



RAPPORT

NEXUS ALPHA.

- UNE RÉFLEXION DE LA JEUNESSE DE 2025 SUR LE FUTUR DU SPATIAL FRANÇAIS -

Juin 2025

EXECUTIVE SUMMARY

Le Rapport Nexus Alpha, porté par l'Alliance Stratégique des Étudiants du Spatial (ASTRES), propose une contribution stratégique originale, construite par une quarantaine de jeunes professionnels et étudiantes passionnées, pour penser l'avenir du spatial français à l'aune des défis du XXI^e siècle. Il s'inscrit dans un contexte d'intense recomposition du secteur spatial mondial, où s'entrecroisent innovation technologique, tensions géopolitiques, mutations économiques, enjeux environnementaux et impératifs de souveraineté.

Constat général

L'état des lieux mené dans la première partie du rapport souligne sept dynamiques majeures :

1. **Une dépendance nouvelle à la donnée d'origine spatiale, au cœur des opérations militaires, des politiques climatiques et des échanges économiques et diplomatiques.**
2. **Une complexité technologique structurante, qui rend l'innovation indispensable, le soutien institutionnel impératif et un besoin urgent en infrastructures.**
3. **Une fragmentation européenne préoccupante**, remettant en question le modèle institutionnel et industriel européen parmi les puissances spatiales.
4. **Une militarisation de l'espace** accélérée par l'arrivée d'acteurs privés puissants et difficilement contrôlables, pouvant conduire à terme à l'arsenalisation des orbites.
5. **Des tensions sociales et environnementales croissantes** qui dégradent la perception de l'utilité des applications spatiales.
6. **Un besoin urgent de régulation éthique et durable** des activités spatiales, dans un contexte encore peu normé à l'échelle internationale.
7. **Des besoins de financement croissants dans un contexte budgétaire public plus contraint que jamais.**

Les six priorités stratégiques proposées

Le rapport décline une vision structurée autour de six grandes priorités :

1. **Préserver l'excellence scientifique et technologique française** face aux risques de déclassement, par un soutien renforcé à la recherche, une articulation durable entre l'industrie et le monde académique et une maîtrise budgétaire.
2. **Structurer le secteur industriel spatial cohérent, innovant et compétitif**, en réconciliant le New Space et le Legacy Space autour d'une vision industrielle partagée, tout en clarifiant les priorités technologiques nationales.
3. **Accroître la résilience du modèle européen en réaffirmant l'importance du multilatéralisme et de la coopération**, en refondant la gouvernance européenne et en renforçant le rôle de la diplomatie spatiale.
4. **Développer l'autonomie militaire spatiale**, notamment par l'investissement dans la dualité civilo-militaire et la résilience des infrastructures critiques du sol jusqu'en orbite.
5. **Faire du spatial un projet éthique, durable et inclusif**, en intégrant mieux les territoires ultramarins, en encadrant l'impact environnemental, et en portant une ambition forte en matière de régulation internationale des débris et de contrôle du trafic en orbite.
6. **Instaurer une culture stratégique de long terme sur les enjeux spatiaux**, en développant une vision partagée et prospective de l'utilité du spatial, en sensibilisant les décideurs et les citoyens, de manière à créer une dynamique collective d'appropriation stratégique.

Recommandations clés

A la suite de ces analyses, le rapport propose plusieurs recommandations opérationnelles, parmi lesquelles :

- Poursuivre les efforts pour la recherche et identifier le spatial comme un domaine d'expérimentation prioritaire.
- Définir une liste de technologies stratégiques et sensibles, transparente et évolutive, pour concilier souveraineté nationale, innovation et partage européen.
- Réformer le retour géographique à l'ESA en introduisant plus de flexibilité et de transparence.
- Renforcer les capacités de surveillance, de cyberdéfense et de résilience dans le domaine spatial militaire.
- Multiplier les partenariats internationaux avec les puissances spatiales émergentes
- Renforcer l'appropriation du secteur spatial par les territoires pour mieux associer les populations locales aux retombées économiques, sociales et culturelles.
- Accroître significativement les efforts pour garantir la durabilité des activités spatiales.

Par ce travail collectif, Nexus Alpha se veut une contribution utile, lisible et ouverte pour éclairer les décisions publiques et les débats de fond sur le spatial français. Il offre une grille d'analyse et d'action ancrée dans les valeurs de durabilité, de responsabilité et d'exigence, à disposition de toutes celles et ceux qui souhaitent façonner un avenir spatial stratégique, humain et fédérateur. fairef

SOMMAIRE

Executive Summary	2
Rédacteurs	4
Sommaire	3
Genèse du projet	5
Méthodologie	6
Glossaire	8
Etat des lieux	9
La nouvelle importance mondiale des données et services spatiaux	9
Un domaine où l'innovation technique conditionne l'émergence des usages	10
Nouveaux acteurs, valeur accrue, motivations divergentes : un regain de conflictualités	14
Les défis pour la France et l'Europe	15
Vision et priorités	19
Conserver notre excellence technologique et scientifique acquise depuis plusieurs années	20
Faire émerger une vision unifiée du spatial français, capable de concilier innovation agile et souveraineté industrielle	23
Accroître la résilience du modèle européen en réaffirmant l'importance du multilatéralisme et de la coopération	27
Développer le spatial militaire, désigné pour défendre les intérêts français	31
Poursuivre les efforts pour développer les activités spatiales de façon durable et éthique au niveau national comme international	36
Instaurer une culture stratégique de long terme sur les enjeux spatiaux chez les citoyens	41
Liste des recommandations	46
Conclusion	49
Remerciements	50



RÉDACTEURS

L'Alliance Stratégique des Étudiants du Spatial (ASTRES) rassemble des étudiants et jeunes professionnels passionnés par l'univers spatial. L'association, créée en 2023, a pour objectif de recueillir et partager la vision du futur du secteur spatial, de favoriser l'insertion professionnelle de ses membres et de fédérer une nouvelle génération de passionnés autour de projets concrets. À travers des initiatives variées telles que des publications, des rencontres avec des experts, des conférences et des tables rondes, ASTRES se positionne comme un acteur dynamique et stratégique pour préparer l'avenir de l'industrie spatiale en France.

Alix Guigné

Julie Goyé Dogan

Amandine Carayol

Lisa Wong

Asma Khallouf

Louis Vermersch

Auriane Decker

Louna Daguet

Coralie Sourgen

Lucas Riolland

Emma Verneau

Marie Viguerie

Fanny Ayat

Nans Salenc

Florent Delvert

Simon Le Liboux

Gönül Yildiz

Thomas Delhon

Ingrid Mendo Emina

Thomas Gaboreau

Jade Ricouart

Washington Georges



GENÈSE DU PROJET

L'Alliance Stratégique des Etudiants du Spatial s'est constituée autour des questions de stratégie et vient apporter au secteur spatial le point de vue de la jeunesse, passionnée, novice et candide, fervente de contribuer à son tour. Afin d'ancrer les travaux thématiques des neuf groupes de travail de l'association dans une perspective plus large et cohérente, nous vous proposons ce rapport Nexus Alpha.

Le contexte de publication de ce rapport est particulièrement stimulant : depuis 2019, la France s'est dotée d'une stratégie spatiale de défense. Des fédérations de professionnels et des instituts de recherche appellent depuis de leur vœux une stratégie équivalente pour le secteur civil. En juin 2024, les adhérents d'ASTRES décident ensemble de travailler à leur vision pour le futur du spatial français et les travaux démarrent dès septembre. Or, en mars 2025, le gouvernement annonce la publication d'une stratégie spatiale nationale à l'été. Toutes ces initiatives partagent le même objectif : éclairer les enjeux, structurer les options possibles et proposer des pistes d'orientation pour contribuer à une meilleure compréhension et prise de décision sur ce sujet. Ce rapport ne prétend donc ni à l'exhaustivité ni à la solution définitive. Le rapport Nexus Alpha se place comme la vision de professionnels en devenir, passionnés et motivés à se former.

Le rapport Nexus Alpha est surtout un travail collectif de grande ampleur. Quarante personnes se sont mobilisées pour analyser le contexte actuel et ses dynamiques, interroger des experts de tout bord, formuler des priorités stratégiques et imaginer des pistes de réponse concrètes. Animés par la volonté d'apprendre sur le secteur spatial, de questionner les évidences et d'apporter une contribution rigoureuse et argumentée, nous avons grandi par cette expérience de réflexion collégiale, forts de notre diversité académique. Ce rapport sera aussi le terreau de nos travaux futurs dès septembre 2025 : réunis par une vision commune, lisible et disponible à chacun, nous pourrons approfondir chacun des sujets trop brièvement évoqués ici dans les groupes de travail de l'association.

MÉTHODOLOGIE

Après l'approbation en assemblée générale de ce projet, les participants au Boost Camp d'ASTRES de septembre 2024 a permis de définir la feuille de route pour mener à bien le projet. Nous avons donc travaillé par étapes :

Phase 0 – Identification des sujets clés

Une trame préliminaire du projet a été établie par le GT Gouvernance, puis soumise à l'ensemble des membres afin de recenser collectivement tous les sujets importants pour le spatial en 2040.

Phase 1 – Exploration des sujets

Chaque membre choisit un sujet à investiguer selon une grille commune (contexte, enjeux, impacts, etc.), en s'appuyant sur des sources bibliographiques, les débats du secteur lors des conférences spatiales, les connaissances et recherches académiques individuelles (mémoires de recherche, thèses). Une dizaine de fiches de synthèse sont disponibles sur notre site internet pour illustrer cette phase de travail.

Les GT ont ensuite chacun émis leur sélection des sujets les plus structurants. La Task Force, composée du bureau et des référents de GT, a utilisé ces sélections pour identifier les défis stratégiques majeurs à traiter dans le rapport final.

- ➔ Cette phase fut déterminante pour rédiger l'état des lieux, point de départ d'une vision pour le futur.

Phase 2 – Construction de la doctrine

Les défis identifiés sont analysés collectivement à l'aide d'exercices de confrontation d'idées. Nous avons organisé des ateliers de prospective, des sessions d'idéation, des réflexions par contraposé et par l'absurde. Grâce à ces échanges, les participants ont formulés et couché sur le papier leurs opinions argumentées, enrichies par des conférences et échanges avec des mentors. Toutes ces opinions furent soumises à un sondage interne afin de déterminer leur intégration dans la doctrine stratégique.

- ➔ Cette phase a permis de définir la vision et les six priorités présentées ci-après.

Phase 3 – Élaboration des recommandations

Enfin, pour répondre aux défis identifiés dans l'état des lieux en respectant la vision du futur élaborée ensemble, nous avons initié le travail des recommandations. Il fallait répondre à la question « quel est le meilleur moyen d'atteindre l'objectif futur (vision)



depuis le point présent (état des lieux) ? ». Nous avons recensé chaque levier disponible pour chaque priorité, et nous vous présentons les 17 recommandations les plus intéressantes selon nous parmi toutes les options imaginées.

Les recommandations présentées ici sont des esquisses des travaux futurs d'ASTRES en 2025 et ensuite. Chaque GT approfondira, avec l'aide de mentors, des recommandations concrètes pour atteindre les objectifs de la doctrine.

Phase 4 – Assemblage et relecture finale

Tous les éléments de travail ont ensuite été assemblé – plus de 200 pages de notes, brouillons, idées, réflexions – par le groupe des 21 rédacteurs susnommés ont patiemment élaboré ce document de cinquante pages.

Un cycle rigoureux de relectures successives (forme, fond, style) a permis d'aboutir à une version finalisée du document.

- ➔ Cette ultime phase prend fin par la nécessité logistique : il faut désormais assumer et diffuser ce travail, certainement incomplet mais éminemment riche de multiples opinions et contributions.

Cette organisation a permis de prendre en compte les atouts et les contraintes de notre panel de participants : une motivation collective très forte, une grande variété des profils et expertises permettant d'aborder tous les sujets d'intérêt, la disponibilité individuelle fluctuante et des formes de travail essentiellement digitales et distancées. Chaque personne pouvait ou bien contribuer à une seule des phases, ou suivre le projet dans son intégralité. De la phase préparatoire, en passant par l'exploration des sujets et jusqu'à l'élaboration du document final, deux tiers de nos adhérents ont participé au projet.

