l'on compare au monde anglo-saxon, l'investissement est d'environ 230 millions d'euros depuis 2018 contre 4 milliards d'euro, soit 17 fois plus (Le Gall, 2019). Cette disparité permet d'expliquer le fort écart entre le nombre d'entreprises aérospatiales françaises, 269, et le nombre d'entreprises aérospatiales américaines et anglaises, 5582 (É-U) et 615 (R-U) (Deep Knowledge Groups, 2021), cf 9.4.

Les enjeux et opportunités du New Space ont été bien saisis par la France. Elle est un acteur de premier plan dans le domaine spatial. L'émergence de nouveaux marchés et le boom des start-ups a été supporté stratégiquement par les grands groupes à la demande du CNES. Si la France a une grande faiblesse c'est bien le manque de capitaux et d'investisseurs. Cela pourrait, sur le long terme, accentuer son écart avec les États-Unis et permettre à des pays tels que la Chine et l'Inde de l'éclipser grâce à leur puissance économique. Il faut cependant relativiser, si elles sont motrices d'innovation,

les start-ups ne représentent que 5% des emplois industriels (Le Gall, 2019). La France reste un leader dans le spatial grâce à son tissu industrielle puissant, de premier plan, et des centres de recherches reconnus internationalement.

5 Une autonomie spatiale sous tension

5.1 Un tissu industriel très complet

5.1.1 Lanceurs, le nerf de la guerre

Après avoir su s'imposer en tant que nation sur la scène internationale, la France a su s'inscrire au travers de ses institutions, engagements et entreprises, comme un acteur incontournable dans le monde. En 2021, 35 lanceurs sont encore exploités à travers le monde, deux d'entre eux sont européens et conçus par une coentreprise française (ArianeGroup) en total synergie avec l'ESA. Si l'on ajoute à cela le fait que la France fait partie des 8 nations hébergeant et exploitant leurs propres bases de lancement pour lanceur léger ou supérieur. Il n'y a donc pas à douter sur le fait que la France soit une véritable puissance mondiale.

Malgré ces faits, il faut savoir les nuancer. Bien que le pays, via son investissement dans l'ESA, soit autonome, l'équilibre reste fragile. Le programme de lanceurs ne tient que par sa vocation commerciale. Sans cela, les états membres seraient incapables d'assurer le développement et le maintien opérationnel d'une telle capacité stratégique.

Bien souvent, on résume une fusée au lanceur. Ce serait une erreur. Propulsion, avionique, carburant, structure ou calculateur, sont tout autant d'éléments complexes que peu d'entreprises dans le monde savent réaliser. Nous avons la chance en France d'avoir un tissu industriel extrêmement développé après le succès des programmes historique Pierre précieuse, Diamant ou L-III-S, qui a donné lieu à Ariane, et le géant du spatial du même nom.

Le maintien des compétences dans des secteurs comme les carburants est primordiale pour l'autonomie et l'indépendance française et européenne vis-à-vis des autres nations. SNPE, filiale de Nexter, assure l'approvisionnement d'Ariane et d'autres lanceurs en carburant solide notamment.

De plus, assurer l'expertise et la pertinence de groupes français ou européens dans un maximum de secteur permet de limiter l'impact des lois extraterritoriales tel que ITAR. Ces mêmes lois sont aussi une opportunité pour des entreprises comme Ariane, puisque cette loi élimine de facto certains concurrents (chinois notamment), dans le marché des lancements commerciaux. Avec 226 vols depuis 2000 (116 vols Ariane 4 et 110 vols Ariane 5), le lanceur se charge de près de la moitié des lancements nécessitant un lanceur lourd. Malgré un tarif élevé et des délais de lancement parfois très long, Ariane reste un des lanceurs les plus fiables au monde, avec 63 lancements consécutifs sans échec. Vega, le lanceur léger européen, en est quant à lui à son vingtième lancement. Même s'il cumule déjà 2 échecs, cela reste un lanceur en développement malgré que sa commercialisation ait

déjà débuté. En se plaçant sur ce secteur, l'ESA réduit sa dépendance aux lanceurs étrangers (et notamment russe) tout en essayant de capter des nouvelles parts de marché qui viendront soutenir l'effort des Etats.

5.1.2 Satellites, des yeux dans le ciel

Encore une fois, la France possède toutes les compétences localement pour imaginer, construire et intégrer un satellite. Grâce à Thales et Airbus nous sommes capables de mener à bien des projets allant du satellite de télécommunication au satellite scientifique ou de renseignement. En est pour preuve CERES, constellation de 3 satellites d'écoute électronique à usage militaire. La France est la 4^{ème} nation au monde à se doter d'une telle capacité d'écoute.

Au-delà de la capacité à produire et mettre en orbite des satellites destinés à des usages divers, la France est un partenaire de choix sur la scène internationale quant à la réalisation de satellites. Que ce soit pour la fourniture d'équipements spécifiques ou de haute qualité, le réseau de PME français a su répondre à la demande mondiale et se rendre incontournable. A titre d'exemple, Sodern, PME française aujourd'hui filiale d'ArianeGroup, est un acteur incontournable des viseurs d'étoiles (en plus des satellites, ils équipent les missiles nucléaires M51) ou des systèmes neutroniques qui permettent l'assemblage de l'horloge atomique PHARAO. Bien que l'entreprise française reste capable de fournir une multitude d'éléments aussi complexes que variés, il reste difficile de réaliser un satellite de pointe sans le support d'entreprises ou puissances étrangères. Ceci peut s'avérer déterminant dans l'obtention de certains contrats, car comme nous l'avons vu, les lois extraterritoriales peuvent rapidement venir entraver l'innovation ou la coopération internationale. Eutelsat, en accomplissant "l'exploit", entant qu'entreprise européenne, de construire des satellites de télécommunication "ITAR free", s'ouvre un marché et envoie un signal fort outre-Atlantique en montrant que leur soutien n'est pas indispensable pour fournir un système performant.

5.2 Une industrie et une recherche spatiale en pointe, soutenue par un fort dynamisme universitaire

Le savoir-faire industriel français s'appuie sur une science spatiale ancienne et qualitative, laquelle peut être considérée comme la deuxième mondiale, illustrée notamment par sa contribution phare aux missions martiennes Curiosity ou InSight, par la réalisation des principaux instruments de mesure (Ecole des Mines / Annales, 2019). Les entreprises françaises ont su se fédérer pour créer l' "Alliance NewSpace France" en mai 2021, à des fins d'innovation collaborative nationale. (Portail de l'IE, 2021)

En effet, parmi les points clés du bassin industriel français, nous devons souligner le poids de l'Aerospace Valley, basée dans le Sud-Ouest, concentrant 146 000 emplois industriels, dont 8500 chercheurs et 2 des 3 grandes écoles d'ingénieur du secteur spatial français. L'Aerospace Valley fait partie du trio de tête mondial, parmi les pôles de compétitivité dans la performance de ses projets coopératifs de Recherche et Technologie. Elle est composée de 807 membres, incluant entreprises, laboratoires de recherche, établissements de formation, universités et Grandes Écoles (2 des 3

françaises du secteur), collectivités et structures de développement économique. (Entreprises de l'innovation / gouvernement français, 2021)

