

## Espace et souveraineté

### Space and sovereignty

Par *CEIS*

Le tir d'un missile ASAT (Anti Satellite) le 11 janvier 2007 par la Chine contre l'un de ses satellites météo Fengyun (FY-1<sup>1</sup>) a symbolisé le retour de la question de la liberté d'accès à l'Espace et le maintien stratégique de celle-ci. Au-delà de la seule question de sécurité des véhicules spatiaux susceptibles d'être impactés par les nombreux débris issus de la destruction du satellite FY-1C, les enjeux de l'accès à l'espace reposent sur des enjeux de souveraineté. Ceux-ci ne peuvent être assurés que par la maîtrise de l'ensemble des capacités par les armées ainsi que par le maintien d'une filière industrielle couvrant les fonctions stratégiques jugées prioritaires. L'espace est au cœur des opérations, éléments vitaux de la planification et la conduite de celles-ci tant pour le renseignement, les communications que la dissuasion.

Il n'existe pas de frontière scientifiquement définie entre l'atmosphère terrestre et l'espace. La limite communément retenue aujourd'hui, notamment par la Fédération Internationale est la zone des 100km d'altitude (ligne de Kármán<sup>2</sup>) située dans la thermosphère. L'ensemble des vecteurs évoluant en dessous (troposphère, stratosphère, mésosphère) sont des systèmes aéronautiques, les systèmes spatiaux évoluant dans la thermosphère et l'exosphère. La garantie de l'accès à l'espace porte ainsi sur l'accès à ces deux dernières zones. Sont donc exclues de cette catégorie de vecteurs spatiaux, les « pseudolites » (ou pseudo-satellites) ou HAPS (High Altitude Platform Station), projets de vecteurs aériens (dirigeables, drones, etc.) susceptibles de remplir des fonctions aujourd'hui dévolues aux satellites.

L'espace est vu par les grandes puissances militaires comme l'un des fondements de leur puissance. L'expression de cette puissance passe par la maîtrise de plusieurs capacités auxquelles participent les satellites : renseignement d'origine image (ROIM), renseignement d'origine électromagnétique (ROEM), communications satellitaires (SATCOM), système de positionnement par radionavigation, surveillance de

On 11 January 2007, China launched an anti-satellite missile (ASAT) against one of its own Fengyun (FY-1<sup>1</sup>) weather satellites, once more raising the issue of the strategic preservation of free access to space. At stake is not just the safety of space vessels, which may be struck by one of the many pieces of debris created by the destruction of the FY-1C satellite: the question of free access to space is also inextricably linked with that of sovereignty. These questions can only be resolved by ensuring that the Armed Forces master the full range of space capabilities, and by having an industrial sector that covers strategic functions deemed a priority. Space plays a vital role in the planning and implementation of operations, in terms of intelligence gathering, communications and deterrence.

There is no scientifically established frontier between the Earth's atmosphere and outer space. Today, the most common definition of the Earth's boundary with space—used notably by the International Federation—is the Karman Line<sup>2</sup>, which lies 100 kilometres above sea level in the thermosphere. Aeronautical vehicles operate in the atmospheric layers below the thermosphere (troposphere, stratosphere and mesosphere), while space vessels are able to travel through the thermosphere and the exosphere. Access to space therefore also means access to the thermosphere and the exosphere. Pseudolites (or pseudo-satellites), HAPS (High Altitude Platform Stations) and experimental aircraft such as airships and drones (which are likely in the future to perform the same tasks as satellites) are not space vessels.

Major military powers see outer space as one of the pillars of their strength. Their power stems from their command of several disciplines in which satellites play a role: Imagery intelligence (IMINT), signals intelligence (SIGINT), satellite communications (SATCOM), radio-navigation positioning systems, space surveillance and even early warning systems. France has unique capabilities in this area, having

<sup>1</sup> <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/fy-1>

<sup>2</sup> <http://www.fai.org/icare-records/100km-altitude-boundary-for-astronautics>

l'espace voire alerte avancée. La France détient des capacités uniques dans ce domaine depuis le placement en orbite du satellite Astérix par le lanceur Diamant-A le 26 novembre 1965, lui permettant ainsi s'assurer sa souveraineté. Si les limites frontalières d'un Etat s'expriment dans la troisième dimension à travers son espace aérien et les limites de celui-ci à la ligne des 100km d'altitude, l'espace n'est pas pour autant un espace de non-droit. Il s'appuie entre autres pour les grandes lignes directrices sur la résolution 1348 (XIII)<sup>3</sup> de l'Assemblée Générale des Nations Unies sur la question de l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique à des fins pacifiques du 13 décembre 1958, complétée en octobre 1967 par le traité et principes des nations-unies relatifs à l'espace extra-atmosphérique. Ces éléments de droit n'ont pourtant pas empêché plusieurs initiatives plus ou moins connues dans le domaine des activités militaires spatiales pendant la Guerre Froide à l'image de la Strategic Defense Initiative du président Ronald Reagan. Pour autant, ces initiatives sont restées peu nombreuses. Depuis le début des années 2000, plusieurs pays marquent néanmoins leurs ambitions spatiales pour affirmer leur puissance à l'image du test de missile ASAT par la Chine. La question des vols spatiaux privés pourrait également marquer une évolution du droit régissant les activités spatiales à l'image du SPACE Act (Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship) voté par les Etats-Unis en novembre 2015, évolution déjà marquée dans le passé par la croissance des satellites de communication ou d'imagerie exploitées par des acteurs privés.