Le temps et la complexité d'un tel projet ont permis de faire naître le consensus : des heures à comprendre des concepts, à se renseigner, à revoir des mots. Nous avons construit notre confiance dans les uns et les autres, en vivant une belle aventure collective. Ce projet permettra, autant que possible, d'enraciner l'engagement et la motivation de tous ses participants à écrire l'avenir du spatial français et européen !



GLOSSAIRE

AfSA : Agence Spatiale Africaine

ASTRES : Alliance Stratégique des Étudiants du Spatial

CNES : Centre National d'Études Spatiales

CNEC : Centre National d'Éthique et de Compliance

CSG : Centre Spatial Guyanais

DROM-COM : Départements et Régions d'Outre-Mer – Collectivités d'Outre-Mer

ESA : Agence Spatiale Européenne (*European Space Agency*)

EUSPA : Agence de l'Union Européenne pour le Programme Spatial (*European Union Agency for the Space Programme*)

FAA : *Federal Aviation Administration*

ILRS : Station de recherche lunaire internationale (*International Lunar Research Station*)

ISRO : Organisation Indienne de Recherche Spatiale (*Indian Space Research Organisation*)

LOS : Loi sur les Opérations Spatiales

LPM : Loi de Programmation Militaire

SGDSN : Secrétariat Général à la Défense et à la Sécurité Nationale

UE : Union Européenne

UNOOSA : Bureau des Nations Unies pour les Affaires Spatiales (*United Nations Office for Outer Space Affairs*)

USML : *United States Munition List*



ETAT DES LIEUX

La nouvelle importance mondiale des données et services spatiaux

L'espace est depuis toujours un secteur technologique, d'exploration, de risque et d'opportunités de domination pour les États. Il connaît depuis quelques années des évolutions complexes sur les plans technologiques, économiques et géopolitiques, entre multiplication des acteurs, reconfigurations politiques et accroissement des menaces. On peut distinguer approximativement trois périodes passées : l'espace comme outil stratégique de quelques États, période marquée par le développement du renseignement satellitaire, de la navigation et la maîtrise de technologies sensibles ; le début des explorations humaines ; puis l'âge d'or de la télévision par satellite. Après une période de stabilité et de développement modeste, le secteur spatial est maintenant un secteur économique à la croissance forte nourrie par la mondialisation et l'adoption de services à grande échelle.

L'essor exponentiel des objets connectés (IoT) a profondément transformé les infrastructures de communication mondiales. De la domotique aux systèmes industriels en passant par les services critiques comme la santé ou la finance, ces dispositifs génèrent un volume colossal de données nécessitant une transmission rapide et sécurisée. Jusqu'à présent, ces échanges reposaient principalement sur les câbles sous-marins, mais la prise de conscience croissante de leur vulnérabilité, notamment aux sabotages ou aux cyberattaques, pousse les États et les entreprises à diversifier leurs moyens de communication. En conséquence, le recours aux satellites pour assurer la transmission des données devient une priorité stratégique, entraînant une augmentation significative du trafic de données dans l'espace.

En effet, **les données spatiales -définies ici comme les données produites par des capacités spatiales - gagnent en valeur à mesure que leur utilisation se fait plus systématique.** Tandis que les cas d'utilisation autour du spatial se diversifient, le nombre d'acteurs privés et de pays accédant à l'espace augmentent. De plus en plus d'individus dans le monde utilisent (souvent sans le savoir) au quotidien des données spatiales, par l'intermédiaire de services spatiaux (internet par satellite, service météo...). Pourquoi cette expansion nouvelle ? On peut voir une convergence inédite d'avancées

technologiques, de diminution des coûts, d'augmentation de la valeur des activités pour comprendre la nouvelle émergence d'acteurs privés.

La centralité nouvelle des données et services spatiaux peut aussi expliquer le rôle qu'ils peuvent jouer dans les phénomènes globaux comme le changement climatique et l'économie mondiale. Les systèmes spatiaux ont un rôle prépondérant pour la connaissance du changement climatique, puisque c'est le seul moyen d'obtenir des informations à grande échelle, en haute résolution, haute régularité et sur de larges périodes de temps. A l'opposé du spectre temporel, l'espace est aussi primordial pour la réponse aux catastrophes naturelles lorsque les infrastructures terrestres sont hors d'usage. Sur le plan économique, l'espace constitue une opportunité pour l'intensification et la mondialisation des échanges, en promettant toujours plus de rapidité, de couverture et de volume.

Ainsi, les acteurs privés, autrefois limités aux prestations pour le compte des États, se positionnent désormais comme des opérateurs autonomes, capables de gérer l'ensemble de la chaîne de valeur : conception des satellites, production, lancement, maintenance et fourniture de services. Starlink, filiale de SpaceX, illustre parfaitement cette tendance en s'imposant comme leader incontesté des télécommunications spatiales, avec une constellation de plusieurs milliers de satellites en orbite basse. On peut donc voir une dynamique auto-entretenu d'attractivité forte pour le secteur, souvent résumée par le terme *New Space* : l'espace attire de nouveaux entrants, qui démultiplient les potentiels de la donnée spatiale, débloquant de nouveaux horizons technologiques, augmentant ainsi la valeur, attirant toujours plus d'acteurs.

Un domaine où l'innovation technique conditionne l'émergence des usages

Le spatial constitue un secteur fondamentalement singulier, marqué par une complexité technologique sans équivalent. Accéder à l'espace reste aujourd'hui, comme hier, un défi immense. Soixante-huit ans après le lancement de Spoutnik 1, premier vol orbital de l'histoire, la conception et la fabrication de lanceurs demeurent des prouesses techniques, souvent entachées d'échecs. Les difficultés rencontrées récemment par des entreprises comme SpaceX avec Starship ou Isar Aerospace avec Spectrum en témoignent : envoyer une fusée une fois ne garantit en rien la réussite des générations suivantes.

Les contraintes physiques extrêmes — vibrations, accélérations, températures, variations de pression — mettent à rude épreuve les structures et systèmes embarqués. À cela s'ajoute la difficulté de modéliser avec précision de nombreux phénomènes : atmosphère terrestre, mécanique des fluides en régime transitoire, ou encore



comportements non linéaires en dynamique des structures. Certaines équations fondamentales ne sont toujours pas résolues, et les modèles restent approximatifs.

La quête actuelle de réduction des coûts, bien qu'elle stimule l'innovation, impose une pression supplémentaire sur les ingénieurs. La réutilisabilité, par exemple, exige une refonte complète des systèmes, avec des spécifications et des exigences drastiquement accrues.

Au-delà des lanceurs, les satellites et les missions scientifiques s'appuient sur des technologies de pointe : instruments optiques ou spectrométriques, propulsion avancée, capteurs sophistiqués. Un défi majeur demeure l'autonomie des engins spatiaux, qui doivent connaître leur position et leur orientation avec une extrême précision, parfois pendant des années. Pour cela, ils embarquent des systèmes de navigation complexes : pointeurs d'étoiles, capteurs solaires, magnétomètres, gyroscopes laser coûtant plusieurs centaines de milliers d'euros. Ce qui est trivial sur Terre — comme connaître sa position — devient dans l'espace une tâche d'une redoutable complexité.

Ainsi, les vastes perspectives de services et d'avancées scientifiques offertes par le spatial restent étroitement liées à la capacité d'innover technologiquement. Ce sont ces percées, encore à venir ou tout juste émergentes, qui façonnent les nouveaux marchés et nourrissent l'effervescence actuelle du secteur. On peut d'ailleurs identifier, de manière nécessairement arbitraire, dix grandes catégories de technologies qui structurent aujourd'hui les dynamiques du secteur spatial.

10 tendances technologiques majeures

1. Miniaturisation de l'électronique Les progrès dans la miniaturisation des composants électroniques ont permis la création de satellites plus petits, plus légers et plus abordables, sans compromis sur les performances. Cette évolution a favorisé l'émergence des constellations de petits satellites et ouvert l'espace à des acteurs privés, universitaires et institutionnels.

2. Puissance de calcul embarquée accrue L'augmentation de la capacité de calcul des systèmes embarqués permet désormais aux satellites et aux véhicules spatiaux d'effectuer des traitements de données avancés en temps réel (navigation autonome, traitement d'image, communications adaptatives), réduisant la dépendance aux stations au sol et augmentant leur autonomie opérationnelle.

3. Télécommunication inter-satellites Les progrès en communications inter-satellites, notamment par liaisons optique, permettent aujourd'hui la création de constellations en orbite basse (LEO) avec une faible latence de transmission,

facilitant l'accès mondial à Internet, la surveillance en temps réel et le développement de réseaux spatiaux résilients.

4. Réutilisation des lanceurs et rallumage des moteurs La capacité de rallumage des moteurs, historiquement présente sur certains étages supérieurs (ex : RL-10 sur Centaur), a été étendue aux premiers étages grâce à des avancées en contrôle moteur et en aérodynamique. La récupération et la réutilisation partielle ou complète des lanceurs, incarnées par SpaceX, ont réduit significativement le coût d'accès à l'espace.

5. Modélisation physique et simulation numérique La maîtrise des phénomènes de combustion turbulente, des oscillations vibratoires et des interactions fluide-structure grâce à des modèles physiques plus précis et à des outils de simulation numérique puissants a permis d'optimiser la conception des lanceurs et des charges utiles, réduisant les risques et accélérant les cycles de développement.

6. Nouveaux matériaux thermo structuraux L'utilisation de matériaux composites avancés, comme les composites carbone-carbone, a amélioré la résistance thermique et mécanique des structures spatiales, notamment pour les boucliers thermiques des véhicules réutilisables. Ces matériaux permettent d'augmenter la longévité et de réduire les coûts de maintenance des équipements spatiaux.

7. Fabrication additive (impression 3D) L'essor de l'impression 3D a transformé la production de pièces critiques (notamment de moteurs-fusées comme les moteurs Rutherford de Rocket Lab), en réduisant les coûts, les délais de fabrication et en ouvrant de nouvelles possibilités de conception complexes optimisées pour les performances.

8. Intelligence artificielle et autonomie spatiale L'intégration croissante de l'intelligence artificielle permet une gestion autonome plus performante des satellites et des systèmes orbitaux : optimisation des trajectoires, diagnostic de pannes, maintenance prédictive, traitement intelligent des données. L'IA est appelée à jouer un rôle clé dans la gestion des constellations, la surveillance spatiale et les futures missions d'exploration.

9. Protection contre les radiations spatiales Les progrès en blindage passif, en matériaux composites et en stratégies de tolérance aux pannes ont renforcé la robustesse des systèmes spatiaux face aux rayons cosmiques et aux éruptions solaires, prolongeant la durée de vie des missions.

10. Avancées dans l'énergie et la propulsion satellitaire Les nouvelles générations de batteries (lithium-ion, lithium-soufre) augmentent l'autonomie énergétique des satellites, tandis que les propulseurs électriques (moteurs à effet Hall, moteurs ioniques) offrent des solutions performantes pour la correction d'orbite et les missions interplanétaires à faible coût énergétique.

Ainsi, les perspectives ouvertes par le spatial — qu'il s'agisse de services commerciaux, d'applications stratégiques ou d'exploration scientifique — restent indissociables de l'innovation technologique. Ce sont bien ces percées, parfois invisibles mais déterminantes, qui conditionnent l'émergence de nouveaux usages et structurent l'évolution du marché.

Mais ces avancées, aussi prometteuses soient-elles, reposent elles-mêmes sur des infrastructures de pointe, sans lesquelles aucun développement n'est possible. En 2024, un record mondial de 261 lancements orbitaux a été enregistré, avec jusqu'à six tirs en l'espace de 18 heures. Cette intensification de l'activité accentue considérablement la pression sur les infrastructures au sol. En France, les capacités restent limitées : seuls deux pas de tir sont aujourd'hui opérationnels au Centre Spatial Guyanais (CSG), tandis que les installations de test — qu'il s'agisse de propulsion, d'environnement spatial simulé (vide, vibrations, radiations), ou d'intégration système — sont rares et souvent saturées. Cette situation freine les cycles de développement, allonge les délais d'accès à l'espace, et réduit la capacité à itérer rapidement, pourtant essentielle dans un contexte d'innovation accélérée et de compétition mondiale accrue.