De plus, le secteur manufacturier spatial français est florissant : il a réalisé en 2017 un chiffre d'affaires consolidé de 4,6 milliards d'euros (+13% en deux ans), avec près de 16 000 emplois directs (+20% en deux ans), hautement qualifiés et non délocalisables. La figure ci-dessous représente une première période difficile entre 2000 et 2003 du spatial français, suivie d'une progression constante depuis 15 ans de l'emploi direct et du chiffre d'affaires de la filière spatiale française. Au sein du spatial européen, la France réalise actuellement plus de la moitié des ventes industrielles et 40% de l'emploi, faisant d'elle le poids lourd européen de l'industrie spatiale. (Ecole des Mines / Annales, 2019)

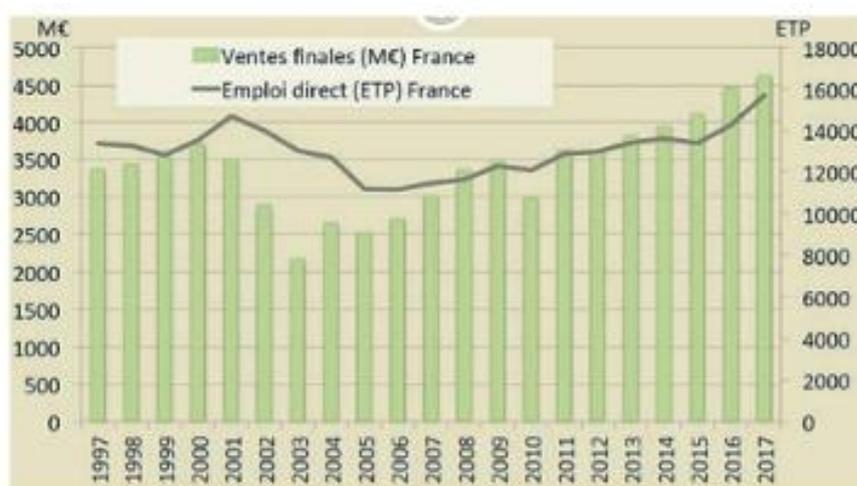


Figure 2 : Évolution des ventes finales (ou du chiffre d'affaires consolidé) et des emplois de l'industrie manufacturière spatiale française (Source : Eurospace).

Enfin, la France a connu une forte structuration ces dernières années de l'université spatiale (cf. 9.5), notamment matérialisée par la création de CSU (Centres spatiaux universitaires). Né d'une initiative étudiante en 2006, le monde universitaire s'est progressivement associé aux chercheurs et ingénieurs français afin de fabriquer des « *cubesat* » (nanosatellites entre 1 et 20 kg) ayant la vertu d'être à la fois des plateformes de formation, de recherche et d'ingénierie du satellite, pouvant embarquer des capteurs miniatures de haute technologie. En 2012, le CNES structure et renforce cette initiative à travers le projet JANUS, associant une dizaine d'écoles et universités françaises à des laboratoires scientifiques et industriels. Les universités les plus avancées se sont enfin structurées en six CSU, basés actuellement à Montpellier, Toulouse, Grenoble, Paris (2 CSU) et Nice (ministère de l'Enseignement supérieur, 2019).

Cette expertise sur les nanosatellites permet de disposer, en France, de capacités de développement de nouvelles filières industrielles, notamment tournées vers des applications peu coûteuses, d'avenir, comme l'internet des objets, l'observation de la Terre ou les télécommunications.

5.3 Un financement de l'innovation saupoudré, faute de vraie stratégie nationale

Le CNES a bénéficié en 2021 d'un budget de 2,335 milliards d'euros, en hausse de 23% sur cinq ans. Il s'agit du 1^{er} budget spatial européen et du 4^{ème} mondial. Il est relativement constant et en progression depuis 20 ans (1,7 milliard d'euros en 2000). Ce budget assure le maintien et le développement de l'ensemble des secteurs technologiques utiles à une autonomie stratégique. Ainsi, par ordre décroissant de budget : lanceurs (Ariane-Vega), Défense (satellites), exploration, observation terrestre, télécommunications-navigation, programme habité, recherche (Programme d'Investissements d'Avenir, cf ci-dessous), météorologie. (Wikipédia, s.d.)

Mais cet effort national est à relativiser, du fait qu'il finance en réalité pour moitié (1,06 milliard d'euros) l'ESA, laquelle bénéficie finalement d'une contribution française pour un quart de son budget, devant l'Allemagne et l'Italie. En comparaison, les Budgets étatiques les plus importants au monde sont les suivants : 20,62 milliards d'euros pour la NASA (2021), 7,45 milliards d'euros pour la Chine -estimation OCDE 2017- et 2,6 milliards d'euros pour la Russie (budget 2022, en diminution). (BFM/Economie, 2021)

Derrière ce budget global, la France a multiplié ces dernières années les initiatives de financement des secteurs technologiques et industriels français du spatial. Citons par exemple la création en octobre 2021 du fond d'innovation CosmiCapital, dédié aux technologies du NewSpace en France et en Europe, à hauteur de 38 millions d'euros. (Cosmos, 2021)

Au-delà de cet exemple, notons que M. Bernard LARROUTUROU, responsable du programme de recherche spatial français, rappelle les grands principes de financement étatique. Le programme multilatéral du CNES signé en 2015 (nommé « Innovation et Inspiration ») vise un objectif triple :

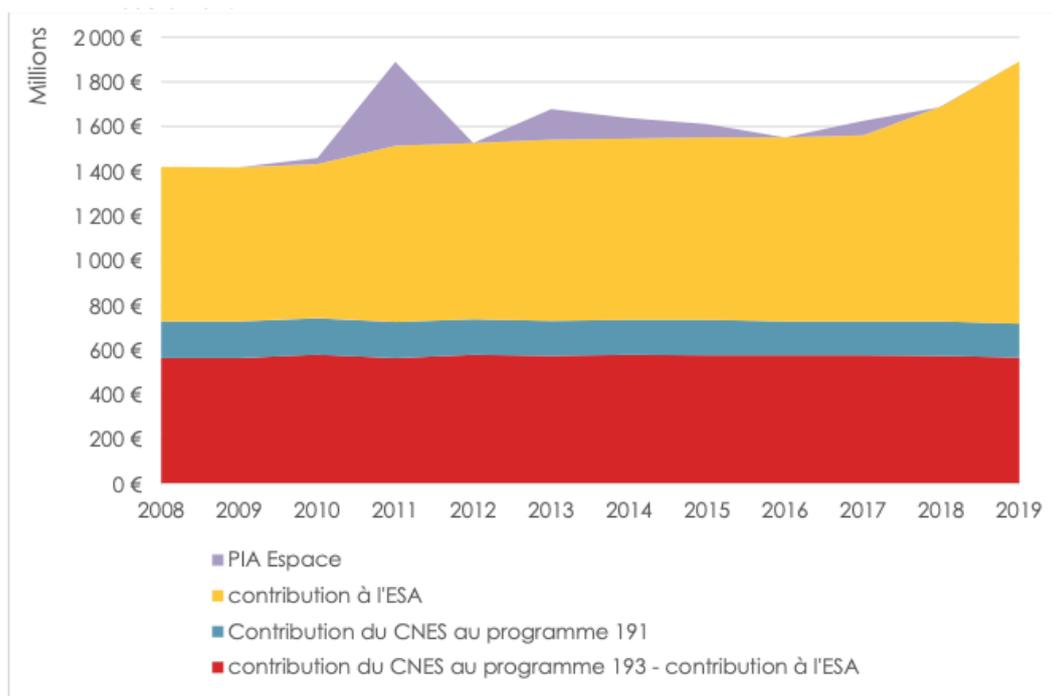
1. Développer des technologies en soutien à l'industrie française à l'exportation ;
2. Accompagner la politique étrangère française ;
3. Contribuer au rayonnement de la France dans le domaine spatial.