Le maintien et la garantie de l'accès à l'espace sont des éléments essentiels de la souveraineté, de l'indépendance voire même de la pérennité de la dissuasion française (via des capacités d'alerte avancée). Elles permettent également le développement d'une filière scientifique, technologique et industrielle d'excellence.

## Capacités nécessaires et choix français

Afin de faire face à l'importance croissante des activités spatiales pour la conduite des opérations militaires de la France, le ministère de la Défense a procédé à la création en 2009 du Commandement Interarmées de l'Espace (CIE) chargé de piloter la politique spatiale militaire et de contribuer à sa mise en œuvre au profit du sous-chef opérations de l'Etat-Major des Armées (EMA). Le CIE gère ainsi l'ensemble des satellites opérés ou auxquels il peut accéder pour

released its Asterix satellite into orbit from the Diamant-A launch vehicle on 26 November 1965, thereby protecting its sovereignty. While the boundaries of a state are three dimensional and lie 100 km above sea level at the limits of its national airspace, outer space is not outside the rule of law. It is subject to, among other things, United Nations General Assembly resolution 1348 (XIII)<sup>3</sup> of 13 December 1958 (relative to the peaceful use of outer space), which was completed in October 1967 by the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space. These legal instruments did not prevent the more or less overt development of several space defence initiatives during the Cold War, for example Ronald Reagan's Strategic Defence Initiative. However, such initiatives were relatively few. Since the early 2000s, several countries have pursued their ambitions in space as a means of affirming their power, for example China and its ASAT missile test. Private space travel could also lead to new legislation relative to space activities, for example the SPACE Act (Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship), passed by the United States in November 2015. Other changes have already been brought about by the growth in satellite communication and in the use of satellite imagery by private players.

Preserving and guaranteeing access to outer space are vital to ensuring the sovereignty, independence and even sustainability of the French deterrence strategy (through early warning capabilities). They also promote the development of excellent scientific, technological and industrial expertise.

## Necessary capabilities and the choices made by France

In 2009, given the growing importance of space activities in France's military operations, the Ministry of Defence created the CIE (Commandement Interarmées de l'Espace - Joint Space Command). The CIE is tasked with developing and implementing military space policy for the Joint Staff's Deputy Chief of Operations. It manages all of the satellites operated by or accessible to France, on behalf of the Joint Staff. It also oversees the use of telecommunications satellites: Two Syracuse 3 satellites, one Athena Fidis and one Sicral 2 operated jointly with Italy<sup>4</sup>. The latter are operated by the CNMO MS (Centre National de Mise en Œuvre des Moyens Satellitaires - the national centre for the use of satellite resources) and the DIRISI (Direction Interarmées des Réseaux d'Infrastructures et des Systèmes d'Information de la Défense - the joint

<sup>3</sup> [http://www.un.org/french/documents/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/1348\(XIII\)&Lang=F](http://www.un.org/french/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/1348(XIII)&Lang=F)

l'EMA. Le CIE pilote ainsi l'emploi des satellites de télécommunications : deux Syracuse 3, un Athena Fidus et un Syrcal 2 opéré conjointement avec l'Italie<sup>4</sup>. La mise en œuvre de ces moyens de communications satellitaires est assurée par le Centre National de Mise en Œuvre des Moyens Satellitaires (CNMO MS) de la DIRISI (Direction Interarmées des Réseaux d'Infrastructures et des Systèmes d'Information de la Défense). Concernant la gestion des satellites d'observation, celle-ci est assurée par un OVIA (Organisme à Vocation Interarmées à dominante Air) du Commandement des Forces Aériennes (CFA), le Centre Militaire d'Observation par Satellites (CMOS), se voyant déléguer le contrôle opérationnel des satellites d'observation de la Terre par le CIE. Ce dernier travaille en premier lieu au profit de la Direction du Renseignement Militaire (DRM) qui se charge de hiérarchiser les demandes au profit de l'EMA et des Forces. Le CMOS gère ainsi<sup>5</sup> : deux satellites de renseignement image Helios 2 (-2A et -2B), deux satellites de renseignement image civilo-militaires Pléiades (-1A et -1B) développés dans le cadre du programme franco-italien Orfeo (Optical and Radar Federated Earth Observation), les Italiens ayant développé le satellite d'imagerie radar COSMO-SkyMed (quatre exemplaires en orbite auxquels la France a accès). La France peut également accéder aux images radar prises par les cinq satellites SAR Lupe allemands, le CMOS gérant également l'imagerie acquise auprès d'opérateurs privés (Airbus D&S depuis le rachat de Spot Image, Digital Globe, etc.).

## Préparer l'avenir

Afin d'assurer une continuité dans la préparation de l'avenir, et de garantir le volet spatial de la fonction « connaissance et anticipation », la France a consenti un effort financier conséquent de 2,4Md€ dans le cadre de l'actuelle LPM pour les programmes spatiaux. Ceux-ci doivent permettre de pérenniser l'activité spatiale de la France au service des opérations.