À cette contrainte s'ajoute une dépendance structurelle à l'égard de composants critiques importés, qui fragilise la souveraineté industrielle de la filière spatiale française. Les systèmes embarqués reposent largement sur de l'électronique venue de l'étranger, en particulier de Chine. Si certaines alternatives existent sur le territoire national, leur coût reste prohibitif, faute d'une industrie locale de grande échelle capable de produire à bas coût. La dépendance ne s'arrête pas là : les terres rares, nécessaires à la fabrication d'alliages spécifiques, de batteries haute densité ou de systèmes de communication, sont-elles aussi largement contrôlées par la Chine. Cette situation expose la filière à des risques majeurs sur les chaînes d'approvisionnement, limitant sa compétitivité et sa capacité de projection à l'international.

Nouveaux acteurs, valeur accrue, motivations divergentes : un regain de conflictualités

Si l'espace peut être vu comme nouveau secteur économique, il n'en reste pas moins un domaine stratégique pour les États. La frontière entre espace aérien et espace atmosphérique peut avoir plusieurs définitions. Une première physique, la ligne de Karman située à 100 kilomètres d'altitude, définie dans les statuts de la Fédération Aéronautique Internationale (FAI). Pour la deuxième définition relevant de la doctrine militaire, deux écoles persistent. D'une part, une école de l'United State Air Force qui a notamment créé le concept d'« aérospatial » en 1958 considère l'espace circumterrestre comme le prolongement naturel du milieu aérien. D'autre part, l'école de l'« espace distinct » au sein de l'institution, définit clairement l'espace comme un milieu différent du modèle aérien et jette les bases de l'élaboration d'une doctrine spatiale opérationnelle détaillée. Ainsi, les enjeux de la maîtrise de l'espace rejoint les enjeux de supériorité aérienne.

La montée des tensions géopolitiques et la dépendance croissante des nations aux infrastructures spatiales transforment l'orbite terrestre en un nouveau front stratégique. L'espace a toujours joué un rôle d'appui aux activités militaires terrestres. Un détour par les satellites militaires d'observation, depuis Discoverer-25 (crucial durant la crise des missiles de Cuba en 1961) jusqu'aux systèmes modernes comme les satellites français CSO (Composante Spatiale Optique) démontre la nécessité de l'appui spatial aux opérations. Mais on peut remarquer que cette militarisation pourrait se prolonger par une arsenalisation, avec la mise en orbite de dispositifs capables de porter le combat au sein même de l'espace. En effet, les satellites de télécommunications, de navigation et d'observation, dont dépendent maintenant toutes les infrastructures terrestres, sont devenus des cibles potentielles pour les cyberattaques, le brouillage électromagnétique ou même des armes antisatellites. Le test d'une arme antisatellite (ASAT) par la Russie en 2021 a confirmé la capacité de certains pays à compromettre la sécurité spatiale, tout en générant une quantité massive de débris, aggravant le problème de congestion orbitale.

Les démonstrations de force ne se limitent pas aux armes antisatellites, bien que ces actions soient des plus saisissantes : de plus en plus de satellites dits « espions » ou « inspecteurs » sont capables d'approcher d'autres engins en orbite pour des opérations de renseignement, d'actions réversible ou non. Le satellite franco-italien Athena-Fidus aurait ainsi été surveillé de près par le satellite russe Louch-Olympe tandis que les satellites chinois "Shijian" tel que SJ-21 disposent de moyens d'arrimage (désorbitant Beidou-2 G2 en 2022). Ces attaques et expérimentations restent en général des signaux



faibles, difficiles à caractériser, à attribuer et à défendre. En effet, la surveillance est un enjeu majeur : suivre le comportement des satellites nécessite l'accès à un réseau mondial de stations sol et l'exploitation de catalogues de surveillance de l'espace détenus par les grandes puissances spatiales. Il y a un coût technique et un coût politique élevés à assurer la sécurité de ces actifs spatiaux.

Par ailleurs, les infrastructures spatiales, au sol comme en vol, sont victimes de cyberattaques, car elles sont aussi numériques. Alors que les réseaux terrestres sont déjà la cible d'acteurs malveillants, les stations de contrôle deviennent des points d'entrée privilégiés pour perturber les communications, détourner des flux de données ou même désactiver des services critiques. Des États comme la Chine et la Russie ont démontré leur capacité à brouiller ou neutraliser des signaux satellitaires. L'espace devient ainsi un théâtre de conflictualité qui manque d'un cadre juridique international bien défini et contraignant. Ces menaces poussent les nations à revoir leurs stratégies de défense spatiale, à réorganiser leurs institutions associées et à accroître le développement de contre-mesures technologiques, en intégrant des capacités militaires aux infrastructures civiles et en renforçant la coopération entre agences gouvernementales et entreprises privées.

Cependant, la régulation internationale demeure lacunaire. Le cadre législatif actuel, essentiellement basé sur les traités de l'ONU datant de la Guerre Froide, semble inadapté aux réalités contemporaines du *NewSpace* et de la nouvelle conflictualité circumterrestre. Peu d'états souhaitent imposer des normes contraignantes qui pourraient limiter leur liberté d'action ou ralentir leur développement technologique. L'Europe, bien que prônant un usage pacifique et coopératif de l'espace, peine à harmoniser ses politiques internes. Les discussions autour d'une législation spatiale européenne avancent lentement, freinées par la diversité des intérêts nationaux et industriels. Pourtant, face à la montée en puissance des acteurs privés comme SpaceX et au développement de stratégies spatiales agressives par certaines puissances, une gouvernance renforcée devient impérative pour préserver la stabilité de l'espace extra-atmosphérique, jusque-là préservé de conflits à large échelle.

Les défis pour la France et l'Europe

En Europe, la gouvernance spatiale est particulièrement complexe en raison de la coexistence de multiples acteurs. Ces derniers sont communément identifiés de la façon suivante : l'Agence Spatiale Européenne (ESA en anglais), l'Union européenne (UE) principalement à travers la Commission européenne et enfin les agences nationales (ou entités équivalentes s'occupant du spatial) des États membres de l'UE et de l'ESA, avec en exemple le CNES en France. L'Europe doit ainsi composer avec divers acteurs, ayant



chacun leurs propres ambitions, visions et besoins du spatial rendant difficile une approche commune.

De premières dissensions sont apparues au niveau du partage de la gouvernance et de la politique spatiales entre l'UE et l'ESA. Si le spatial européen s'est d'abord structuré autour de l'ESA créée en 1975 et du principe aujourd'hui contesté du retour géographique, l'UE s'est peu à peu imposée comme acteur incontournable du secteur. La Commission européenne finance en effet (en majorité) des programmes spatiaux renommés ayant garanti la place de l'Europe parmi les grandes puissances spatiales, tels que Galileo ou encore Copernicus. Cependant, l'équilibre, qui semblait s'être établi entre les deux institutions depuis leur premier accord-cadre en 2004, apparaît vingt ans plus tard fragilisé. La Commission européenne a en effet exprimé sa volonté de reprendre la main sur la politique et les programmes spatiaux, notamment les lanceurs.

De vives tensions sont également apparues entre États membres. Le Sommet de Séville en novembre 2023 a particulièrement souligné les visions divergentes entre ces derniers sur la question des lanceurs. Plus récemment, le projet d'IRIS² a été l'objet de ces divisions entre la France et l'Allemagne révélant des conceptions différentes de la notion de souveraineté, entre application européenne et nationale. Ces exemples témoignent des divergences et de leurs impacts sur la coopération spatiale en Europe.

La gouvernance spatiale européenne et plus généralement le spatial européen apparaissent ainsi fragmentés alors que l'on assiste à une accélération de la compétition dans l'Espace exo-atmosphérique. La montée en puissance du spatial militaire avec l'apparition de plusieurs unités dédiées au spatial au sein des armées nationales en est un exemple marquant. À ce titre, nous pouvons citer pour la France la création en 2019 du Commandement de l'Espace (CDE). Dans un contexte d'incertitude de la poursuite des missions en partenariat avec les États-Unis et face aux dépendances à des acteurs externes, l'Europe semble aujourd'hui, et ce avec nécessité, vouloir se réorganiser. Il en va de la sauvegarde de ses intérêts et de la conservation de son autonomie concernant l'accès à l'Espace et la conduite de ses opérations spatiales.

L'accès à l'espace constitue un sujet de la plus grande importance, car il conditionne l'acquisition de ces données spatiales si cruciales aux activités terrestres. L'Europe a longtemps disposé d'un accès privilégié et reconnu avec Ariane 5, mais les difficultés de développement d'Ariane 6 ont démontré que cet accès peut être continuellement remis en jeu. La récente mise en concurrence des micro-lanceurs européens, visant à favoriser l'innovation et rationalité économique, constitue aussi un risque de fragmentation pour les ambitions européennes. Toutefois, des exemples de spécialisation réussie existent, comme dans l'observation de la Terre, où la France et l'Allemagne se sont réparti les expertises entre satellites optiques et radar, montrant que



la coopération ciblée peut renforcer la compétitivité européenne. La France, grâce au Centre Spatial Guyanais en Guyane française, bénéficie d'un atout majeur, mais doit renforcer sa capacité de projection face à une concurrence internationale accrue. La question de l'intégration des départements et régions d'outre-mer (DROM) dans la stratégie spatiale nationale est également centrale, ces territoires offrant des opportunités uniques pour le développement des infrastructures et l'observation de l'espace.

D'autre part, la situation monopolistique de SpaceX dans la fourniture d'internet par satellite avec Starlink a constitué un problème majeur de souveraineté pour l'Europe, qui a donc développé son alternative IRIS². Ce projet, soutenu par la Commission européenne, vise à se doter aussi d'un réseau satellitaire sécurisé, garantissant une indépendance vis-à-vis des infrastructures américaines. Toutefois, la mise en œuvre d'IRIS² et d'autres projets similaires nécessite des financements colossaux et s'adresse en priorité aux acteurs gouvernementaux et aux entreprises.

Contrairement aux États-Unis, où les capitaux privés abondent dans le secteur spatial, l'Europe peine à mobiliser des investissements à la hauteur des enjeux, même si l'ESA a mis en place un réseau de centres d'incubation d'entreprises (ESA BIC) à travers l'Europe, offrant un soutien financier et technique aux start-ups du secteur spatial. Ces centres visent à favoriser la croissance d'entreprises innovantes en leur fournissant un accompagnement adapté.

En France, le secteur spatial demeure fortement dépendant des financements publics, notamment à travers le programme France 2030. Ce plan d'investissement prévoyait une enveloppe de 1,5 milliard d'euros dédiée au spatial, visant à soutenir l'émergence de futurs champions sur les marchés émergents du secteur. À ce jour, 40 projets ont été sélectionnés, représentant plus de 266 millions d'euros d'investissements, avec une part significative allouée aux acteurs émergents. Cependant, malgré ces initiatives, le financement privé du secteur spatial en France reste limité. Les investisseurs privés sont souvent réticents à s'engager dans le spatial perçu comme incertain, peu rentable et à retour sur investissement à long terme. Cette situation contraste avec celle des États-Unis, où des fonds de capital-risque tels que Lux Capital ont investi massivement dans des start-ups spatiales, contribuant à la création d'un écosystème dynamique et compétitif. Ce retard financier freine le développement de nouvelles solutions et renforce la dépendance vis-à-vis des acteurs extra-européens.

Des initiatives émergent néanmoins pour développer une économie spatiale moins dépendante des financements publics. Par exemple, des projets tels que la production d'énergie solaire depuis l'espace (Space-Based Solar Power), l'exploitation de

ressources extra-atmosphériques ou la fabrication en orbite pour des applications pharmaceutiques sont en cours de développement. Ces modèles économiques, principalement financés par des acteurs privés, soulèvent toutefois des questions éthiques concernant l'appropriation des ressources spatiales et la préservation de l'environnement orbital.