Il rappelle concrètement l'objet principal pour le CNES de ce financement français, combiné au PIA, et des financements ESA : développer la nouvelle génération de satellites de télécommunications (lesquels incluent notamment les capacités de fabrication de plateformes propulsées de manière électrique, portant des charges utiles d'Internet THD, de leur segment sol, et des processeurs numériques et optiques).

Parmi les 5 objectifs stratégiques du projet de finance 2021, force est de constater que l'accent est mis sur la coopération et le rayonnement, tandis que peu d'indicateurs affichent une vision de puissance spatiale française, en dehors de l'objectif numéro 2 visant à « garantir à la France et à l'Europe un accès à l'espace libre, compétitif et fiable ». (Ministère de l'Economie, des Finances et de la Relance, 2020)

En ce qui concerne le financement de l'innovation en France, il est assuré dans le segment aéronautique et spatial par le PIA, créé en 2010 suite à la sortie du rapport « Investir pour l'avenir », remettant sur le devant de la scène les besoins de soutien de la filière française comme composante stratégique. L'objectif du PIA est de stimuler l'emploi, de renforcer la productivité et d'accroître la compétitivité des entreprises françaises. (TechnopolisGroup, 2020)

Le PIA mobilise quatre opérateurs : l'ANR, Bpifrance, la CDC et le CNES. Très inégal en volume depuis 2010, le PIA Espace de 2020 a été autorisé par le Premier Ministre à un haut niveau de soutien de 755 millions d'euros, dont 75% à destination du CNES. Les projets d'innovation ainsi soutenus ont été la préparation du lanceur Ariane 6, le développement de nouveaux types de satellites, de satellites à propulsion électrique et d'équipements pour les constellations en orbite basse (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Mais comparé aux investissements français dans le spatial en direction de l'ESA, la part du PIA Espace n'est qu'une variable d'ajustement et une portion congrue (cf. graphique ci-dessous), et ce depuis 2008 (cf. 9.6)



Sources : Décisions Premier Ministre pour le PIA Espace, PLF pour les programmes 191 et 193

Figure 1 - Évolution des engagements financiers de l'état dans le domaine de l'espace de 2008 à 2019

Le PIA vient soutenir et guider la R&D des grandes entreprises françaises (en particulier Safran et Thalès). Les principaux points forts et faiblesses du PIA dans une logique de puissance ont été présentés dans le rapport d'évaluation 2019 du PIA (TechnopolisGroup, 2020) :

- Cible les projets cruciaux du secteur spatial français par interventionnisme d'État.
- Mobilise les acteurs industriels.
- Force une certaine coopération entre acteurs d'État.
- Résultats déjà obtenus dans la finalisation du développement de nouvelles technologies.

Mais le rapport dénonce avant tout les points suivants :

- Manque de vision stratégique à long terme.
- Absence d'une réflexion structurée pour mobiliser les PME (enjeux, objectifs, moyens) et structurer la filière.
- Lobbying politique et industriel à l'encontre de toute logique long-terme du PIA.
- Omniscience du CNES, sans vision contradictoire.
- Difficulté à rentabiliser les investissements (commercialisation, etc.).

Ainsi, le CNES dispose d'une mainmise sur la politique technologique spatiale française, de laquelle l'État est quasi-absent, empêchant la France d'avoir une politique nationale d'investissement technologique à des fins de puissance.

6 Un domaine civil bien établi et une ambition militaire à développer

6.1 L'espace au service du civil

Motivée par la course aux armements, et l'envie de rivaliser avec les blocs américain et soviétique qui polarisaient l'attention, la France a pris part à la conquête de l'espace. De cette conquête découle de nombreuses innovations et avancées. Aujourd'hui, il est difficile d'imaginer la vie privée comme professionnelle sans moyens de télécommunication, ou bien de pouvoir se repérer sans système de navigation. Le 31 décembre 2020, 2 787 satellites étaient actifs autour de la Terre ; les trois quarts sont au service des télécommunications, de la météorologie et de l'imagerie terrestre. Bien que plus de la moitié d'entre eux soient sous contrôle américain, la part française n'est pas en reste.

6.1.1 *L'opérateur de satellites Eutelsat au service de la France*

Les télécommunications représentent l'un des principaux domaines d'application d'ingénierie et de technologie spatiale. Le 23 juillet 1962, la conférence de presse de Kennedy est retransmise en direct à la station de Pleumeur-Bodou via le satellite américain Telstar 1. Après cet épisode, la France, en collaboration avec l'Allemagne, crée dans les années soixante-dix le premier satellite européen permettant 600 communications simultanées ainsi que la retransmission de programmes de télévision et de radio. Néanmoins, le satellite Symphonie est lancée par la NASA et les accords signés ne permettent pas son exploitation commerciale. La France va alors œuvrer dans les années quatre-vingt avec le projet Ariane pour faire en sorte que l'Europe ne soit plus dépendante des États-Unis et puisse lancer elle-même son propre satellite de télécommunication, nommé Telecom 1.

En réponse à la création de l'Organisation Intergouvernementale Intelsat à l'initiative des États-Unis, la France, accompagnée d'autres états européens, crée en 1974 Eutelsat, une organisation intergouvernementale ayant « l'ambition de développer une industrie européenne capable de construire, de lancer et d'exploiter des satellites ». En quelque sorte, elle fait le choix de sacrifier sa

souveraineté au profit d'une collaboration européenne, afin de ne pas se retrouver tributaire d'autres acteurs. On constate cependant une certaine hégémonie française au sein de cette organisation intergouvernementale, dont le siège est en France, et qui se privatise en devenant une société anonyme de droit français. Cependant, pour réduire sa dette, l'opérateur historique France Telecom décide de cesser ses activités d'opérateurs de satellites, et cède à Eutelsat l'exploitation du satellite de deuxième génération Telecom 2A en 1999 et celui du satellite Telecom 2D en 2000. Prise à la gorge, l'entreprise vend en août 2002 la société Stellat qu'elle détenait à 70% et renonce ainsi au satellite Stelat 5, mis en orbite le mois précédent. Pire encore, elle est contrainte en 2003 d'abandonner ses 23% de parts investies dans Eutelsat au profit d'Eurazeo, à l'époque holding du groupe franco-américain Lazard.

Fort heureusement, aujourd'hui, l'État, actionnaire principal avec 20% par le biais de BPI France Participations, est en mesure de se faire entendre pour protéger les intérêts de la France dans ce secteur stratégique. Eutelsat, en plus d'être le client principal d'ArianeGroup pour le lancement des satellites ainsi que de Thales et Airbus pour la fabrication de satellites, contrôle une flotte de 36 satellites couvrant l'Europe, l'Afrique, le Moyen-Orient, l'Asie et l'Amérique : une aubaine pour la France, car le segment spatial dépasse les frontières de l'Europe, couvrant les territoires français présents sur les cinq continents. Reste qu'Eutelsat est convoitée, notamment par le milliardaire Patrick Drahi, qui a l'ambition de concurrencer Jeff Bezos et Elon Musk qui misent sur l'Espace. La France, pour éviter de se retrouver à la merci d'entreprises dont les intérêts sont incompatibles avec les siens, doit pouvoir soutenir et encourager d'autres acteurs français aux activités d'opérateurs de satellites pour diversifier ses ressources et sécuriser la couverture dont elle dispose.