- **Le ROEM : ambitions dans le domaine de la guerre électronique**

En 2012, les 4 démonstrateurs de satellite ELISA (Electronic Intelligence Satellite) ont rejoint leur orbite définitive après leur tir par un lanceur Soyuz depuis Kourou en décembre 2011. Ces 4 microsattelites suivent une lignée d'engins spatiaux visant à étudier les capacités dans le domaine du ROEM (Cerise,

directorate of infrastructure networks and information systems). Observation satellites are managed by an OVIA (a joint army organisation with a predominant Air Force component) operating under the CFA (Commandement des Forces Aériennes - Air Force Command). As for the CMOS (military satellite observation centre), the CIE has put it in charge of the operational management of Earth observation satellites. The CMOS works primarily for the DRM (Direction du Renseignement Militaire - Military Intelligence Directorate), which prioritises requests for the Joint Staff and the Armed Forces. Thus it manages<sup>5</sup> : Two Helios 2 image intelligence satellites (-2A and -2B) and two civilian/military image intelligence satellites (Pleiades -1A and -1B). The latter were developed as part of the Franco-Italian programme ORFEO (Optical and Radar Federated Earth Observation), the Italians having developed the radar imaging satellite COSMO-SkyMed (there are four of these satellites in orbit to which France has access). France also has access to radar images taken by Germany's five SAR-Lupe satellites, as the CMOS also manages images acquired from private operators (Airbus D&S since the acquisition of Spot Image, Digital Globe, etc.).

## Preparing for the future

To make sure that preparations for the future continue uninterrupted, and that “knowledge and anticipation”—one of the five strategic functions of the national security strategy—encompasses outer space, France has invested a substantial €2.4 billion in space programmes, through its current LPM (military planning law). This should enable France to continue its space activities in support of military operations.

- **SIGINT: Ambitions in electronic warfare**

The four ELISA (Electronic Intelligence by Satellite) demonstrator satellites reached their final orbit in 2012, having been launched from Kourou by a Soyuz rocket in December 2011. These four micro-satellites are the latest in a line of space vessels—Cerise, Clementine, Essaim—designed to investigate SIGINT capabilities as part of the final development phase of the CERES programme (Capacité de Renseignement Electromagnétique Spatiale - spaceborne electromagnetic intelligence capability). France will place three satellites in orbit at the end of the decade to monitor radar emissions and communications

<sup>4</sup> <http://defense.blogs.lavoixdunord.fr/archive/2015/05/29/cie-commandement-interarmees-de-l-espace-14039.html>

<sup>5</sup> <http://www.defense.gouv.fr/actualites/dossiers/l-espace-au-profit-des-operations-militaires/fiches-techniques/cmsos>

Clémentine, Essaim) en préparant la fin du développement du programme CERES (Capacité de Renseignement Electromagnétique Spatiale). Trois satellites seront ainsi placés en orbite à la fin de cette décennie afin d'assurer à la France une capacité de cartographie des radars et des réseaux de communication afin d'assurer un suivi de l'ordre de bataille électronique des pays en zones potentielles d'opérations des armées. ELISA doit permettre d'étudier les satellites évoluant en essaim à des fins d'identification des dispositifs adverses, les trois CERES étant également appelés à évoluer de concert afin de trianguler le dispositif étudié<sup>6</sup>.

- **Le ROIM : unifier les capacités européennes**

Alors que le programme CERES est mené en national, la France a fait le choix de s'allier à l'Allemagne et l'Italie ainsi qu'à l'Espagne, la Grèce, la Belgique et la Pologne pour le renouvellement de sa composante spatiale optique. Le programme MUSIS (Multinational Space-based Imaging System for Surveillance, Reconnaissance and Observation) associera ainsi plusieurs capacités amenées par chaque pays notamment le CSO (Composante Spatiale Optique) français, le satellite d'observation optique grand champ Ingénio (Espagne), le satellite d'observation radar Sarah (Allemagne) ou encore le satellite d'observation radar dual COSMO-SkyMed NG (Italie).

Sous maîtrise d'ouvrage CNES par délégation de la DGA, le CSO succèdera aux satellites Helios avec trois satellites placés en orbite polaire à différentes altitudes. Ces satellites seront dédiés à deux types de mission : Reconnaissance (800km, large zone couverte) et Identification (480km, haut niveau de résolution, de qualité d'image et d'analyse). Ses capteurs permettront l'acquisition d'images en HD dans les domaines visible et infrarouge (jour/nuit)<sup>7</sup>.

- **Les communications : un domaine en structuration**

Dans le domaine des communications satellitaires, élément vital des armées pour mener leurs opérations, la France dispose de moyens propres mais a récemment développé un système en coopération avec l'Italie. Placé en orbite géostationnaire en 2014, le système Athéna-Fidus (Access on theatres for

systems and to collect Electronic Order of Battle data for countries in potential areas of military operations. ELISA should enable France to study swarms of satellites and hence to identify enemy devices. The three CERES satellites are also designed to work together to triangulate the location of devices<sup>6</sup>.

- **IMINT: Unifying European capabilities**

While CERES is a national programme, France has chosen to join forces with Germany, Italy, Spain, Greece, Belgium and Poland to renew its optical space observation system. The MUSIS programme (Multinational Space-based Imaging System for Surveillance, Reconnaissance and Observation) will therefore combine the capabilities of several countries: the French CSO (Composante Spatiale Optique - Optical Space Component), Spain's wide-field optical observation satellite Ingenio, Germany's radar observation satellite Sarah, and Italy's next generation dual-radar observation satellite COSMO SkyMed.

The French Ministry of Defence Procurement Agency (DGA) has commissioned the space agency (CNES) to run the CSO programme. The CSO will replace the current Helios satellites with three satellites placed in polar orbit at different altitudes. These satellites will carry out two different types of missions: Reconnaissance (800 km, large area covered) and Identification (480 km, high resolution, high image and analysis quality). They will enable the acquisition of high-definition images in the visible and infra-red spectra (day/night)<sup>7</sup>.