L'augmentation du nombre de satellites en orbite et la réduction importante de leur taille engendre de nouveaux défis, notamment en matière de gestion du trafic spatial. La prolifération des constellations augmente le risque de collisions et la formation de débris, obligeant les opérateurs à effectuer des manœuvres d'évitement de plus en plus fréquentes. Cette problématique soulève des enjeux éthiques et de durabilité, mettant en lumière l'urgence de réguler l'occupation de l'orbite terrestre et de mettre en place des solutions pour la désorbitation des satellites en fin de vie. Dans cette perspective, un encadrement juridique plus strict semble indispensable. La France dispose déjà d'une Loi sur les Opérations Spatiales (LOS), mais qui n'a qu'un bénéfice limité si elle seule l'applique. Dès lors, grimper dans les échelons européens semble nécessaire mais non sans difficultés. Le besoin de consensus et de coopérations internationales se fait sentir. Les États-Unis, longtemps leaders incontestés de l'exploration spatiale, semblent adopter une posture plus sélective, privilégiant les partenariats privés à travers des initiatives comme les Accords Artemis, qui définissent les règles d'exploitation des ressources lunaires, ou encore le programme ILRS sino-russe, dont l'ambition est non seulement lunaire mais également normative à long terme. Cette évolution interroge sur la place des agences spatiales nationales dans ce nouveau paysage, ainsi que sur l'impact à long terme d'une privatisation croissante des activités spatiales. De nouvelles nations, comme l'Afrique du Sud, le Brésil ou la Suède, rejoignent progressivement le cercle des pays disposant d'un accès à l'espace, redistribuant les équilibres et soulignant la nécessité d'un cadre réglementaire global.

La France doit donc composer, comme toutes les autres nations aux ambitions spatiales, avec différentes strates profondément entrelacées : saisir les nouvelles opportunités économiques attachées au spatial, disposer d'une marge de manœuvre suffisante pour faire face aux potentiels conflits et préserver l'espace comme patrimoine de l'humanité, à la lumière des connaissances actuelles de l'impact humain sur l'environnement et de l'histoire du spatial comme espace de rêve et d'exploration. Avoir une vision claire et des objectifs doit donc permettre de naviguer plus facilement dans les sphères économiques, technologiques et géopolitiques à toute échelle, d'éclairer les partenaires et de dissuader les potentiels adversaires.



VISION ET PRIORITÉS

À l'issue de l'état des lieux dressé dans la première partie du rapport, plusieurs constats majeurs émergent. L'espace est devenu un domaine de développement technologique permanent, au croisement d'enjeux économiques, géopolitiques et militaires. Face à une compétition mondiale accrue, de plus en plus d'entreprises, y compris non spécialisées dans le spatial, investissent massivement ce secteur devenu stratégique. L'espace constitue également un nouveau champ de conflictualité : protéger les intérêts français y implique la sécurisation des satellites, la surveillance des orbites ou encore la résilience des communications souveraines. Dans ce contexte, l'espace ne fait pas exception aux exigences du développement durable, ni aux impératifs éthiques : les industriels doivent composer avec un cadre juridique international (notamment le Traité de l'espace de 1967), qui encadre les activités en orbite, la gestion des débris ou l'exploitation des ressources. Enfin, la politique spatiale française ne peut se concevoir qu'en articulation étroite avec l'échelon européen, dans une répartition des prérogatives entre l'État, l'Union européenne et les agences spatiales, gage d'une souveraineté partagée, durable et responsable.

Il est urgent d'activer pleinement le potentiel du secteur spatial. La présente partie décline ainsi les grandes priorités stratégiques retenues permettant à **la France de gagner en marge de manœuvre sur les plans technologiques, législatifs et économiques pour pouvoir affirmer sa vision du spatial, durable et éthique et au bénéfice premier de l'humanité**. Ces priorités s'articulent autour des concepts de compétitivité, d'autonomie stratégique et de démocratisation des enjeux spatiaux.

Priorité 1

Conserver notre excellence technologique et scientifique acquise depuis plusieurs années

Défis

Combattre le déclassement technologique

La privation d'accès à l'espace engendrée par le retard d'Ariane 6 a mis en évidence le risque de décrochage technologique pour l'Europe. En parallèle, les États-Unis, la Chine et l'Inde démontrent des progrès majeurs dans l'ensemble des technologies relevées précédemment. La recherche est en première ligne pour lutter contre le déclassement technologique.

Or, la recherche publique en France est confrontée à une précarité structurelle persistante, caractérisée par un sous-financement chronique, une reconnaissance institutionnelle insuffisante et une attractivité déclinante pour les jeunes talents. Cette situation a conduit à une fuite des cerveaux préoccupante, avec un nombre croissant de chercheurs français poursuivant leur carrière à l'étranger, attirés par de meilleures conditions de travail et de rémunération. Le lien entre la recherche et l'industrie demeure souvent ténu et complexe à mettre en place. Cela entrave la création de synergies durables et limite donc la capacité d'innovation du pays.

Le secteur spatial, bien qu'étant une exception relative grâce à une culture de coopération historique entre laboratoires et industriels, n'est pas épargné par ces fragilités. Les projets spatiaux, par leur nature à long terme, sont particulièrement sensibles aux interruptions de financement et aux aléas politiques, compromettant leur viabilité et leur efficacité. Il est donc impératif de protéger la recherche des fluctuations politiques, de garantir la continuité des investissements et d'établir une planification stratégique à long terme.

Faire face à la fragmentation européenne

L'Europe avait acquis par ses programmes de lanceurs et sa maîtrise des grands programmes scientifiques un statut unique de contributeur incontournable pour les programmes spatiaux internationaux, comme en témoignent l'implication majeure sur la Station Spatiale Internationale jusqu'à la réalisation parfaite du lancement du James Webb Telescope.



Or, la désunion affichée entre pays européens affaiblit la position du continent face aux autres acteurs dominants du domaine. Les dissensions nationales ont non seulement compromis l'avancement du programme Ariane 6, mais plus largement la position concurrentielle du portefeuille de lanceurs Ariane / Vega / Soyuz, déjà mis à mal par le contexte géopolitique. Les technologies associées aux lanceurs sont critiques pour l'ensemble de la filière spatiale car uniques et fondamentales pour toute la chaîne de valeur (maîtrise de l'hydrogène liquide, propergols solides et algorithmes de guidage-navigation-contrôle de précision), donc à protéger des aléas politiques. Des signaux clairs doivent être envoyés pour garantir le maintien des compétences, au sein des entreprises (transmission des compétences entre sortants et entrants), au niveau national et surtout au niveau européen.

La fragmentation du secteur spatial européen constitue donc un défi majeur pour l'autonomie stratégique et la compétitivité de l'Union européenne sur la scène internationale. Une simplification de sa gouvernance et une vision stratégique unifiée est donc plus que souhaitable.

Maîtriser le budget disponible

Tous les progrès scientifiques et technologiques sont possibles si le financement est illimité. Or, il est peu probable que la contribution des états européens aux programmes spatiaux de l'Union Européenne ou de l'ESA augmente drastiquement. Les efforts à déployer pour renforcer le secteur spatial européen continueront donc de s'inscrire dans une logique de rigoureuse maîtrise des coûts. Néanmoins, deux évolutions sont souhaitables : d'une part, une simplification des systèmes de financement et d'autre part, un accroissement du niveau d'investissement dans le secteur spatial. Le triptyque croissance/lisibilité/maîtrise est aussi primordial qu'une vision claire pour l'Europe spatiale. La maîtrise du budget passe par l'incitation aux approches modulaires, le recours accru aux technologies duales ou réutilisables, et une meilleure coordination entre les acteurs publics et privés. Ainsi, l'Europe pourra consolider sa souveraineté spatiale tout en garantissant la viabilité économique de ses ambitions à long terme.

Domaines d'action clés

Organisation : Amélioration de l'attractivité de la recherche pour les jeunes diplômés, investissement dans les formations. Diversification des parcours de formation propices au secteur spatial

Financement : Simplifier les mécanismes de financement français et européens. Augmenter le budget de la recherche chaque année.



Institutionnel : Inciter à toujours plus de synergies entre recherche publique et privée, au niveau national comme européen.

Propositions

- | | |
|----------|---|
| 1 | Poursuivre les efforts enclenchés pour la recherche française malgré le contexte économique, les ambitions et les financements consentis en 2020, en identifiant le spatial comme un cas d'application critique, disponible pour une expérimentation immédiate de nouveaux dispositifs plus ambitieux (attractivité des métiers, synergies recherche/industrie, commercialisation de technologies de pointe). |
| 2 | Renforcer les partenariats scientifiques européens autour de feuilles de route communes aux états européens, pour améliorer l'acceptabilité de la préférence européenne dans tous les états membres. |
| 3 | Augmenter l'accessibilité et la diversité des formations spatiales autour des technologies critiques, en intégrant des modules dédiés dans les cursus universitaires |

Effets attendus

Pour maintenir et renforcer son statut d'acteur majeur dans le domaine spatial, la France doit participer activement à l'émergence de technologies disruptives. En effet, se contenter de rester sur ses acquis dans un secteur où l'innovation est primordiale mène à un déclassement. L'enjeu est donc de stimuler la recherche, de lui redonner toute sa place en la réformant, afin d'assurer la pérennité de la puissance spatiale de la France. Cette démarche, soutenue par des partenariats scientifiques européens stratégiques et à une émergence de nouveaux talents, permettra de répondre aux défis majeurs du spatial tout en trouvant des solutions novatrices aux problématiques climatiques. De plus, les retombées de ces avancées technologiques profiteront à l'ensemble des citoyens, car les découvertes spatiales ont souvent conduit à la mise en œuvre de technologies cruciales, telles que les couvertures de survie, les purificateurs d'eau, les systèmes de filtration de l'air et les technologies solaires. Le développement de ces technologies, issues de l'adaptation aux contraintes extrêmes de l'espace, permet à la fois la lutte contre le réchauffement climatique, mais aussi la stimulation de l'économie.



Priorité 2

Faire émerger une vision unifiée du spatial français, capable de concilier innovation agile et souveraineté industrielle

Défis

Un nouveau tissu industriel pour l'ensemble de la chaîne de valeur, des lanceurs jusqu'aux services et données, génère de nouvelles opportunités mais risque de diluer les orientations stratégiques

La base industrielle spatiale française s'est fortement élargie avec l'essor du New Space, regroupant aujourd'hui plus de 1 700 entreprises. Les trois acteurs historiques – Ariane Group, Airbus Defence & Space et Thales Alenia Space – conservent une position dominante en termes d'emplois et de chiffre d'affaires. Cependant, ils font face à une transformation profonde de leurs marchés traditionnels, notamment l'accès à l'orbite, les technologies des satellites et les opérations sur satellites géostationnaires. Ils doivent donc concilier sauvegarde de leurs principaux acquis et adaptation aux évolutions futures.

En parallèle, les nouveaux entrants, libérés de la gestion d'un héritage industriel, sont attendus sur le terrain de l'innovation, de la rupture des coûts, au risque de bousculer les équilibres établis et d'intensifier la concurrence intra-européenne. Pour l'État, qui cherche à renforcer sa souveraineté à la fois par la compétitivité et la puissance militaire, ce dynamisme pose un défi stratégique : trouver un équilibre entre le soutien aux acteurs historiques et l'ouverture à de nouveaux modèles.

Des acteurs différents, NewSpace et industrie traditionnelle, freinés par des obstacles structurels partagés

L'effervescence présente dans le secteur spatial, liée à la multiplication des applications et des acteurs, intensifie les activités et accentue la pression sur les infrastructures au sol. Cependant, en France, les capacités de test et de lancement restent très limitées avec seulement 2 pas de tirs disponibles à Kourou et peu d'infrastructures de test de

propulsion comme de simulations de conditions orbitales. Cette situation freine les cycles de développement des nouveaux systèmes, allonge les délais d'accès à l'espace et limite la capacité à itérer rapidement, comme le requiert un secteur de plus en plus concurrentiel. Ces problématiques touchent davantage les nouveaux entrants, n'ayant pas encore d'infrastructures mais n'épargnent pas non plus les acteurs historiques qui doivent moderniser et renforcer leurs infrastructures pour répondre aux nouveaux défis techniques qui se présentent à eux.