6.1.2 Le partage du savoir-faire français à la rescousse

La gestion de drames et de catastrophes naturelles est un autre domaine dans lequel la France est très impliquée. En effet, elle est à l'initiative de la création de la Charte Internationale Espace et Catastrophe Majeures, en 1999, permettant à différentes agences spatiales de mettre en commun leurs moyens et connaissances. Cette charte a été activée 739 fois dans 129 pays et reste efficace grâce à une constellation de 61 satellites. La France, pionnière européenne en télédétection grâce au satellite SPOT 1, ne cesse de se surpasser et créer des outils plus performants, si bien que la septième génération de satellite SPOT offre une meilleure résolution spatiale que son équivalent américain Landsat.

En plus de la conception de cartographies précises, la France, à travers le CNES, met à profit ses compétences pour les missions Jason dès 2001 en collaboration avec la NASA. Jason remplace le projet TOPEX-Poséidon créé en 1987 par ces deux mêmes agences spatiales afin de "mieux comprendre et prévoir les variations de la dynamique des océans et leur impact sur l'environnement à l'échelle de la planète¹⁷". Outre une meilleure connaissance du dérèglement climatique, ces programmes océanographiques ont permis de mettre en avant le savoir-faire et l'expertise française.

6.1.3 *L'Indépendance spatiale européenne*

Le troisième grand domaine d'application du spatial est la navigation. Avec ses partenaires européens, la France s'est lancé le défi, en 1999, de créer un système de navigation par satellite indépendant du GPS américain pour garantir la souveraineté de l'Union Européenne, et ce, malgré la désapprobation du Royaume-Uni et des États-Unis. Fort de sa constellation de 26 satellites et 6 satellites secondaires, Galileo permet ainsi une couverture mondiale et son efficacité surpasse nettement celle du GPS américain. L'Union Européenne a réussi à obtenir des États-Unis l'établissement de standards communs, permettant une interopérabilité des systèmes. Malgré le retard accumulé, dû à des problèmes de budget et une mauvaise gestion de projet, Galileo est opérationnel en 2016 et comptabilise à ce jour plus d'un milliard d'utilisateurs. Jean-Yves le Gall, alors président du CNES, assure même en 2019 que Galileo sera le premier système de navigation mondial en 2023. Ce projet a une dimension stratégique pour l'industrie française qui va pouvoir profiter de l'ouverture de nouveaux marchés. La SNCF a par exemple équipée la moitié de ses TGV de récepteurs Galileo et entend en installer dans la totalité de ses appareils. Elle compte d'ailleurs s'appuyer sur ce système pour son projet de train autonome.

Bien que Galileo soit sous contrôle civil, son utilisation déséquilibre le rapport de force imposé par les États-Unis. En effet, la navigation par satellite occupe une place importante dans le domaine militaire. Ne plus utiliser le système de navigation GPS américain permet de se soustraire à la vulnérabilité, au brouillage et à la dégradation du signal par l'US Army, dont les États-Unis ont déjà fait la démonstration lors de la guerre du Golfe et la guerre du Kosovo. L'industrie de l'armement française est en mesure, grâce à l'exploitation de Galileo, de créer "des ressources hors du contrôle de Washington".

6.2 La timide affirmation d'une stratégie de défense spatiale

6.2.1 *La lente élaboration d'une réelle stratégie spatiale de défense*

Comme nous l'avons vu précédemment, la France a développé assez tôt ses capacités spatiales, revendiquant son indépendance face aux États-Unis et leur volonté de dissuader l'Europe de développer ses propres lanceurs.

Cependant, la France a tardé à développer ses capacités militaires spatiales, contrainte par un budget bien plus limité que ses concurrents. Elle ne possède par exemple que peu de satellites entièrement dévolus à des fins de télécommunication militaire avec les programmes Syracuse 3 et Sicral 2 et dorénavant Syracuse 4, avec le lancement le 24 octobre 2021, du premier satellite du programme qui devrait se déployer jusqu'en 2023 (cf. 9.7)

Dans les années 2000, la France peine à obtenir son indépendance, notamment dans le domaine de l'observation optique. Elle dispose en effet depuis 1965 de satellites de reconnaissance optique, permettant ainsi d'obtenir des images à usage militaire. Afin de remplacer les satellites Helios IIA et IIB, vieillissants, et face au budget conséquent que cela représente, elle va tenter de fédérer ses partenaires européens, non sans difficulté, au sein du programme MUSIS. Elle signera des accords

bilatéraux, dont un avec l'Italie. Mais en accord avec une réelle volonté d'indépendance, ces satellites sont progressivement remplacés par les trois satellites CSO d'une bien meilleure précision (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

En matière de renseignement, et plus précisément d'écoute, le programme CERES est mis en œuvre. Il se compose de trois mini satellites espions permettant d'analyser les émissions radios, radar et électroniques. Ils ont été mis en orbite avec succès le 16 novembre dernier (Meddah, 2021). Avec ces satellites, la France rentre dans le club très fermé des 4 puissances dotées de satellites de renseignement électromagnétique.

6.2.2 Des armées dépendantes de l'espace

Face au constat de la difficulté de répondre avec efficacité aux attentes des armées, afin de les doter d'outils performants et souverains, et en réaction à l'affirmation de nouvelles puissances spatiales, une réelle stratégie spatiale militaire française a émergé. La France souhaite ainsi récupérer son statut de puissance spatiale, gage de son indépendance stratégique. En effet, l'espace joue un rôle capital pour les armées qui lui sont dépendantes dans nombre de missions. Il est un appui essentiel aux opérations tant d'un point de vue du renseignement, de la localisation que de la communication.

Le domaine spatial est largement mis à contribution pour fournir du ROEM. De par la place prépondérante des satellites dans le réseau de communication mondial, nombre de données transitent par l'espace, des simples données de téléphonie aux informations sensibles. Le ROIM s'appuie également de plus en plus sur les satellites d'observation.

De plus, les dispositifs militaires de transmission sont basés sur la communication satellitaire. Enfin, les systèmes de positionnement par satellites (GNSS) dépendent par essence des satellites. Leur importance dans le domaine militaire va croissante : les troupes au sol autant que les navires ou le guidage satellitaire des missiles dépendent de ces satellites.

6.2.3 De nouvelles puissance spatiales qui étoffent leurs programmes militaires

Cependant, à ce constat de dépendance des armées à l'espace exo-atmosphérique, s'ajoute la montée en puissance d'Etats qui développent leurs propres programmes spatiaux, et à des fins non plus seulement défensives ou d'exploitation pacifique de l'espace.

La France se retrouve donc en concurrence directe avec des pays tels que l'Inde, la Russie ou encore la Chine. Si l'on s'intéresse de près à la Chine, elle dispose d'un large panel de satellites militaires, qui vont de la reconnaissance optique et radar à l'écoute électronique. Elle est suspectée, depuis 2008, de développer des missiles antisatellites (ASAT). Elle a testé avec succès son missile Dong Neng-3 le 30 octobre 2015 (JALUZOT, 2019).