- **Communications: An area under development**

France has its own satellite communications system, which plays a vital role in military operations. However, it has recently developed a joint system with Italy. Placed in geostationary orbit in 2014, the Athena-Fidus system (Access on Theatres for European allied forces Nations - French/Italian Dual-Use Satellite) should meet the satellite communication needs of both countries. Sicral 2, which is also a Franco-Italian initiative but is dedicated exclusively to military communications, complements France's existing Syracuse III system (System for Radio Communication Using a Satellite). The satellites

<sup>6</sup> <http://www.defense.gouv.fr/actualites/dossiers/l-espace-au-profit-des-operations-militaires/cooperation-internationale-et-avenir-recherche-et-developpement/developpement-et-programmes-futurs/programme-ceres-un-nouveau-pas-dans-la-detection-de-signaux-electromagnetiques>

<sup>7</sup> <https://cso.cnes.fr/>

European allied forces nations-French Italian dual use satellite) doit permettre de répondre aux besoins de l'Etat français comme de l'Etat italien en matière de communications satellites. Avec Sicral 2 également franco-italien mais exclusivement dédié aux communications militaires, la France disposerait de moyens complémentaires à son système Syracuse III (Système de Radiocommunication Utilisant un Satellite). Les satellites armant ce programme ont été placés en orbite entre 2006 et 2014. Ils seront remplacés à horizon 2020 par le programme COMSAT NG (Communications par Satellite Nouvelle Génération) destinés à renforcer les capacités de communication robustes des armées.

## L'accès à l'espace : d'Ariane 5 ECA à Ariane 6

La question de l'accès à l'espace passe par la maîtrise industrielle et technologique des lanceurs spatiaux. Dans ce domaine, la France s'est inscrit résolument dans la coopération européenne avec le développement du lanceur Ariane suite à l'échec du programme Europa. Ariane 6 s'inscrit dans la continuité de ses prédécesseurs en dépit d'évolutions certaines sur le processus de conception et le montage industriel privilégié. Ariane doit en effet faire face à une « libéralisation » de l'accès à l'espace aux Etats-Unis avec plusieurs initiatives privées symbolisées par l'entreprise Space Technologies (SpaceX) d'Elon Musk<sup>8</sup>. Mais d'autres entreprises se positionnent sur le marché du spatial depuis le début des années 2010, soutenu par la NASA sur demande du Congrès, notamment Blue Origin de Jeff Bezos avec son lanceur Blue Origin, ou encore Sierra Nevada Cop, électronicien de défense développant la navette spatiale Dream Chaser. L'ensemble de ces entreprises ont été parties prenantes du programme Commercial Crew Programm (CCP) de la NASA (notamment sur la partie du système de lancement complet, le Commercial Crew Transportation System), ou encore du programme COTS (Commercial Orbital Transportation System) de l'agence spatiale américaine. L'ensemble de ces développements se caractérise par un volet réutilisable qu'il s'agisse du porteur (capsule, navette) ou d'une partie du lanceur.

Pour autant, pour Ariane 6, la question de l'aspect réutilisable n'est pas tranchée. Pour Stéphane Israël, PDG d'Arianespace<sup>9</sup>, il convient de ne pas juger à travers les échecs du passé (Space Shuttle) et surtout ne pas se focaliser sur un seul concurrent et ses solutions. Les choix opérés sur la question des lanceurs réutilisables ou en partie récupérables

operating under this programme were launched between 2006 and 2014. They will be replaced by 2020 by the COMSAT NG (Next Generation) satellite communications system, designed to increase the Armed Forces' already robust communication capabilities.

## Access to space: From Ariane 5 ECA to Ariane 6

To access outer space, a country must have the industrial and technological capabilities needed to develop and manufacture launch vehicles. France is firmly committed to European cooperation in this area, with the development of the Ariane launcher following the failure of the Europa programme. Ariane 6 follows in the steps of its predecessors, despite changes in the design and manufacturing processes. The Ariane programme is now confronted with the "liberalisation" of space access through a number of private initiatives in the United States, epitomised by Elon Musk's Space Technologies (SpaceX)<sup>8</sup>. However, other companies have also been operating in the space market since the early 2010s, and are supported by NASA at the request of Congress. They include Jeff Bezos' Blue Origin and its Blue Origin Rocket, and Sierra Nevada Corp., a defence electronics company that developed the Dream Chaser space shuttle. All of these companies took part in the Commercial Crew Program (CCP) run by NASA, working in particular on the Commercial Crew Transportation System. They were also involved in the American space agency's COTS (Commercial Orbital Transportation System) project. Both systems feature a reusable element, whether it be the carrier (capsule, shuttle) or part of the rocket.

However, no decisions have been made regarding the possible reusability of Ariane 6 components. Stéphane Israël, CEO of Arianespace<sup>9</sup>, believes that it would be wrong to make a decision on the basis of past failures (Space Shuttle) and, above all, to focus on a single competitor and their solutions. The decision to develop reusable or partly reusable launch vehicles would create a number of economic uncertainties: Loss of performance<sup>10</sup> or review of the business model for launch vehicles used in many missions where maximum performance may not be necessary. Ariane 5 offers optimal performance in line with the needs of Arianespace's clients. The reuse of launch vehicles could also lead to a drop in production rate, whereas a high production rate significantly reduces

<sup>8</sup> Elon Musk est également connu pour avoir fondé PayPal, revendu depuis à eBay, ainsi que les automobiles Tesla, et pour être proche du président Obama.