À cela s'ajoute une dépendance structurelle à l'égard des importations dans la chaîne de production, qui compromet la souveraineté industrielle de la filière spatiale française et altère la capacité à produire. Ce désagrément touche tous les acteurs. En effet, le spatial est particulièrement dépendant de ces composants et matériaux critiques dans le développement de ces technologies de pointes

Enfin, l'absence de consensus international sur les normes et réglementations spatiales accroît les incertitudes juridiques et techniques pour les opérateurs. Le développement d'un même système spatial peut être soumis à des exigences divergentes selon les pays (normes de sécurité, autorisations, désorbitation, licences d'export), ce qui complique la mutualisation des produits à l'échelle mondiale, et augmente les coûts de développement. Cette hétérogénéité crée une asymétrie entre les acteurs selon leur pays d'origine, pesant particulièrement sur les entreprises européennes qui doivent composer avec un cadre multilatéral moins cohérent.

Des technologies inégalement critiques pour la souveraineté : le manque de clarté politique brime les nouveaux entrants et affaiblit les acteurs historiques

Le spatial est désormais perçu comme un enjeu central de souveraineté, justifiant de plus en plus une politique affirmée et un financement prioritaire. Toutefois, cette ambition se heurte à des contraintes budgétaires. Le budget spatial européen, et plus encore français, reste bien inférieur à celui des États-Unis (~73 Md\$) ou de la Chine (~14 Md\$ en 2023, source : Euroconsult).

Or, toutes les technologies spatiales ne présentent pas le même degré de criticité. Certaines sont stratégiques de premier ordre, étroitement liées à la dissuasion nucléaire ou aux capacités militaires. D'autres, en revanche, sont tournées vers des applications à fort potentiel économique et sociétal sans lien évident avec la souveraineté. Ces dernières devraient bénéficier d'une plus grande liberté en matière d'innovation et de mise sur le marché, innovation qui sera in fine bénéficiaire aussi au spatial militaire.



Les acteurs historiques reçoivent un soutien ambigu : insuffisant pour sécuriser leurs acquis, mais contraignant dans leur transition vers de nouveaux modèles (à l'image de Kodak face au numérique). De leur côté, les nouveaux entrants doivent s'adapter à ce secteur assez conventionné sur le plan industriel et s'adapter au cadre existant. Cela peut impacter leur agilité, peut disperser les ressources et provoquer des retards de compétitivité par rapport à d'autres pays.

Une transparence accrue sur les priorités stratégiques de l'État, ainsi qu'un pilotage plus explicite des objectifs technologiques, permettraient de rationaliser les efforts et de gagner en efficacité. De tels signaux stratégiques, clairement assumés par les autorités publiques, ont déjà démontré leur efficacité en Chine et aux États-Unis, où ils orientent les investissements et structurent durablement les écosystèmes. La liste USML (*United States Munition List*) par exemple a pour vocation première de cadrer les exportations d'armes y compris de certains systèmes spatiaux, mais permet dans le même temps de clarifier les technologies de grand intérêt pour l'Etat, à l'échelle nationale et internationale.

Il serait donc utile de préciser les contours de la base industrielle spatiale souveraine et de définir une véritable politique industrielle en matière de souveraineté, fondée sur trois principes directeurs : transparence, gradualité et évolution.

Propositions

4	Définir une liste de technologies nationales prioritaires ainsi que les technologies 'sensibles' (entendues comme concernant aussi le domaine de la défense et de la sécurité nationale) disponible publiquement et pouvant évoluer au cours du temps.
----------	--

5	Créer des synergies industrielles durables entre les secteurs de l'aviation, de l'automobile et du spatial en mutualisant les expertises et infrastructures.
----------	--

6	Continuer à porter des initiatives diplomatiques fortes en faveur de l'élaboration d'un nouveau cadre juridique international sous l'égide des Nations unies, visant à clarifier les règles d'usage de la force dans l'espace extra-atmosphérique, encadrer les capacités duales et co-orbitales, et prévenir une escalade incontrôlée vers une guerre spatiale ouverte.
----------	--

Effets attendus

La mise en place d'une vision stratégique claire pour le secteur permettra de fédérer les entreprises autour d'objectifs communs, en favorisant la collaboration plutôt que la concurrence. Par ailleurs, la clarification des technologies jugées prioritaires ou 'sensibles', couplée à l'expansion des infrastructures et à une harmonisation des réglementations internationales, contribuera à réduire la pression sur les acteurs européens. Cela facilitera leur projection à l'international et assurera leur pérennité. En effet, l'arrivée d'un grand nombre de nouveaux acteurs européens et la solidité du marché augmentent la pression et renforcent les rivalités. L'objectif est de construire un tissu industriel cohérent, en répartissant stratégiquement les différents besoins du secteur spatial, tout en préservant les technologies souveraines essentielles, notamment pour la défense et la dissuasion française, historiquement développées par le Legacy Space. Cela implique de clarifier les technologies concernées par ce spectre, afin de faciliter la répartition des besoins entre les acteurs établis et les nouveaux entrants. Faire émerger une vision unifiée permettra de réussir les mariages stratégiques entre les entreprises 'Legacy' et des nouveaux entrants en tirant le meilleur de chacun.



Priorité 3

Accroître la résilience du modèle européen en réaffirmant l'importance du multilatéralisme et de la coopération

Défis

Redéfinir la collaboration à l'Européenne

Il est fréquent depuis plusieurs décennies que des pays membres de l'Union Européenne questionnent la praticité et la viabilité de son fonctionnement. Beaucoup des institutions et organes de l'UE présentent des similitudes ou des redondances apparentes : la coexistence d'un Conseil Européen et d'un Conseil de l'Union Européenne, qui se distinguent de la Commission Européenne. Viennent ensuite un certain nombre d'agences décentralisées, censés exécuter des tâches techniques, scientifiques ou d'encadrement au service de la coopération entre l'UE, les autorités nationales et les partenaires sociaux. Cette complexité organisationnelle se ressent aussi dans le spatial : il est difficile de délimiter clairement l'action de la Commission Européenne, de l'EUSPA en tant qu'agence décentralisée ou de l'ESA en tant qu'agence intergouvernementale mais accueillant aujourd'hui le Canada. Le retour géographique, censé être une occasion de collaboration entre les contributeurs de l'ESA s'est révélé être un frein économique et industriel sur le programme Ariane 6. L'asymétrie importante dans le développement technique de capacités spatiales et l'investissement entre les pays ne semble pas non plus être adressé au travers du fonctionnement européen actuel.

La complexité de fonctionnement de l'UE conjuguée aux nombreux enjeux globaux auquel l'Europe a dû faire face (crises économiques, sanitaires, géopolitiques, ...) a mis en lumière des limites organisationnelles de la collaboration Européenne. Ces limites ont commencé à être apparentes au sortir du sommet de Séville de novembre 2023 où l'on assistait en Europe à une divergence de vision des principaux contributeurs de l'ESA pour les programmes de lanceurs Européens. La France fut à l'initiative d'une demande d'aide budgétaire pour Ariane 6, l'Allemagne en faveur d'une ouverture du marché du lanceur à la concurrence intra-européenne et l'Italie bénéficiaire de la commercialisation de Vega-C au travers d'Avio, et au détriment d'Ariane Espace. Un an et demi plus tard et malgré deux premiers vols d'Ariane 6 considérés comme réussis, l'offre de lancement européenne est loin de répondre aux enjeux posés par les acteurs établis à

l'international. Le tâtonnement des projets de mini-lanceurs les plus prometteurs en Allemagne et en France est à l'image de la difficulté qu'a l'Europe à répondre sur d'autres enjeux, qu'ils soient inhérents au spatial ou plus globaux. La signature des accords Artémis indépendamment de l'ESA par certains pays européens pose question sur le risque de dispersion stratégique en Europe, dans un contexte politique enclin à la prise d'initiatives unilatéralistes.

Trouver un consensus international sur une réglementation contraignante de l'exploitation et de l'usage de l'espace

Le constat en la matière est clair, et ce, depuis plusieurs décennies maintenant. Certes, un cadre législatif et organisationnel existe déjà pour traiter des besoins sur l'utilisation et l'exploitation des ressources extra-atmosphériques, le maintien d'un droit à l'accès à l'espace pour tous, l'allocation des fréquences, ...etc. Ce cadre est souvent sous l'égide d'une des institutions de l'ONU (UNOOSA, ITU, ...etc.), mais il reste très permissif. Les législations à l'échelle régionale sont par nature très hétérogènes, un problème de taille lorsqu'en plus des acteurs étatiques établis, de plus en plus d'acteurs privés ont désormais l'opportunité d'évoluer dans un environnement spatial de plus en plus conflictuel.

Si jusqu'à aujourd'hui, on pouvait considérer implicitement que la mise en place d'un cadre réglementaire contraignant pouvait attendre, on peut aujourd'hui constater que la tendance à la multiplication du nombre d'astronefs en orbite d'ici la fin de la décennie (estimation actuelle de 100 000 satellites en orbite en 2030) ne laisse plus de doute sur la nécessité d'une réglementation plus contraignante à l'international, à l'instar de ce qui peut être proposé dans le cadre du *French Space Operation Act*, étendue aux aspects opérationnels et militaires pour l'espace.

Réaffirmer le pouvoir de la diplomatie inter-états en dépit de la présence de nouveaux acteurs privés influents sur la sphère géopolitique

Quand on a évoqué la fragilisation des alliances interétatiques et ses effets, on ne peut ignorer l'influence de l'introduction des acteurs privés sur le marché des lanceurs et satellites. Le lancement de deux satellites Galileo (FM 25 et 27) par un lanceur Falcon 9 entre le 27 et le 28 avril 2024 est l'un des nombreux événements récents qui illustre la nécessité de trouver un modèle qui intègre les enjeux souverains portés par les états et les enjeux commerciaux portés par les acteurs privés.



Pour autant, le cadre politique et diplomatique tenu par les états est toujours une nécessité et une contrainte qui s'applique aux acteurs privés. Et pour cause : les agences spatiales (ESA, CNES, NASA, ...) ainsi que les organisations gouvernementales (Commission Européenne, EUSPA) sont toujours décisionnaires au regard du soutien financier et réglementaire aux acteurs privés. La FAA est en mesure d'exiger des actions de la part de Space X dans le cadre du développement du Starship. De même que le CNES peut conditionner l'accès à l'espace pour les opérateurs français au respect de la Loi sur les Opérations Spatiales.

Rappelons également que l'influence de SpaceX est singulière par essence, autant par le soutien politique et financier dont l'entreprise bénéficie, que par son modèle économique et industriel. La stabilité des rapport inter-états reste une nécessité pour les acteurs privés établis et émergents qui en dépendent. Réaffirmer la place de la diplomatie inter-états est d'autant plus important dans la mesure où l'utilisation de capacités spatiales pour la préservation d'un espace pacifique ne peut être à la merci de quelques-uns.

Domaines d'action clés

- **Diplomatique** : extension des collaborations avec l'Afrique (actuellement l'Afrique du Sud, le Maroc et le Nigeria) au travers de l'AfSA, avec l'Amérique Latine (présence croissante du CNES en Argentine, au Brésil et au Mexique), le Canada ou l'Australie
- **Règlementaire** : Mise en place d'une réglementation sur le modèle des premiers jets de réglementation existantes : LOS (CNES), *Mitigation Methods for Launch Vehicle Upper Stages on the Creation of Orbital Debris* (FAA),...
- **Economique** : Redéfinition du concept de retour géographique de l'ESA
- **Organisationnel** : Redéfinition et clarification du rôle des organisations gouvernementales européennes et internationales pour l'espace (Commission européenne, ESA, EUSPA, UNOOSA, ITU), projets structurants existants en Europe



Propositions

6 Continuer à porter des initiatives diplomatiques fortes en faveur de l'élaboration d'un nouveau cadre juridique international sous l'égide des Nations unies, visant à clarifier les règles d'usage de la force dans l'espace extra-atmosphérique, encadrer les capacités duales et co-orbitales, et prévenir une escalade incontrôlée vers une guerre spatiale ouverte.

7 Retrouver un équilibre des attributions de l'ESA et de la Commission Européenne, en répartissant distinctement les rôles, les champs de compétences et la gouvernance adaptée.