Sur le terrain offensif, la France reste donc largement dépassée. Cela s'explique notamment par une stratégie spatiale davantage tournée vers le soutien aux armées. Cependant, cela tend à changer, comme nous allons le voir, en analysant la stratégie de défense spatiale française énoncée en 2019.

6.2.4 La stratégie française de défense spatiale : gage de puissance ou timide affirmation ?

“L’Homme a construit des avions, nous avons créé l’armée de l’Air. L’Homme a investi le champ cyber, nous avons créé un commandement dédié aux cybermenaces. L’Homme rêve d’intelligence artificielle, nous avons doté nos armées d’une stratégie de l’intelligence artificielle. Aujourd’hui, nos alliés et nos adversaires militarisent l’espace. Et alors que le temps de la résilience se fait de plus en plus court, nous devons agir. Nous devons être prêts. Car demain, c’est déjà hier”. C’est par ces mots, prononcés le 25 juillet 2019 sur la base aérienne 942 de Lyon, que la ministre des Armées Florence Parly officialise la création de la stratégie française de défense spatiale. En effet, l’espace est plus que jamais un espace stratégique à appréhender, mais dont la maîtrise se heurte à des coûts élevés et des technologies complexes. Il confère aux Nations un réel potentiel d’autonomie d’action. A titre d’exemple, la France n’est pas intervenue en Irak en 2003 après analyse approfondie de ses images prises par satellites. Jusqu’alors, la France ne disposait pas d’une réelle stratégie de défense spatiale et sa doctrine se limitait aux activités de communication et localisation. Deux axes majeurs sont à retenir dans cette doctrine spatiale. Le premier tient dans la conservation de son autonomie stratégique grâce à moyens spatiaux exploités dans une réelle logique opérationnelle et non plus seulement à des fins de renseignement. Deuxièmement, la France souhaite se doter des moyens de se défendre, sur terre comme dans l’espace, face au risque de destruction, détournement ou encore espionnage qui plane sur les satellites. La France va ainsi investir quelque 700 millions d’euros de plus par rapport aux 3.6 milliards déjà prévus pour le spatial de défense dans la loi de programmation militaire 2019-2025 (MAULNY, 2019).

Afin de piloter au mieux cette nouvelle stratégie, le CDE, placé sous le CEMA a été institué. Il succède ainsi au CIE, dont s’est dotée la France après la publication en 2008 d’un livre blanc pour la défense et la sécurité nationale. La volonté était alors de fédérer les activités liées au spatial au sein d’une unique entité.

Cependant, ce nouveau commandement reste bien timide, comparé aux Etats-Unis et leur “Space Force” qui compte 16 000 militaires et civils, qui est une entité à part entière et constitue la sixième branche des forces armées américaines (AFP, 2019), même si la France n’a pas de moyens équivalents pour s’en rapprocher.

7 Conclusion

Le véritable instigateur du programme spatial Français, le Général de Gaulle, a déclaré dans ses mémoires que “La France ne peut être la France sans la grandeur”. Cette citation s’applique à son rayonnement culturel, économique, militaire mais aussi, et de plus en plus, au domaine spatial.

Néanmoins, il existe aussi des réalités économiques et matérielles à laquelle la France doit se plier. Dans le domaine spatial, notre pays dépend aujourd’hui énormément de l’Union Européenne. Si cela diminue le prestige propre à la France (et à tous les autres États membres), cela augmente aussi grandement la coopération entre États et permet une utilisation plus judicieuse et efficiente des moyens limités de l’UE. Ainsi, dans le domaine de l’exploration spatiale de notre système solaire et des corps planétaires proches, la France est impliquée dans tous les projets mais à des degrés très variables, et souvent diluée avec l’ESA.

La France a néanmoins une opportunité d’utiliser son influence diplomatique, indépendante de son pouvoir économique, pour œuvrer à la création de lois régissant l’Espace, domaine existant pour l’instant dans un flou juridique. Ces mesures sont indispensables à la fois pour le bien commun de l’humanité mais aussi pour, plus pragmatiquement, protéger nos entreprises et maintenir notre souveraineté dans le domaine spatial.

Le principal défi à la puissance spatiale française que nous avons identifié est l’émergence du New Space. Nous avons tendance à oublier que la France était pionnière en la matière avec ArianeSpace mais que nous avons été très vite rattrapés par les Etats-Unis (avec en partie SpaceX) à cause d’un manque de moyen et d’investissements privés. Encore une fois, l’Union Européenne permet en partie de rattraper ce retard.

Depuis Ariane 1, l’autonomie a initialement été l’ambition du programme spatial Français. Cet objectif à aujourd’hui évolué pour prendre en compte son implication forte au sein de l’UE et de l’ESA. Dans le domaine très stratégique des lanceurs, la France n’est aujourd’hui plus complètement autonome, dépendant d’ArianeSpace, une entreprise européenne. De par sa très forte implication dans le programme Ariane, elle pourrait néanmoins le redevenir si cela était nécessaire. Elle dispose aussi d’une quasi-autonomie spatiale dans les domaines universitaires, scientifiques et industriels, en partie grâce à un tissu industriel dense et qualitatif. Il faut néanmoins rester vigilant face à la concurrence étrangère et conserver un haut niveau d’innovation et de performance. Cette position parmi les leaders spatiaux mondiaux est malheureusement en péril à cause, entre autres, d’une stratégie d’investissements publics instable et d’une stratégie de puissance incohérente.

Une révision de cette stratégie de puissance est indispensable si la France veut conserver ses nombreux atouts. Dans le domaine civil sa position est bien ancrée, avec des participations importantes dans des programmes de satellites d’observation, de géolocalisation, de météorologie et de communication. Ses technologies civiles alimentent aujourd’hui une nouvelle ambition

militaire, avec des capacités qui restent à développer. Notre pays a tardé à prendre en compte la mesure des enjeux du spatial militaire et que l'espace était devenu un nouveau champ de confrontation. Ce n'est qu'en 2020 que Florence Parly a présenté une réelle stratégie face à la montée en puissance de nouveaux Etats offensifs. Il faut souhaiter que la France sache exploiter son expérience industrielle dans le domaine spatial civil pour innover et entreprendre dans le domaine militaire.

La France possède énormément d'atouts faisant d'elle une puissance spatiale. Il faut qu'elle continue d'utiliser ses partenaires européens pour développer une industrie spatiale privée concernant les nouveaux acteurs du New Space et se doter d'une capacité spatiale militaire offensive pour triompher dans les prochaines guerres des étoiles.