<sup>9</sup> Stéphane Israël, PDG Arianespace, <https://www.youtube.com/watch?v=zImbRUQDjkQ>



entraînent plusieurs incertitudes économiques : pertes de performances<sup>10</sup> ou remise en question du modèle économique sur des lanceurs tirés pour un nombre important de missions où les performances maximales du lanceur ne seraient pas nécessaires. Ariane 5 dispose aujourd'hui de performances optimisées pour les besoins des clients d'Arianespace. Le risque induit par la récupération des lanceurs porte également sur une baisse des cadences de production, les fortes cadences étant à l'origine d'un pourcentage conséquent des réductions de coûts du lanceur. D'autres incertitudes subsistent : quelle est la bonne cadence de production par rapport à la récupération d'éléments des lanceurs ? Quel est le coût de réhabilitation des étages récupérés<sup>11</sup> ?

Dans tous les cas, l'avenir de l'accès à l'espace pour la France passera par Ariane 6 et le lanceur Vega, tous deux commercialisés par Arianespace. L'Union Européenne devrait ainsi approuver le rachat d'Arianespace par Airbus Safran Launchers, les deux entreprises ayant rassuré la Commission sur la mise en concurrence attendue des lanceurs Ariane 6.2 et Vega<sup>12</sup>. ASL envisage ainsi de disposer de son lanceur à pleine capacité opérationnelle à horizon 2023, suite au contrat de 2,4Md€ attribué par l'Agence Spatiale Européenne à ASL en août 2015.

## La préparation de l'avenir : éléments de prospective

- **Communications par satellites : nouvelles bandes**

L'enjeu des satcoms et de la saturation de certaines bandes amènent certaines pistes de réflexion sur la question. La saturation de certaines communications spatiales est aujourd'hui un enjeu majeur : les bandes C, X et S sont menacées, amenant progressivement les opérateurs à se diriger vers la bande Q/V.

A l'échelle mondiale, le nombre d'abonnés aux communications en bandes larges par satellite devrait progresser et passer de 1,5 million en 2011 à près de 6 millions en 2020. L'extension du spectre accessible aux liaisons satellitaires devient un enjeu majeur en raison de l'attribution (à la Conférence mondiale des radiocommunications 2015) d'une partie de la bande L et de 200MHz au sein de la bande C aux services

costs. Other uncertainties remain: What is the optimal production rate if launch vehicle components are reused? How much would it cost to rehabilitate recovered stages ?<sup>11</sup>

In any case, the future of space access for France lies with Ariane 6 and the Vega launcher, both of which are manufactured by Arianespace. The European Union should therefore approve the acquisition of Arianespace by Airbus Safran Launchers, both companies having allayed the Commission's concerns about competition between the Ariane 6.2 and Vega launcher<sup>12</sup>. Ariane 6 is scheduled to reach full operational capability by 2023, following the €2.4 billion contract awarded to ASL by the European Space Agency in August 2015.

## Preparing for the future: Forward-looking prospects

- **Satellite communication: New frequency bands**

The saturation of some satellite communication bands is a major challenge, which has led operators to explore new avenues: The C, X and S bands are almost saturated, so operators are moving gradually to the Q/V band.

The number of satellite broadband access subscribers worldwide is expected to rise from 1.5 million in 2011 to almost 6 million in 2020. Extending the spectrum for satellite services is becoming a major issue due to the allocation (at the World Radiocommunication Conference 2015) of a portion of the L band and 200 MHz of the C band to next-generation<sup>13</sup> mobile satellite services, and the saturation of the Ka band<sup>14</sup>. Several statements have been made on the subject of saturation. According to the DGSIC (Direction Générale des Systèmes d'Information et de Communication - General Directorate for Information and Communication Systems), the problem may not arise for at least another ten years.

Thus, the possibility of using bands in a higher radiofrequency range (Q/V, W) and in the optical spectrum is being explored.

On 4 February 2015, the Italian space agency organised the first ever video conference to use the Q

<sup>10</sup> Du au choix du lieu et au mode de récupération du lanceur avec une perte de capacité d'emport plus importante en cas de retour au sol que pour un retour sur barge

<sup>11</sup> La question était également posée par S. Israël de l'impact de l'utilisation d'un lanceur « d'occasion » sur les assurances.

<sup>12</sup> <http://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/l-europe-va-donner-son-accord-au-rachat-d-arianespace-par-airbus-safran-launchers-587054.html>

mobiles de nouvelle génération<sup>13</sup> et l'arrivée à saturation de la bande Ka<sup>14</sup>. Plusieurs annonces ont été faites sur ce phénomène de saturation. Pour la DGSIC, la problématique pourrait être à un horizon supérieur à 10 ans.

Aussi, l'utilisation de bandes de fréquences plus hautes en radiofréquence (bande Q/V, W) et dans le domaine optique est à l'étude.

Le 4 février 2015, l'Agence spatiale italienne a réalisé la première visioconférence à utiliser les bandes Q et V. La charge utile utilise des fréquences entre 38 et 48GHz (au-delà de la bande Ka) pour étendre le domaine du spectre accessible aux télécommunications par satellite. L'avantage de ces fréquences est la possibilité d'utiliser des antennes plus petites mais présente le désavantage d'être encore plus sensible à l'atténuation du signal par les précipitations<sup>15</sup>. En effet, le large bande, en premier lieu les bandes de fréquences supérieures à 1 GHz, est affecté par les conditions atmosphériques<sup>16</sup>, particulièrement au niveau des zones tropicales<sup>17</sup>.