8 Multiplier les collaborations françaises et européennes au travers du CNES et de l'ESA avec l'Afrique (AfSA), l'Inde (ISRO), l'Amérique latine et d'autres puissances spatiales émergentes sur des sujets de recherche et d'exploration spatiale, pour installer un nouveau cadre de collaboration long terme avec ces acteurs

Effets attendus

En clarifiant son approche de l'investissement pour le spatial, l'Europe se doterait d'un cadre permettant à la fois aux acteurs étatiques et privés d'évoluer sur des aspects souverains et compétitifs avec beaucoup plus de clarté. La refonte du retour géographique adopté par l'ESA peut permettre de trouver plus de flexibilité sur la contrepartie attribuée aux contributeurs (via du service, du financement de la recherche en amont, ...etc.).

Un cadre européen plus clair serait à la base d'une action européenne unifiée en matière de juridiction internationale, permettant ainsi de trouver une troisième voie dans le contexte de compétitivité imposé par la Chine et les Etats-Unis, qui s'illustre au travers de l'opposition des visions des Accords Artémis et de la Station de recherche lunaire internationale (ILRS). Ce cadre est aussi utile pour développer de nouvelles collaborations hors Europe, dans un contexte de multiplication des acteurs entrants sur les cinq continents. A la lumière des bouleversements géopolitiques connus depuis 2022, un cadre européen propre au continent permettrait enfin de gagner son autonomie, toujours plus cruciale lors de revirements politiques majeurs.



Priorité 4

Développer le spatial militaire, désigné pour défendre les intérêts français

Face à l'intensification de la compétition stratégique dans l'espace, la France doit affirmer une véritable supériorité spatiale. L'espace n'est plus un simple outil de soutien aux opérations terrestres : il devient un environnement de confrontation, où la maîtrise des capacités orbitales conditionne souveraineté, sécurité et autonomie d'action. Les satellites, essentiels pour les communications, le renseignement, la navigation ou la surveillance, sont désormais exposés à de multiples menaces : cyberattaques, brouillage, armes antisatellites (ASAT) ou dispositifs co-orbitaux offensifs capables de neutraliser discrètement un satellite adverse.

Dans ce contexte, la France ne peut dépendre d'acteurs extérieurs pour accéder à l'espace ou protéger ses infrastructures critiques. Son autonomie repose sur une base industrielle solide, l'investissement dans les technologies duales (IA, miniaturisation, cybersécurité) et le développement de capacités de défense dans et depuis l'espace, comme en témoigne la création du Commandement de l'Espace (CDE) en 2019.

Cette montée en puissance nécessite toutefois une meilleure articulation entre les secteurs civil et militaire. Mutualiser les investissements, partager les innovations et renforcer les synergies permettra de bâtir un écosystème plus résilient face aux menaces hybrides. Une France souveraine dans l'espace peut ainsi peser sur la gouvernance internationale et défendre une vision européenne durable, sécurisée et coopérative. La supériorité spatiale est donc un impératif stratégique pour garantir sa liberté d'action, sa sécurité et son rang international.

Défis

Faire face à l'"arsenalisation" croissante de l'espace, marquée par l'émergence de dispositifs co-orbitaux offensifs

Trois grandes puissances se distinguent dans le domaine de l'arsenalisation de l'espace, caractérisé par le placement en orbite circumterrestre d'un continuum entre armes spatiales intrinsèques (mines, bombe, torpilles...) et de dispositifs duaux qui, par leur positionnement ou leurs usages, peuvent être perçus comme des armes, portant le combat de l'espace à l'espace ou de l'espace vers la Terre. La Russie a ainsi démontré de manière explicite ses capacités avec les satellites Kosmos 2542/2543. La Chine,



quant à elle, développe une approche duale, avec des satellites tels que Shijian-17 et Shijian-21, officiellement dédiés à la maintenance orbitale, mais dotés de fonctions avancées de rendez-vous et de capture, illustrant un savoir-faire transposable à des usages offensifs. Enfin, les États-Unis multiplient les initiatives technologiques avec le mini-navette X-37B, les satellites GSSAP, ou d'autres programmes classifiés. Leur doctrine évoque désormais ouvertement la défense active en orbite, confirmant l'intégration de ces capacités dans leur stratégie spatiale.

Face à cette dynamique, le droit spatial international, fondé sur le Traité de 1967, montre ses limites. De nouvelles normes doivent être définies pour : clarifier les frontières de l'espace extra-atmosphérique et prendre en compte de l'espace Très Haute Altitude (THA) ; définir les actes hostiles (brouillage, tirs ASAT, manœuvre de rendez-vous, etc.), et déterminer la responsabilité en cas de collision ou d'actions malveillantes.

La réponse à l'arsenalisation de l'espace extra-atmosphérique constitue un défi diplomatique majeur pour la France. Celle-ci doit promouvoir, en coordination avec les instances internationales, l'élaboration de normes de comportement responsable tout en renforçant la résilience de ses infrastructures spatiales aux cyberattaques, au brouillage et aux tentatives d'intrusion.

Garantir l'autonomie spatiale de la France en matière de surveillance et de télécommunications

Cette "arsenalisation" croissante de l'espace est portée par le développement de technologies de surveillance, de d'évitement ou encore de neutralisation. La France dispose d'un socle technologique solide qu'il convient de consolider et d'élargir. Les programmes YODA (satellites patrouilleurs), FLAHME (moyens laser à haute énergie) et BLOOMLASE (visée défensive), illustrent les efforts de renforcement des capacités de surveillance puis de neutralisation non destructive. Les systèmes GRAVES, SATAM et CERES permettent la détection, la surveillance et l'analyse d'activités suspectes en orbite et dans le spectre électromagnétique, et doivent être intégrer dans une architecture de commandement souveraine et interopérable avec les capacités alliées. En parallèle, les capacités de télécommunications spatiales sécurisées sont indispensables pour garantir la continuité des opérations militaires, services gouvernementaux et la gestion de crises. L'autonomie opérationnelle française est donc intrinsèquement liée à son autonomie technologique, de l'approvisionnement en composants critiques aux moyens d'accès à l'espace (Ariane 6, micro-lanceurs, coopération européenne).

Dans la volonté de poursuivre ces avancées technologiques et face à l'émergence d'acteurs disposant de budgets très supérieurs (États-Unis, Chine), l'autonomie stratégique de la France repose sur un soutien constant à son écosystème spatial de



défense. Cela implique, dans un premier temps, d'accélérer les cycles de R&D sur les technologies orbitales à usage dual (propulsion manœuvrable, IA embarquée, cybersécurité spatiale), mais aussi de soutenir les PME innovantes dans les domaines du traitement de données spatiales, de la détection de collisions ou du pilotage en environnement contraint.

La garantie d'une autonomie spatiale durable en matière de surveillance et de télécommunications est primordiale et suppose le développement de technologies structurantes telles que le cloud souverain, dans le cadre de coopérations européennes renforcées.

Structurer efficacement l'intrication entre le civil et le militaire

Dans un contexte de compétition stratégique accrue dans le spatial, structurer l'intrication entre les secteurs civil et militaire est indispensable pour renforcer la souveraineté technologique de la France, optimiser l'allocation des ressources publiques et accélérer l'innovation.

Alors que les grandes puissances investissent massivement dans des capacités spatiales à finalité duales (armes hypersoniques, ISR, capteurs autonomes, IA embarquée), la France doit sécuriser, encadrer et orienter les transferts technologiques du militaire vers le civil, et inversement. Il s'agit non seulement de dynamiser l'écosystème spatial national, mais aussi de garantir que les innovations critiques développées dans le cadre de la défense profitent des usages civils stratégiques, comme la connectivité, la gestion des crises climatiques ou la surveillance des infrastructures critiques.

Le renouveau de la conflictualité spatiale remet sur le devant de la scène le concept de dualité. En plus des acteurs historiques qui se sont souvent développés en répondant autant aux besoins institutionnels qu'en développant une filière commerciale, de nombreux acteurs du New Space cherchent leur place sur les deux volets. Ils souhaitent à leur tour bénéficier de besoins élevés en performance et de contrats institutionnels stables et garantis, tout en trouvant leur rentabilité dans le marché commerciale bien plus expansif. Certains domaines, comme les vols suborbitaux hypersoniques ou les véhicules orbitaux de transfert (OTV), doivent être identifiés comme leviers de convergence stratégique, permettant de développer des briques technologiques utiles aussi bien à la dissuasion nucléaire qu'à l'économie de l'orbite basse. La France dispose déjà de programmes duaux (CSO, Pléiades, Syracuse, Athena-Fidus, GRAVES) mais ces coopérations restent trop cloisonnées. Une structuration plus intégrée nécessite une gouvernance interinstitutionnelle agile (CNES, ministère des Armées, SGDSN...), une politique industrielle duale cohérente et un soutien renforcé aux PME innovantes. À cela



s'ajoute un cadre juridique permettant, en vertu de la LOS, à l'État français de réquisitionner ou d'orienter l'usage d'infrastructures spatiales civile à des fins militaires, notamment en cas de menace grave pour les intérêts nationaux. Cette capacité de réaffectation stratégique - prévue par la LPM - confère à l'État un levier décisif pour garantir la résilience des capacités spatiales, tout en imposant une responsabilité renforcée en matière de coordination et de planification.

Il s'agit donc de bâtir une véritable continuité stratégique entre les usages civils et militaires du spatial, au service de la souveraineté, de l'autonomie d'action et de la compétitivité nationale.

Domaines d'action clés

- **Réglementaire** : évolution du droit spatial international et européen
- **Défense et sécurité** : usages responsables, droit des conflits spatiaux, télécommunications sécurisées, surveillance et renseignement
- **Diplomatie et coopération** : promouvoir/influencer pour un usage pacifique de l'espace, coordination européenne et multilatérale sur les sujets du renseignement

Propositions

9	Développer un cloud souverain pour les armées, qui permettrait d'assurer une indépendance dans l'acquisition des données, leur hébergement et leur exploitation
10	Renforcer la coordination et la coopération à l'échelle européenne des capacités de renseignement afin de prévenir des risques d'attaques envers les infrastructures et les équipements critiques spatiaux.
11	Renforcer la résilience des infrastructures spatiales, notamment en déployant un bouclier cyber dédié et des capteurs de détection d'anomalies embarqués sur les satellites. L'objectif est de protéger les satellites contre les cyberattaques, le brouillage et les tentatives d'intrusion ennemies.

Effets attendus

Assurer la souveraineté stratégique de la France dans l'espace, anticiper et contrer les menaces, et renforcer la compétitivité industrielle française dans un secteur en pleine transformation. Les actions proposées visent avant tout à assurer la souveraineté stratégique de la France dans l'espace, en lui garantissant un accès autonome, sécurisé et résilient aux capacités critiques comme l'observation, la communication ou le renseignement. En renforçant ses capacités de défense face aux menaces hybrides (cyberattaques, brouillage, dispositifs co-orbitaux offensifs), la France pourra anticiper et contrer les atteintes potentielles à ses infrastructures orbitales, tout en préservant sa liberté d'action.

Sur le plan économique, le soutien à l'innovation et aux technologies de rupture permettra de renforcer la compétitivité de l'industrie spatiale française, d'accélérer la montée en puissance de nouveaux acteurs stratégiques, et de consolider une base industrielle souveraine dans un secteur en pleine reconfiguration. En parallèle, le développement d'outils critiques comme un cloud militaire souverain ou des capteurs embarqués de détection d'anomalies contribuera à sécuriser les flux de données et à renforcer la cybersécurité des systèmes spatiaux.

Enfin, ces mesures permettront à la France de peser davantage dans les instances internationales, en promouvant une gouvernance de l'espace fondée sur la durabilité, la sécurité et la coopération. À l'échelle européenne, une meilleure coordination des capacités de renseignement et des programmes spatiaux contribuera à bâtir une autonomie stratégique collective, indispensable dans un contexte de tensions géopolitiques croissantes.