8 Bibliographie

- AAE. (2019). *L'avenir des lanceurs européens*.
- AFP. (2019). Les Etats-Unis ont désormais une « force de l'Espace ». *Le Monde*.
- AFP. (2021). La France fait maintenant partie des 4 pays disposant de satellites de renseignement électromagnétique. *Business Insider*.
- Alessandro de Concini, J. T. (2019). *The future of the European space sector. How to leverage Europe's technological leadership and boost investments for space ventures*. The European commission.
- Association de soutien à l'armée française. (2019, 09 18). *Le système de navigation Galileo passe le cap du milliard d'utilisateurs*. Récupéré sur <https://www.asafrance.fr/item/le-systeme-de-navigation-galileo-passe-le-cap-du-milliard-d-utilisateurs.html>
- BAUER, A. (2021, 10 5). *Fusée Ariane : les dessous du transfert contesté du moteur en Allemagne*. Récupéré sur Les Echos: <https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/fusee-ariane-les-dessous-du-transfert-conteste-du-moteur-en-allemande-1352009>
- BAUER, A. (2021). Spatial: la France parie à son tour sur les lanceurs réutilisables. *Les Echos*.
- BLOMAC, F. D. (2019, 08 23). *Géolocalisation : la SNCF mise sur Galileo*. Récupéré sur Décrypta Géo: <https://decryptageo.fr/la-sncf-mise-sur-galileo/>
- BOTTLAENDER, E. (2020, 12 29). *Satellite SPOT : regarder la Terre et en faire sa spécialité*. (Clubic) Récupéré sur <https://www.clubic.com/mag/sciences/conquete-spatiale/actualite-12846-spot-regarder-la-terre-et-en-faire-sa-specialite.html>
- BRUDIEU, P. (2019). *Le rôle de l'État français dans l'Europe de l'espace*. Annales des mines - Réalités industrielles.
- CABRIOL, M. (2019). Lancement de satellites: le leader, c'est qui ? C'est Arianespace. *La tribune*.
- CAPCOM ESPACE. (s.d.). *LE SATELLITE SYMPHONIE*. Consulté le 12 16, 2021, sur http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_europeen/espace_francais/symphonie.htm
- Catherine PROCACCIA, B. S. (2012). *Les enjeux et perspectives de la politique spatiale européenne*. Office parlementaire.
- Charles PERRAGIN, G. R. (2019, 05). *Galileo, vingt ans de cafouillages pour le concurrent du GPS- Quelle souveraineté militaire ?* (Le monde diplomatique) Récupéré sur <https://www.monde-diplomatique.fr/2019/05/PERRAGIN/59849>
- Christian CABAL, H. R. (s.d.). *Politique spatiale: l'audace ou le déclin. Comment faire de l'Europe le leader mondial de l'espace*. Office parlementaire.
- Cité des télécoms. (s.d.). *Premiers satellite*. Consulté le 12 16, 2021, sur <https://www.cite-telecoms.com/blog/histoire/200-ans-de-telecoms/les-temps-modernes/les-premiers-satellites/>
- CNES. (2006, 01 05). *TOPEX-POSÉIDON TIRE SA RÉVÉRENCE*. (CNES) Récupéré sur <https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/4303-topex-poseidon-tire-sa-reverence.php>
- CNES. (2017, 01 06). *JASON 3- Mesurer la hauteur des océans jusqu'en 2020*. (CNES) Récupéré sur <https://jason-3.cnes.fr/fr>
- Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2017). *General presentation of French activities and views for the long-term sustainability of outer space, in relation with the implementation of the first set of guidelines*. Vienne.

- Consilium Europa. (2021, 12 16). *Politique spatiale de l'EU*. Récupéré sur <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/eu-space-programme/>
- COQUEBERT, C. (2019). *Les nouveaux horizons de l'europe spatiale*.
- Deep Knowledges Groups. (2021). *SpaceTech Industry 2021/Q2 Landscape overview*. SpaceTech Analytics. Récupéré sur <https://analytics.dkv.global/spacetech/SpaceTech-Industry-2021-Report.pdf>
- Déluzarche, C. (2021). Combien de satellites tournent autour de la Terre ? *Futura Science*.
- DOLY, L.-M. (2021, 12 8). *L'accroissement de puissance par l'espace*. (Info Guerre) Récupéré sur <https://www.eg.fr/infoguerre/laccroissement-de-puissance-par-lespace>
- EGE. (2013, 01 04). *Les brevets, nouvelle arme de la guerre économique*. Récupéré sur <https://www.eg.fr/etudes/item/les-brevets-nouvelle-arme-de-la-guerre-economique.html>
- ESA. (2021, 12 16). *Pourquoi l'Europe a-t-elle besoin de Galileo ?* Récupéré sur ESA: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/France/Pourquoi_l_Europe_a-t-elle_besoin_de_Galileo
- Friedling, M. (2021, 03 16). *Quelle stratégie spatiale pour la France ?* Récupéré sur Areion24news: <https://www.areion24.news/2021/03/16/quelle-strategie-spatiale-pour-la-france%E2%80%89/>
- Futura Science. (2021). *SPOT : qu'est-ce que c'est ?* (Futura Science) Récupéré sur <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-spot-3739/>
- GABORY, S. (2021). *L'Europe face aux défis du New Space : quelles transformations pour la filière spatiale européenne ?* IRIS Sup.
- GALL, J.-Y. L. (2019). *La place de la France dans le domaine spatial*. Annales des mines - Réalités industrielles.
- Gayan, A. K. (2007). *La Realpolitik, élément incontournable des relations internationales*. Revue internationale et stratégique.
- GERARD, A. (2019, 09 10). *Galileo : «Nous sommes en train de supplanter le GPS», se félicite Jean-Yves Le Gall*. Récupéré sur Le parisien: <https://www.leparisien.fr/sciences/galileo-nous-sommes-en-train-de-supplanter-le-gps-se-felicite-jean-yves-le-gall-10-09-2019-8149053.php>
- Institut Montaigne. (2019). *Espace : le réveil de l'Europe ?*
- JALUZOT, M. (2019, 06 11). *Guerre Informationnelle autour des capacités de tirs sur satellites*. Récupéré sur Info Guerre: <https://www.eg.fr/infoguerre/2019/06/guerre-informationnelle-capacites-de-tirs-satellites>
- Jean-Yves LE DÉAUT, C. P. (2015). *LA POLITIQUE SPATIALE EUROPÉENNE Compte rendu de l'audition publique du 7 juillet 2015 et de la présentation des conclusions le 24 novembre 2015*.
- LAMIGEON, V. (2021, 09 30). *Offre de Drahi sur Eutelsat: pourquoi l'Etat pourrait tiquer*. (Challenge) Récupéré sur https://www.challenges.fr/entreprise/aeronautique/offre-de-drahi-sur-eutelsat-pourquoi-l-etat-pourrait-tiquer_782970
- LARROUTUROU, B. (2021). *BUDGET GÉNÉRAL MISSION MINISTÉRIELLE PROJETS ANNUELS DE PERFORMANCES ANNEXE AU PROJET DE LOI DE FINANCES POUR 2021*. République Française.
- Le Fil MC des Télécoms. (1999, 07 08). France Télécom confie à Eutelsat l'exploitation commerciale de Télécom 2A en bande Ku. *Le Fil MC des Télécoms*.
- Le Gall, J.-Y. (2019, Mai). La place de la France dans le domaine spatial. (A. d. Mines, Éd.) *Réalités Industrielles*, pp. 17-20.
- Le monde. (2003, 03 12). *Les menaces de brouillage du GPS en cas de guerre en Irak relancent Galileo*. Récupéré sur Le monde: <https://www.lemonde.fr/archives/article/2003/03/12/les->

menaces-de-brouillage-du-gps-en-cas-de-guerre-en-irak-relacent-galileo_312591_1819218.html