Face à la question de la saturation des satellites de communications militaires et de l'utilisation de satellites civils pour certaines données d'une part et à la croissance endémique des données transmises notamment pour la conduite des opérations (tant en direct : ROIM, ROEM, éléments C2, qu'en indirect : données de maintenance des équipements, intendance, données médicales, etc.), la question du dimensionnement des moyens de communication alloués aux armées pour les opérations devra être prise en compte. Enfin, la question de la sécurité de ces communications et du choix du canal de transmission doit être pris en compte voire automatisé pour ne pas impacter la confidentialité des informations. Le Department of Homeland Security a mis en évidence via une étude commandée, la vulnérabilité des communications par satellite notamment la vulnérabilité des terminaux civils (via leur firmware). L'ensemble des satellites en bande Ku auraient été impactés lors de l'étude ainsi que certains terminaux utilisés par l'OTAN<sup>18</sup>.

and V bands. The payload uses frequencies between 38 and 48 GHz (above the Ka band) to extend the area of the spectrum accessible to satellite communications. The advantage of these frequencies is that smaller antennae can be used. However, they do have the disadvantage of being even more sensitive to signal attenuation due to precipitation<sup>15</sup>. Indeed, wide bandwidths, and primarily frequency bands above 1 GHz, are affected by atmospheric conditions<sup>16</sup>, especially in tropical regions<sup>17</sup>.

Given the saturation of military communications satellites and the use of civilian satellites to relay certain data, coupled with the endemic growth in data transmissions relating, in particular, to operations (both direct transmissions [IMINT, SIGINT, C2] and indirect transmissions [equipment maintenance and administration data, medical information etc.]), the volume of communications resources allocated to the Armed Forces for their operations must be addressed. Lastly, communications and the data transmission channel must be secured, even automated, to ensure confidentiality. A report commissioned by the Department of Homeland Security has revealed that satellite communications systems, especially commercial terminals, are vulnerable to hacking via their firmware. According to the report, all satellites in the Ku band are affected, as well as some of the terminals used by NATO<sup>18</sup>.

## ▪ Hypersonic flight: Towards an attenuation of the boundary between airspace and outer space?

Ongoing studies in the field of hypervelocity and hypersonic flight are raising the prospect of attenuating the boundary between airspace (the atmosphere) and outer space. The United States has been conducting research in the field since the 1980s, when the DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) implemented its Copper Canyon project. This was followed by the National Aero-Space Plane (NASP) developed by NASA and the US Air Force, and the X-43C which completed three flights between 2001 and 2004, reaching a speed of Mach 9.65. These

<sup>13</sup> <https://www.lembarque.com/les-telecoms-mobiles-vont-pouvoir-investir-les-bandes-l-et-c-entre-1427-1518-mhz-et-3-4-3-6-ghz-004193>

<sup>14</sup> <http://www.clubic.com/connexion-internet/satellite/actualite-774592-saturation-eutelsat-ka-sat-menace-plan-france-thd.html>

<sup>15</sup> Une première mondiale en bandes Q/V sur Alphasat, 2015, <http://www.air-cosmos.com/une-premiere-mondiale-en-bandes-q-v-sur-alphasat-28625>

<sup>16</sup> La propagation dans la troposphère pour les systèmes spatiaux de télécommunications à très haut débit en bandes Ka et Q/V, Onera, [http://www.onera.fr/sites/default/files/actualites/breves/propaKaQV\\_see\\_jeannin.pdf](http://www.onera.fr/sites/default/files/actualites/breves/propaKaQV_see_jeannin.pdf)

<sup>17</sup> Le large bande par satellite atteint son plein développement, <https://itunews.itu.int/fr/2765-Le-large-bande-par-satellite-atteint-son-plein-developpement.note.aspx>

<sup>18</sup> <http://www.ttu.fr/le-cauchemar-des-satcoms/>

## Hypersonique : vers une atténuation de la frontière entre espace aérien et espace exoatmosphérique ?

Les projets actuellement menés dans le domaine de l'hypervélocité ou hypersonique posent la question demain d'une atténuation de la frontière entre espace aérien (l'atmosphère) et l'espace. A ce titre, les Etats-Unis poursuivent leurs travaux dans ce domaine, entamés dans les années 80 avec le projet Copper Canyon de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) et le NASP (National Aero-Space Plane) mené par la NASA et l'US Air Force, ou encore le X-43C qui effectua trois vols entre 2001 et 2004 avec une vitesse atteinte de Mach 9,65. Ces projets poursuivis sous différentes formes montrent l'implication des Etats-Unis sur le développement d'armements destinés à évoluer à la fois dans et hors atmosphère. Dans un premier temps, ces développements portent sur des missiles de croisière d'une part et planeurs manœuvrants d'autre part évoluant à vitesse hypersonique. Avec la structuration progressive de nombreux programmes de recherche lancés au cours des années 2000, les Etats-Unis affinent leurs besoins et leurs objectifs. La structure des programmes de recherches de la DARPA et de la NASA présentent ainsi différentes étapes à atteindre au cours du programme. Sur ce plan, le programme FALCON (Force Application and Launch from Continental United States) de la DARPA et de l'Air Force Space Command, mené de 2003 à 2013, illustre ces objectifs. Dans un premier temps, le programme devait porter sur le développement de planeurs manœuvrants<sup>19</sup> puis d'un démonstrateur à échelle réduite d'aéronef non-habité hypersonique réutilisable, avant à plus long terme, le développement de l'aéronef à échelle 1:1, le HCV (Hypersonic Cruise Vehicle). Le programme FALCON portait ainsi sur le développement de deux systèmes liés : un Small Launch Vehicle (SLV), lanceur spatial destiné à placer en orbite un vecteur hypersonique capable de délivrer de l'armement à l'échelle planétaire à vitesse hypersonique. SpaceX a d'ailleurs bénéficié du programme pour le développement de ses lanceurs en étant sélectionné pour les phases 1 et 2 du programme SLV<sup>20</sup> donnant lieu au développement de son lanceur Falcon 1<sup>21</sup>.