Priorité 5

Poursuivre les efforts pour développer les activités spatiales de façon durable et éthique au niveau national comme international

La politique spatiale française doit viser à réduire significativement l’empreinte environnementale du secteur spatial, à prévenir la prolifération des débris en orbite, à promouvoir un cadre juridique à l’échelle nationale et européenne, et intégrer pleinement les enjeux éthiques et sociétaux liés aux usages et impacts du spatial. Ce faisant, la France pourra renforcer sa crédibilité internationale en tant qu’acteur responsable et moteur du spatial durable, tout en affirmant son leadership dans la construction d’une norme européenne commune, associant exigences environnementales, éthiques et de compétitivité.

Les territoires ultramarins, et notamment la Guyane, occupent une place centrale dans l’architecture spatiale française et européenne. La concentration des infrastructures de lancement à Kourou, si elle confère un avantage stratégique indéniable, a également engendré des tensions locales d’ordre social, économique et environnemental, illustrant un déséquilibre structurel entre bénéfices nationaux et retombées territoriales.

D’autres territoires d’outre-mer, tels que La Réunion, Mayotte, la Polynésie française ou la Nouvelle-Calédonie, accueillent également des stations de suivi, des relais satellitaires ou des installations de défense, parfois situées à proximité de zones sensibles. Ces implantations soulèvent des questions de gouvernance, de partage des bénéfices et d’intégration locale.

Dès lors, il est tout aussi essentiel d’adopter une approche territorialisée du spatial, fondée sur la concertation et l’équité, afin de garantir un développement harmonieux qui respecte à la fois les impératifs stratégiques de la France et les attentes des populations concernées.

Défis

Construire un cadre réglementaire national et international ambitieux et cohérent

L'absence de règles contraignantes à l'échelle mondiale fragilise la durabilité des activités spatiales. Il est indispensable de renforcer le cadre juridique international, notamment le Traité de l'Espace et de clarifier la position française vis-à-vis de l'initiative « Zero Debris » portée par l'Agence spatiale européenne (ESA). Une harmonisation européenne des normes apparaît nécessaire pour prévenir les risques liés à la fragmentation du droit spatial et anticiper les abus potentiels. Par ailleurs, la réglementation peine à suivre le rythme rapide d'émergence du NewSpace : il convient d'évaluer la manière dont le CNES a intégré ces nouveaux acteurs dans son approche réglementaire et comment la loi a été adaptée en conséquence. L'extension possible de la LOS ou l'élaboration de standards internationaux contraignants pour les opérations spatiales devra être envisagée, notamment face aux menaces concurrentielles. Enfin, avec l'émergence de nouveaux acteurs privés et étatiques, la France doit affirmer un rôle moteur au sein des instances européennes et internationales pour structurer un cadre juridique solide et évolutif.

Concilier les opportunités liées au développement des activités spatiales en outre-mer et les réalités socio-économiques déjà connues de ces territoires (chômage, accès aux formations, pouvoir d'achat...)

La Guyane, avec le Centre spatial de Kourou, illustre l'ambivalence du développement du secteur spatial en outre-mer, entre bénéfices socio-économiques, importance stratégique et tensions historiques et sociales. Implantée d'abord sans concertation dans les années 1960 à un emplacement stratégique pour les missions spatiales, la base génère depuis des effets positifs économiques, environnementaux et sociaux. Cependant et malgré les efforts importants initiés dans la région, les populations locales disposent d'opportunités de formation et d'emploi encore trop restreintes.

Le spatial est encore une activité concentrée dans certains territoires et au bénéfice de publics spécifiques. Il se confronte à une double fracture : territoriale, d'une part, entre les zones accueillant des infrastructures spatiales et celles exclues des retombées ; symbolique, d'autre part, entre les discours d'innovation et les réalités vécues localement.

À La Réunion, plusieurs stations de suivi satellitaire ont été installées en périphérie de zones protégées, notamment près du cirque de Cilaos et du volcan du Piton de la Fournaise. À Mayotte, des équipements de télécommunication spatiale ont été déployés dans des zones naturelles déjà soumises à de fortes pressions sociales et



environnementales. Leur présence alimente la perception d'un développement technologique sans retombées visibles pour les habitants, dans un contexte de fortes inégalités territoriales.

Or, les DROM-COM ont un rôle important à jouer dans l'ambition spatiale nationale par leurs positions géographiques uniques et des atouts démographiques et sociaux majeurs. Dans un contexte où les enjeux de justice environnementale, sociale et mémorielle prennent une importance croissante dans le débat public, il devient indispensable d'intégrer des approches plus participatives et territorialisées à la mise en œuvre des projets spatiaux. Il ne s'agit pas seulement de compenser les effets négatifs, mais de repenser le lien entre spatial et territoire : faire des projets spatiaux des leviers de développement local, d'inclusion éducative, de valorisation culturelle et de concertation démocratique.

Intégrer les exigences éthiques, sociétales et environnementales dans la stratégie spatiale en dépit des logiques de compétitivité stratégique et militaire

Les dimensions sociales, culturelles et géopolitiques des activités spatiales méritent une prise en compte accrue. Il s'agit notamment d'évaluer les impacts sur les populations locales, en particulier autour des sites de lancement dans les départements et territoires d'outre-mer, les implications des mégaconstellations sur l'accès équitable aux ressources orbitales, ainsi que le rôle croissant de l'intelligence artificielle et du NewSpace dans l'exploration spatiale. La création d'une commission éthique dédiée, accompagnée d'une mémoire collective des pratiques et d'outils de prospective interdisciplinaire, constituerait un levier essentiel pour guider les décisions.

Il est également fondamental de garantir le respect des engagements internationaux, notamment des traités, et de clarifier les règles du droit de la guerre dans l'espace, en précisant la qualification des actes hostiles et les responsabilités des acteurs privés en situation de conflit. Enfin, la réflexion doctrinale portée par le Centre national d'éthique et de conformité (CNEC) et les enseignements issus de l'Institut du Globe pourraient enrichir cette démarche, avec l'objectif de créer un cadre éthique robuste pour la sélection et la conduite des projets spatiaux.

Les impératifs associés à la durabilité des activités spatiales notamment la réduction de l'empreinte environnementale, préservation de l'environnement orbital, équité d'accès aux ressources, peinent aujourd'hui à s'imposer face aux dynamiques concurrentielles, tant militaires que commerciales, qui structurent de plus en plus les politiques spatiales à l'échelle internationale. L'absence de mémoire collective sur les risques associés historiquement au spatial, ne permettant pas une considération pertinente des enjeux

écologiques et sociétaux du spatial par une grande majorité de ses acteurs et de l'opinion publique.

La tendance à l'accélération de l'envoi de charges utiles dans l'espace, notamment dans le cas de constellations de satellites, est propice à une dérive vers un syndrome de Kessler, difficilement adressable avec les moyens de réduction de génération de débris et les initiatives de récupération de débris en place aujourd'hui. Les acteurs du spatial en capacité d'accroître fortement leurs activités spatiales (cadences de lancement et nombre de charges utiles en orbite) sont aussi ceux qui sont le moins responsabilisés. Dans un monde aux ressources limitées et exposé à un fort accroissement des activités spatiales, il est important de responsabiliser les acteurs dans leurs usages de l'Espace pour limiter les pratiques trop déconnectées des enjeux sociétaux et environnementaux.

Domaines d'action clés

- **Régulation** : évolution du droit spatial international et européen
- **Environnement et climat** : gestion du cycle de vie, émissions carbone, débris spatiaux
- **Industrie** : éco-conception, réutilisabilité, carburants durables
- **Recherche** : éthique, prospective, technologies vertes
- **Défense et sécurité** : usages responsables, droit des conflits spatiaux
- **Diplomatie et coopération** : coordination européenne et multilatérale

Propositions

12	Former un réseau spatial inter-DROM pour renforcer les territoires ultramarins : développement et valorisation d'un écosystème industriel et scientifique, administratif et culturel dans les DROM pour permettre ultérieurement une meilleure intégration régionale de tous ces territoires aux activités métropolitaines.
13	Standardiser et systématiser l'analyse de cycle de vie pour tous les systèmes spatiaux en l'inscrivant dans la future Space Law européenne.

14

Renforcer la recherche autour de l'impact des activités spatiales sur les hautes couches de l'atmosphère

15

Sur les sujets d'exploitation des ressources spatiales, création d'un "permis d'exploitation" avec octroi sur dossier étudié par une commission éthique qui se basera sur la pertinence de la mission pour la société et la quantité de ressources utilisées.

Effets attendus

La mise en œuvre de cette stratégie doit permettre une réduction mesurable de l'empreinte écologique des activités spatiales, en agissant sur l'ensemble du cycle de vie des systèmes orbitaux. Un cadre juridique renforcé, à la fois national et européen, encadrera strictement la création, la gestion et la limitation des débris spatiaux, en s'alignant sur des normes ambitieuses et contraignantes.

La France a vocation à jouer un rôle moteur dans la définition d'une norme européenne intégrée, articulant durabilité, compétitivité et souveraineté, en cohérence avec les initiatives telles que le programme Zero Debris de l'ESA. L'État accompagnera également le développement de technologies sobres et responsables, favorisant l'émergence de solutions industrielles innovantes : lanceurs réutilisables, carburants bas carbone (notamment le biométhane), procédés de recyclage et d'éco-conception.

Enfin, la prise en compte systématique des enjeux éthiques et sociétaux dans la gouvernance, la programmation et l'évaluation des projets spatiaux — y compris dans les territoires ultramarins — affirmera la crédibilité de la France comme puissance spatiale responsable, reconnue à l'échelle internationale pour son engagement en faveur d'un spatial durable.



Priorité 6

Instaurer une culture stratégique de long terme sur les enjeux spatiaux chez les citoyens

Longtemps perçu comme un domaine réservé à une élite scientifique, institutionnelle ou technologique, le secteur spatial souffre encore d'un déficit d'accessibilité, tant sur le plan de la compréhension que de l'implication. Cette distance symbolique et cognitive entre l'espace et la société entrave la mobilisation citoyenne, limite l'émergence de vocations scientifiques et réduit la portée du spatial en tant que levier de culture, d'éducation et de projection stratégique.

Pourtant, l'espace continue de susciter une fascination durable. Il constitue un socle d'imaginaire collectif puissant, capable de fédérer des aspirations diverses, de stimuler la créativité et de porter une ambition partagée à l'échelle nationale et européenne. L'enjeu n'est donc pas uniquement de vulgariser les principes techniques, tels que ceux des lanceurs, des plateformes orbitales ou des constellations, mais de construire des ponts durables entre les usages du spatial, leurs impacts tangibles sur les sociétés, et les récits culturels qui peuvent en émerger.

Dans un contexte d'intensification des activités spatiales, tant en cadence qu'en complexité, il devient essentiel de replacer la société civile au cœur des politiques spatiales. Cet objectif ne vise pas seulement à légitimer démocratiquement les décisions, mais également à renforcer le soft power scientifique, industriel et culturel de la France et de l'Europe. Cela suppose de soutenir des formats éducatifs immersifs, des actions de médiation ambitieuses, des narrations accessibles, ainsi que la valorisation de figures emblématiques susceptibles d'incarner un espace partagé, ouvert, durable et inspirant.

Défis

Le spatial est perçu comme une activité technicienne déconnectée des réalités sociétales

Le spatial a longtemps été perçu comme un domaine réservé aux experts techniques (ingénieurs, chercheurs), aux grandes agences institutionnelles (ESA, NASA) et aux puissances historiques (URSS, États-Unis). Cette représentation, renforcée par la



complexité des discours et l'opacité des processus décisionnels, a contribué à créer une distance entre le secteur spatial et la société. Elle a alimenté une faible appropriation citoyenne des enjeux du spatial, traduite par un désintérêt pour les questions de gouvernance, un manque de débat public et une invisibilisation des choix stratégiques sous couvert de technicité.

Le débat spatial a jusqu'alors toujours exigé un haut niveau technique de ses participants et a placé la légitimité dans un haut niveau de spécialisation, jusqu'à certainement empêcher l'émergence d'une véritable conscience critique et collective. Les discussions sur des sujets aussi cruciaux que l'exploitation des ressources lunaires, la militarisation de l'espace, ou les finalités de l'exploration peinent à s'inscrire dans l'espace public. Faute de récits partagés et de médiations accessibles, le spatial reste largement absent des grandes conversations de société.