- Levine, A. J. (2019, 06 27). *New Space*. (Reuters) Récupéré sur Reuters Graphic: <https://graphics.reuters.com/SPACE-EXPLORATION-NEW-SPACE/0100B03R062/index.html>
- LIENEMANN, M.-N. (2021, 10 14). *Offre publique d'achat hostile d'Altice sur Eutelsat*. (Journal Officiel) Récupéré sur <https://www.senat.fr/questions/base/2021/qSEQ211024818.html>
- MAIRE, B. L. (2021). *a Stratégie spatiale française et la politique industrielle, déclaration à Vernon*.
- MAULNY, J.-P. (2019, 07 29). France : une nouvelle stratégie spatiale de défense pour quoi faire ? (IRIS, Intervieweur)
- Meddah, H. (2021). La France se dote de nouvelles capacités spatiales de renseignement militaire. *L'Usine nouvelle*. Récupéré sur <https://www.usinenouvelle.com/article/la-france-se-dote-de-nouvelles-capacites-spatiales-de-renseignement-militaire.N1160492>
- MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE. (2011). *Stratégie spatiale française*.
- Naja, G. (2019, Mai). Politiques spatiales intergouvernementales européennes. (A. d. Mines, Éd.) *Réalités Industrielles*, pp. 6-12.
- NARDON, L. (2007). *Où va le programme spatial français ?* Politique Etrangère.
- ONU. (2002). *TRAITÉS ET PRINCIPES DES NATIONS UNIES RELATIFS À L'ESPACE EXTRAATMOSPHERIQUE*.
- ONU. (2017). *DROIT INTERNATIONAL DE L'ESPACE: INSTRUMENTS DES NATIONS UNIES*.
- ONU. (2021). *Renseignements fournis conformément à la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique*. ONU.
- Parlement Européen. (2021, 12 16). *Buy European Act*. Récupéré sur europa: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-7-2014-003570_FR.html
- PASCO, X. (2019). *L'évolution du contextespatiale Américain*. Annales des mines - Réalités industrielles.
- Patrick Eparvier, G. C. (2020). *Évaluation des projets relevant du secteur spatial financés dans le cadre du PIA*.
- POSTADJIAN, T. (2021, 02 10). *TÉLÉDÉTECTION SPATIALE ET AÉRIENNE : UN PEU DE THÉORIE*. (Aquila Data Enabler) Récupéré sur <https://www.aquiladata.fr/insights/teledetection-spatiale-et-aerienne-un-peu-de-theorie/>
- Primas, S., & Bockel, J.-M. (2019-2020). *LANCEURS SPATIAUX : RESTAURER L'AMBITION SPATIALE EUROPÉENNE*. Synthèse, Sénat, Commission des affaires économiques; Commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées.
- Raphaël Koenig, C. B. (2021, 09 17). *Quel avenir pour les satellites de télécommunications ?* Récupéré sur <https://www.zdnet.fr/actualites/quel-avenir-pour-les-satellites-de-telecommunications-39909707.htm>
- République Française. (2008). LOI n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales.
- REVOL, H. (2001). *La politique spatiale Française: Bilan et perspective*. Sénat.
- REVOL, H. (2008). *Projet de loi relatif aux opérations spatiales*.
- ROUVIERE, A. (1999). *Projet de loi relatif à Eutelsat*.
- Sartorius, E. (2011). *Une ambition spatiale pour l'Europe: Vision française à l'horizon 2030*.
- Space Founders. (s.d.). *Spacefounders*. Consulté le 12 16, 2021, sur © 2021 SpaceFounders. All rights reserved.: <https://www.spacefounders.eu/>
- TECHNOLOGIES, M. D. (2019). *Evolution du droit de l'espace en France*.

- The International Charter Space and Major Disasters. (2000). *Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures*. The International Charter Space and Major Disasters. Récupéré sur [Charte Internationale Espace et catastrophes majeures](#)
- Wikipedia. (2021, 12 16). *Comparison of orbital launcher families*. Récupéré sur Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_orbital_launcher_families
- Wikipedia. (2021, 12 16). *Lanceurs super-lourd*. Récupéré sur Wikipedia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Lanceur_super_lourd
- Wikipedia. (2021, 12 16). *Liste des satellites de l'Agence spatiale européenne*. Récupéré sur Wikipedia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_satellites_de_l%27Agence_spatiale_europ%C3%A9enne
- Wikipedia. (2021, 12 16). *Liste des satellites français*. Récupéré sur Wikipedia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_satellites_fran%C3%A7ais
- Wikipedia. (2021, 12 16). *Sodern*. Récupéré sur Wikipedia: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sodern>
- Wikipedia. (2021, 12 16). *Vega*. Récupéré sur Wikipedia: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Vega>
- Wikipedia. (s.d.). *Eutelsat - Définition et Explication*. (Techno-Science) Consulté le 12 16, 2021, sur <https://www.techno-science.net/definition/4129.html>
- Wikipedia. (s.d.). *Satellite de télécommunications - Définition et Explications*. (techno-science.net) Consulté le 12 16, 2021, sur [techno-science.net/definition/2669.html](https://www.techno-science.net/definition/2669.html)
- Yoan Lefebvre, L. P. (Réalisateur). (2014). *La France dans l'Espace - La Saga des Lanceurs* [Film].
- Yoan Lefebvre, L. P. (Réalisateur). (2014). *La France dans l'Espace - Les Français dans l'Espace* [Film].
- Yoan Lefebvre, L. P. (Réalisateur). (2014). *La France dans l'Espace - l'Espace sur Terre* [Film].

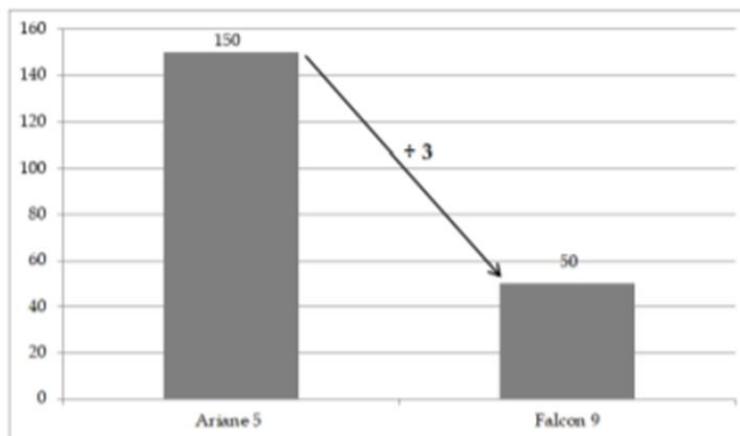
9 Annexes

9.1 Programmes spatiaux internationaux à destination de Mars sur la période 2000 – 2020

Année	Nation	Programme	Objectif
2001 - ?	NASA	2001 Mars Odyssey	Cartographie de la distribution des minéraux et des éléments chimiques à la surface
2003 – 2022 ?	ESA	Mars Express	Etude de l'atmosphère, de l'ionosphère et du sous-sol martien
2003	ESA	Beagle 2	Atterrisseur embarqué dans la sonde Mars Express, ayant échoué à l'atterrissage
2003-2011	NASA	Mars Exploration Rover (Rover Spirit et Opportunity)	Etude de la géologie de la planète
2005 - ?	NASA	Mars Reconnaissance Orbiter	Cartographie de la surface martienne
2007 - 2008	NASA	Phoenix	Analyse de la composition du sol de la Région Vastitas Borealis (calotte polaire Nord)
2011 – 2026 ?	NASA / ESA	Mars Science Laboratory (Rover Curiosity)	Recherche d'un environnement favorable où la vie aurait pu exister Etude de la composition minéralogique et de la géologie Collecte de données météorologiques
2013 - ?	NASA	MAVEN	Etude de la disparition de l'atmosphère martienne
2013 - ?	ISRO	Mars Orbiter Mission	Etude de l'échappement de l'atmosphère martienne Détection de traces de méthane Recherche de vestige de présence d'eau à la surface
2016 – 2022 ?	ESA / ROSCON OS	ExoMars Trace Gas Orbiter / Atterrisseur Schiaparelli	Etude de la présence et de l'origine des gaz présents dans l'atmosphère Lancement de l'atterrisseur Schiaparelli