projects, which were pursued in different forms, underline the United States' commitment to developing weapons that will operate both inside and outside the Earth's atmosphere. Initially, they focused on cruise missiles and manoeuvrable glide vehicles capable of travelling at hypersonic speed. Now, the United States is gradually reorganising many of the research programmes started in the 2000s, and is redefining its needs and objectives. DARPA and NASA research programmes have thus been organised into several phases, which must be completed over the course of the programme. The FALCON (Force Application and Launch from Continental United States) programme, run by the DARPA and the Air Force Space Command from 2003 to 2013, is an excellent example of this. The initial phase of the programme focused on developing manoeuvrable glide vehicles<sup>19</sup>. The purpose of the second phase was to develop a sub-scale demonstrator of an unmanned reusable hypersonic spaceplane before, in the longer term, building a full-scale HCV (Hypersonic Cruise Vehicle). Thus the FALCON programme aimed to develop two connected systems: A Small Launch Vehicle (SLV) designed to place in orbit a hypersonic vehicle capable of delivering weapons all over the world at hypersonic speed. Moreover, SpaceX used the programme to develop its launch vehicles. It was selected to take part in phases 1 and 2 of the SLV programme<sup>20</sup>, during which it developed its Falcon 1 rocket<sup>21</sup>.

Although plans to develop an HCV under the Falcon programme were eventually abandoned, DARPA's XS-1 Spaceplane programme seems to confirm the United States' commitment to pursuing its efforts in this field<sup>22</sup>. Officially advertised as a means of placing satellite-type payloads in orbit, the XS-1 Spaceplane nevertheless marks a new trend towards opening up space to reusable spacecraft. Further illustration of this trend was provided in November 2013 when Lockheed Martin's Advanced Development Programs team (Skunk Works) presented their SR-72 "Son of Blackbird"<sup>23</sup>. The future aircraft is intended to fill a gap in surveillance coverage between satellites (predictable paths and radar tracking) and spy planes or drones (too slow and vulnerable). The SR-72 would take over the strategic reconnaissance role of the SR-71 Blackbird and be equipped with hypersonic

<sup>19</sup> Ce type de vecteur pourrait représenter une évolution des véhicules manœuvrants développés dans les années 80 par les Etats-Unis pour assurer une pénétration de leurs têtes nucléaires face aux défenses anti-missiles russes établies autour de Moscou. Voir le programme SWERVE (Sandia Winged Energetic Reentry Vehicle) et son successeur direct en développement par l'US Army dans le domaine hypersonique, l'AHW (Advanced Hypersonic Weapon). Celui-ci pourrait être le choix des Etats-Unis de développer un armement hypersonique à faible risque technologique alors que l'US Air Force gèrerait les programmes plus dimensionnants mais technologiquement risqués.

<sup>20</sup> Pour lesquels, l'entreprise d'Elon Musk aura reçu entre 4,35 et 4,45M\$. Source : <http://www.globalsecurity.org/space/systems/falcon-slv.htm>.

<sup>21</sup> <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2008/June/Pages/LowCost2247.aspx>



Si le vecteur HCV du programme Falcon aura finalement été abandonné, le lancement du programme XS-1 Spaceplane de la DARPA semble marquer la volonté des Etats-Unis de poursuivre les efforts dans ce domaine<sup>22</sup>. Officiellement affiché pour une utilisation de mise en orbite de charges utiles type satellite, le projet XS-1 marque néanmoins une tendance à l'ouverture de l'espace à des aéronefs réutilisables. Autre signe de cette tendance, la présentation<sup>23</sup> par les bureaux d'études Skunk Works de Lockheed Martin de leur SR-72 « son of Blackbird » en novembre 2013, illustre cette tendance. Le futur appareil serait destiné à remplir le gap capacitaire constaté dans le domaine du renseignement entre satellites (passages prévisibles et suivi par radar) et les avions de missions ou drones (trop lents et vulnérables). Le SR-72 reprendrait ainsi la mission de reconnaissance stratégique du SR-71 Blackbird et intégrerait une capacité de frappe par missiles hypersoniques, l'appareil en lui-même, évoluant déjà à Mach 6 en version non-habité<sup>24</sup>. Le concept intéresse tellement le DoD et la NASA que ces derniers ont lancé une étude de faisabilité auprès de Lockheed Martin pour le système de propulsion intégré d'un éventuel SR-72. Ce dernier s'appuiera sur ses participations aux programmes de recherches dans le domaine de l'hypersonique, notamment Falcon (HTV-2, HTV-3X, HCV et FaCET<sup>25</sup>).