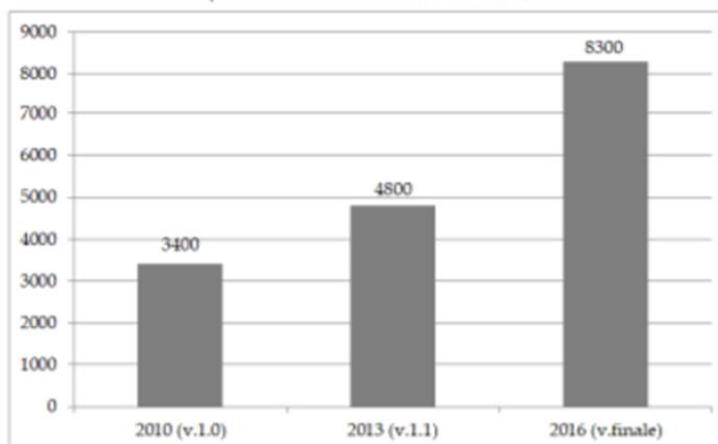
2018 - ?	NASA / CNES / DLR	InSight	Etude de la structure interne de Mars
2020 – 2022 ?	NASA	Mars 2020 (Rover Persévérance)	Ramener des échantillons de sol martien
2020 - ?	CNSA	Tianwen-1	Exploration terrestre
2020 - ?	UAESA	Mission martienne des Émirats	Etude de l'atmosphère et du climat martien

9.2 Comparaison des prix de lancement Falcon 9 / Ariane 5



Sources : articles de presse

Hausse de la performance du Falcon 9 en six ans (en nombre de kilos pouvant être lancés en orbite GTO)



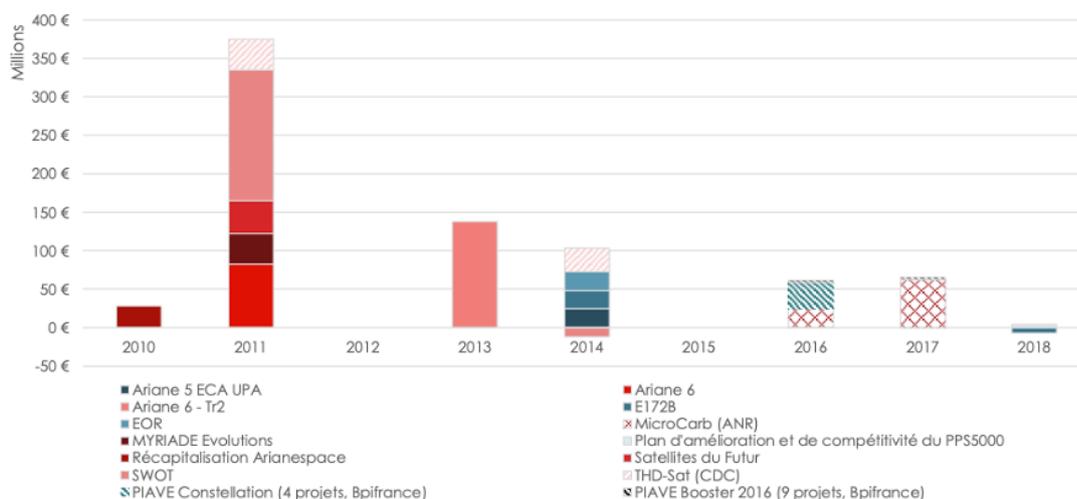
Source : (Primas & Bockel, 2019-2020)

9.5 Écoles et universités spatiales en France



Source : https://www.csut.eu/stage_emploi/

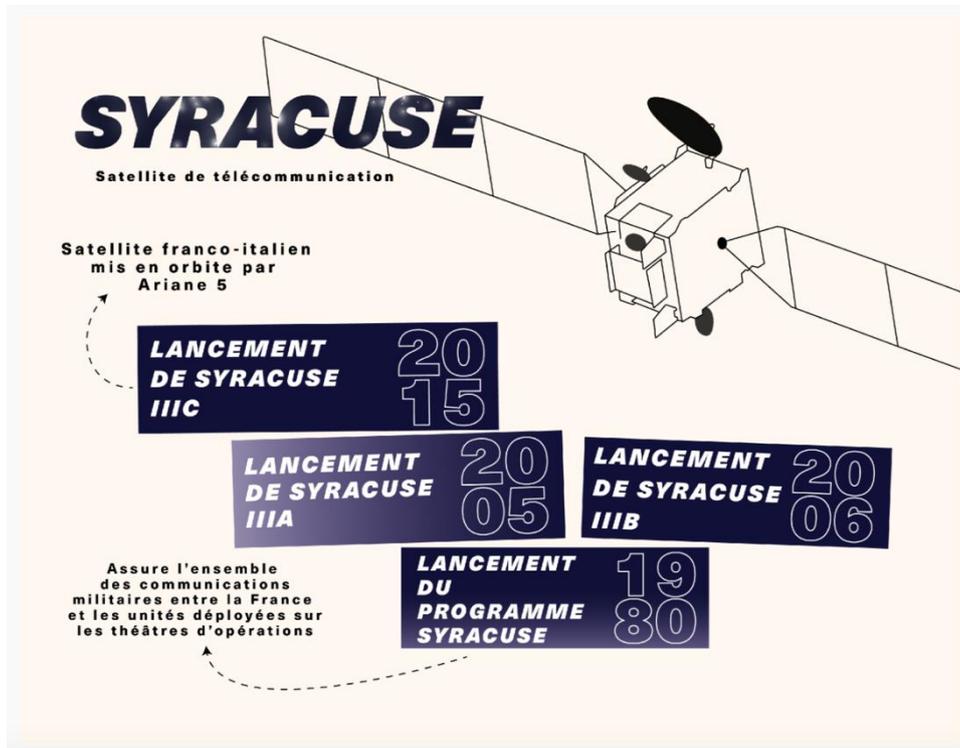
9.6 Évolution 2010-2018 du PIA Espace



Note de lecture : déclinaison de bleus pour le volet 1 (lanceur), déclinaison de rouge pour volet 2 (satellites à fort enjeu applicatif), déclinaison de vert pour volet 3 (propulsion électrique) et noir pour les données spatiales. L'opérateur pour les figures pleines est le CNES, et les figures hachurées sont opérées par l'ANR, la CDC ou Bpifrance. Les projets opérés par Bpifrance sont agrégés

Source : décisions du Premier Ministre et rapports trimestriels du CNES

9.7 Le programme Syracuse



Source : <https://www.defense.gouv.fr/web-documentaire/espace-et-defense/index.html>

9.8 Les menaces plausibles dans l'espace