Si ces programmes peuvent apparaître avoir des finalités différentes (mise en orbite de charges utiles spatiales, ISR, délivrance d'armements), ils n'en représentent pas moins une tendance lourde : une ouverture à l'espace d'aéronefs de mission appelés à ne plus seulement évoluer dans l'espace aérien. La mise en œuvre de tels systèmes entraînerait ainsi une évolution des zones d'opérations de nos armées et une remise en question de notre souveraineté et de notre accès à l'espace. Les projets russes dans le domaine de l'hypersonique – avec le projet de bombardier hypersonique PAK-DA – semblent démontrer l'intérêt de la Russie en réponse aux développements américains dans le domaine. Si les ambitions de la Russie apparaissent en décalage avec la réalité de ses capacités de développement dans le domaine notamment pour des raisons financières et industrielles (en dépit d'une expertise certaine et reconnue dans le domaine de l'hypersonique), Moscou va lancer une série de développements destinés au PAK-DA. Confiés au TsAGI, ces travaux seront menés en parallèle à la production d'une version avancée du Tupolev Tu-160 Blackjack, désignée Tu-160M2, pour le renouvellement de sa

missiles. The unmanned version of the aircraft itself is already able to reach speeds up to Mach 6<sup>24</sup>. The DoD and NASA are so interested in the concept that they have commissioned Lockheed Martin to study the feasibility of developing a built-in propulsion system for the SR-72. To do this, Lockheed Martin will draw on its participation in hypersonic research programmes like the Falcon programme (HTV-2, HTV-3X, HCV and FaCET<sup>25</sup>).

While these programmes may appear to have different objectives (launching of space payloads, ISR, weapons delivery), they are nevertheless representative of a strong underlying trend: The development of aircraft designed to operate not just in airspace but also in outer space. The use of such aircraft would change the operations area of our Armed Forces and would compromise our sovereignty and our access to space. Russia is also carrying out projects in the field of hypersonics (for example, the PAK-DA stealth bomber project), seemingly in response to American developments. While Russia's ambitions appear to be incompatible with its development capabilities for both financial and industrial reasons (despite its recognised expertise in hypersonic technology), Moscow is set to begin a series of developments intended for the PAK-DA. This work has been contracted to TsAGI and will coincide with the production of an advanced version of the Tupolev Tu-160 Blackjack (or Tu-160M2), designed to update Russia's fleet of nuclear-capable strategic bombers<sup>26</sup>.

However, a number of technological challenges will accompany these programmes and the technological risk is not insignificant:

- high temperatures (up to 2 000°C throughout the hypersonic flight), which may affect the coating and operation of the guidance and data transmission sensors and systems needed to carry out missions;
- constraints specific to navigation and attitude control: Complex given the load factor and very high speeds;
- complexity of the propulsion systems development process: It is already extremely difficult to integrate a scramjet engine and an aeronautical turbojet engine into a combined-cycle propulsion system, but when the latter is itself integrated into an aircraft with a lift-generating fuselage, several major technological challenges must be overcome.

<sup>22</sup> <https://www.flightglobal.com/news/articles/darpa-to-hold-open-competition-for-xs-1-demonstratio-424114/>

<sup>23</sup> <http://www.lockheedmartin.com/us/news/features/2015/sr-72.html>

<sup>24</sup> *Aviation Week, Meet the Son of Blackbird, novembre 2013.*

<sup>25</sup> *Hypersonic Technology Vehicle-2, -3X, Hypersonic Cruise Vehicle et Falcon Combined-cycle Turbine engine.*

flotte de bombardiers stratégiques à capacité nucléaire<sup>26</sup>.

Plusieurs enjeux technologiques seront toutefois au cœur de l'ensemble de ces programmes, avec un risque technologique non-négligeable :

- contraintes de température (pouvant atteindre jusqu'à 2 000°C et durant tout le vol hypersonique) pouvant impacter le revêtement et le fonctionnement des capteurs et systèmes de guidage, de transmission de données nécessaires à la conduite de mission ;
- contraintes spécifiques à la navigation et au pilotage : pilotage complexe sous facteur de charge et à très haute vitesse ;
- complexité du développement des systèmes de propulsion : déjà particulièrement complexe en soi, l'intégration d'un superstatoréacteur avec un turboréacteur aéronautique dans un système de propulsion à cycle combiné, lui-même intégré à l'aéronef privilégiant généralement une forme de fuselage porteur, présente plusieurs enjeux technologiques majeurs.

La France et l'Europe disposent pourtant de compétences établies dans ce domaine pour répondre à la question d'Eric Trappier, Président de Dassault Aviation, sur la préparation du futur et « savoir, par exemple, si les avions de combat de demain devront aller dans l'espace »<sup>27</sup>. Plusieurs programmes apparaissent ainsi comme des leviers intéressants pour avancer les développements dans ce domaine : citons le véhicule IXV (Intermediate eXperimental Vehicle) de l'Agence Spatiale Européenne, le projet Eole de l'ONERA et du CNES voire le SOAR (Sub Orbital Aircraft Reusable) suisse auquel participe Dassault Aviation et issu des travaux sur la navette Hermès. Il n'en demeure pas moins que cette rupture capacitaire nécessite une prise en compte dès maintenant pour préparer l'avenir et un développement éventuel de « l'aérospatiale de combat » de demain.

However, France and Europe have proven knowledge and skills in this field and are therefore in a position to answer the question asked by Eric Trappier, CEO of Dassault Aviation, on preparing for the future and on "whether, for example, the fighter aircraft of tomorrow will have to go into space"<sup>27</sup>. Several programmes could potentially play a key role in pushing forward developments in this field: For example, the European Space Agency's IXV (Intermediate eXperimental Vehicle) project, the Eole project developed by ONERA and the CNES, and even Switzerland's SOAR (Sub-Orbital Aircraft Reusable) spaceplane project, in which Dassault Aviation is taking part and which evolved from the Hermes space shuttle programme. Nevertheless, the gap in coverage must be addressed immediately so that we are ready for the future and for the possible development of space combat capabilities.

<sup>26</sup> <http://nextbigfuture.com/2016/04/russian-future-pak-da-stealth-bomber.html>

<sup>27</sup> <http://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/quels-industriels-pour-developper-l-avion-de-combat-de-sixieme-generation-europeen-578823.html>