À l'heure où les activités spatiales s'intensifient et où leur impact dépasse largement le seul champ technologique, il devient impératif de construire une culture spatiale inclusive, pluraliste et démocratique. Un imaginaire spatial partagé ne peut émerger qu'en élargissant les représentations, en diversifiant les récits et en reconnaissant la légitimité de toutes les voix — quels que soient les parcours, les sensibilités ou les territoires. Le spatial ne doit plus être l'affaire de quelques-uns, mais une aventure culturelle, symbolique et collective à laquelle chacun et chacune puisse prendre part.

Ouvrir la gouvernance spatiale au débat démocratique

Alors que les politiques spatiales mobilisent des ressources publiques significatives et engagent des choix aux implications éthiques, environnementales et géopolitiques majeures, la société reste très peu impliquée dans leur élaboration. À l'exception de consultations ponctuelles ou d'opérations de communication, les citoyens ne sont que rarement associés aux grandes orientations du secteur spatial, ni en amont des décisions ni dans leur suivi.

L'exemple récent de l'adhésion de la France aux Accords Artemis est révélateur : en acceptant notamment le principe selon lequel l'extraction de ressources lunaires ne constitue pas une appropriation nationale (section 10, article 2), ainsi que l'introduction du concept de "zones de sécurité" autour des activités lunaires (section 11, articles 6 à 9), la France a marqué un repositionnement juridique stratégique. Or, cette évolution n'a été précédée d'aucun débat démocratique structuré, ni au Parlement, ni auprès des citoyens, malgré les enjeux soulevés en matière de droit spatial, de souveraineté et d'éthique.



Cette logique d'opacité décisionnelle s'étend à d'autres thématiques sensibles : la militarisation croissante de l'espace, le financement de méga-constellations aux externalités multiples, ou encore l'intégration de systèmes d'intelligence artificielle dans les infrastructures spatiales, avec les questions critiques que cela pose en matière de responsabilité, de transparence et de sécurité. Ces sujets mériteraient un débat public pluraliste, à la hauteur des choix politiques et symboliques qu'ils représentent.

Dans un contexte où la légitimité des institutions passe par la capacité à dialoguer avec la société, il devient impératif d'ouvrir la gouvernance spatiale à des formes nouvelles de participation : consultation citoyenne sur les accords internationaux, délibération sur les usages sensibles de l'orbite, intégration des attentes sociétales dans les orientations industrielles. La démocratie spatiale ne peut rester une abstraction : elle doit s'incarner dans des dispositifs concrets, ancrés dans les valeurs de transparence, de débat éclairé et de responsabilité collective.

Un accès à la culture spatiale trop inégalement réparti

L'accès aux savoirs scientifiques et techniques liés au spatial demeure fortement inégal selon les territoires. Les grandes métropoles bénéficient d'une concentration d'institutions de recherche, de centres industriels, de médiation scientifique et d'événements publics autour de l'espace. À l'inverse, nombre de territoires ruraux, périurbains ou isolés disposent de peu d'infrastructures dédiées, de peu de programmes de vulgarisation structurés, et restent à l'écart des grandes campagnes de communication ou de sensibilisation portées par les agences spatiales.

Ces inégalités d'exposition renforcent un clivage dans la manière dont les populations perçoivent le spatial : tantôt vécu comme un domaine inaccessible, tantôt comme une abstraction détachée de leurs réalités. Cette fracture affaiblit non seulement l'émergence de vocations dans les filières spatiales, mais aussi le sentiment de légitimité à participer aux débats sur les orientations futures du secteur.

Ce constat est encore plus marqué dans les DROM-COM, où l'accès à la culture spatiale reste limité malgré l'importance stratégique de certains de ces territoires dans l'écosystème spatial français (Guyane, La Réunion, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie...). Les dispositifs éducatifs, les offres culturelles et les actions de médiation y sont souvent ponctuelles, peu accessibles localement, ou encore relayées sans véritable ancrage territorial. Alors même que ces territoires participent directement aux activités spatiales françaises, leurs populations restent en grande partie exclues des récits nationaux et européens du spatial.



Il est donc urgent de penser des politiques de démocratisation spatiale réellement inclusives, capables de toucher l'ensemble du territoire, en particulier les publics éloignés géographiquement, économiquement ou symboliquement du secteur. Offrir un accès équitable aux imaginaires, aux savoirs et aux opportunités liés à l'espace est une condition essentielle pour construire une citoyenneté spatiale active, plurielle et représentative de la diversité des territoires.

Domaines d'action clés

- **Régulation** : Renforcer l'exigence de transparence dans la prise de décision relative au domaine spatial, en encadrant l'intégration citoyenne dans les processus d'élaboration des orientations stratégiques. Définir des critères d'inclusion démocratique dans les futures négociations internationales ou européennes sur le droit spatial.
- **Environnement et climat** : Communiquer activement sur les impacts environnementaux réels des systèmes spatiaux (cycle de vie des lanceurs, production, réutilisation, fin de vie), vulgariser les efforts d'éco-conception déjà engagés, et intégrer ces données dans les campagnes de sensibilisation et d'éducation pour susciter une compréhension critique et informée.
- **Industrie** : Favoriser l'ouverture des sites industriels au grand public (visites, événements portes ouvertes, partenariats éducatifs), valoriser les initiatives du NewSpace sur la durabilité et inclure les publics éloignés (jeunes, zones rurales ou ultramarines) dans des dispositifs d'innovation partagée (hackathons, concours, stages).
- **Recherche** : Soutenir les travaux interdisciplinaires croisant sciences sociales, arts, sciences dures et politiques spatiales. Encourager la recherche-action et la médiation scientifique dans les territoires éloignés. Intégrer les dimensions culturelles, éthiques et sociétales dans les projets financés par l'État ou les agences spatiales
- **Défense et sécurité** : Encourager une pédagogie renforcée autour des enjeux sensibles (militarisation de l'espace, IA embarquée, surveillance spatiale), en assurant la clarté des choix français sur la scène internationale. Clarifier les doctrines et implications stratégiques dans un langage compréhensible, et anticiper les demandes de débat démocratique sur ces questions.
- **Diplomatie et coopération** : Promouvoir une culture spatiale européenne accessible et inspirante, qui valorise les récits pluriels et les contributions de tous les territoires.



Soutenir les actions de diplomatie scientifique et culturelle (coopérations éducatives, partenariats artistiques, échanges internationaux de jeunes). Défendre une gouvernance spatiale mondiale ouverte à la société civile et aux voix minoritaires.

Propositions

16

Renforcer l'adhésion collective et valoriser la filière, au travers d'un moyen de communication dédié à l'actualité et la promotion de l'activité spatiale européenne (vulgarisation, géopolitique, climat, société), en lien avec les agences, chercheurs, industriels, de manière à informer, instruire et pousser à la réflexion critique sur les enjeux du spatial.

17

Associer les citoyens aux décisions stratégiques via des représentants dans les comités de pilotage et soutenir la création de groupes citoyens engagés sur les enjeux spatiaux.

Effets attendus

Les actions proposées visent à mobiliser et sensibiliser largement la population, en particulier les jeunes, aux enjeux spatiaux actuels et futurs. Elles permettent de renforcer le sentiment de légitimité des citoyennes et citoyens à prendre part aux débats, tout en favorisant une appropriation réelle des problématiques spatiales, qu'elles soient techniques, environnementales, économiques ou sociétales.

En diversifiant les publics concernés, notamment ceux issus des territoires éloignés, des DROM-COM, des milieux populaires ou appartenant à des minorités, ces mesures contribuent à approfondir la dimension démocratique des décisions spatiales. Elles ouvrent la voie à une culture spatiale française vivante, plurielle et ouverte, capable de relier science, société et créativité. Elles offrent également une meilleure représentation des publics historiquement invisibilisés dans l'histoire du spatial.

Enfin, elles participent à construire un imaginaire collectif autour d'un spatial humaniste, durable et partagé, en phase avec les grands défis auxquels nous faisons face aujourd'hui.



LISTE DES RECOMMANDATIONS

- 1 Poursuivre les efforts enclenchés pour la recherche française malgré le contexte économique, les ambitions et les financements consentis en 2020, en identifiant le spatial comme un cas d'application critique, disponible pour une expérimentation immédiate de nouveaux dispositifs plus ambitieux (attractivité des métiers, synergies recherche/industrie, commercialisation de technologies de pointe).
- 2 Renforcer les partenariats scientifiques européens autour de feuilles de route communes aux états européens pour améliorer l'acceptabilité de la préférence européenne dans tous les états membres.
- 3 Augmenter l'accessibilité et la diversité des formations spatiales autour des technologies critiques, en intégrant des modules dédiés dans les cursus universitaires.
- 4 Définir une liste de technologies nationales prioritaires ainsi que les technologies 'sensibles' (entendues comme concernant aussi le domaine de la défense et de la sécurité nationale) disponible publiquement et pouvant évoluer au cours du temps, en s'inspirant d'exemples similaires comme l'*United States Munitions List* américaine.
- 5 Créer des synergies industrielles durables entre les secteurs de l'aviation, de l'automobile et du spatial en mutualisant les expertises et infrastructures.

- 6** Continuer à porter des initiatives diplomatiques fortes en faveur de l'élaboration d'un nouveau cadre juridique international sous l'égide des Nations unies, visant à clarifier les règles d'usage de la force dans l'espace extra-atmosphérique, encadrer les capacités duales et co-orbitales, et prévenir une escalade incontrôlée vers une guerre spatiale ouverte.
- 7** Retrouver un équilibre des attributions de l'ESA et de la Commission Européenne, en répartissant distinctement les rôles, les champs de compétences et la gouvernance adaptée.
- 8** Multiplier les collaborations françaises et européennes au travers du CNES et de l'ESA avec l'Afrique (AfSA), l'Inde (ISRO), l'Amérique latine et d'autres puissances spatiales émergentes sur des sujets de recherche et d'exploration spatiale, pour installer un nouveau cadre de collaboration long terme avec ces acteurs
- 9** Développer un cloud souverain pour les armées, qui permettrait d'assurer une indépendance dans l'acquisition des données, leur hébergement et leur exploitation
- 10** Renforcer la coordination et la coopération à l'échelle européenne des capacités de renseignement afin de prévenir des risques d'attaques envers les infrastructures et les équipements critiques spatiaux.
- 11** Renforcer la résilience des infrastructures spatiales, notamment en déployant un bouclier cyber dédié et des capteurs de détection d'anomalies embarqués sur les satellites. L'objectif est de protéger les satellites contre les cyberattaques, le brouillage et les tentatives d'intrusion ennemies.
- 12** Former un réseau spatial inter-DROM pour renforcer les territoires ultramarins : développement et valorisation d'un écosystème industriel et scientifique, administratif et culturel dans les DROM pour permettre ultérieurement une meilleure intégration régionale de tous ces territoires aux activités métropolitaines.

- 13** Standardiser et systématiser l'analyse de cycle de vie pour tous les systèmes spatiaux en l'inscrivant dans la future Space Law européenne.
- 14** Renforcer la recherche autour de l'impact des activités spatiales sur les hautes couches de l'atmosphère
- 15** Sur les sujets d'exploitation des ressources spatiales, création d'un "permis d'exploitation" avec octroi sur dossier étudié par une commission éthique qui se basera sur la pertinence de la mission pour la société et la quantité de ressources utilisées.
- 16** Renforcer l'adhésion collective et valoriser la filière, au travers d'un moyen de communication dédié à l'actualité et la promotion de l'activité spatiale européenne (vulgarisation, géopolitique, climat, société), en lien avec les agences, chercheurs, industriels, de manière à Informer, instruire et pousser à la réflexion critique sur les enjeux du spatial.
- 17** Associer les citoyens aux décisions stratégiques via des représentants dans les comités de pilotage et soutenir la création de groupes citoyens engagés sur les enjeux spatiaux.

CONCLUSION

Ce rapport se veut l'expression d'une ambition claire : offrir une vision stratégique portée par la jeunesse, complémentaire aux analyses institutionnelles et expertes. En mettant en lumière des enjeux émergents, en posant des jalons structurants et en interrogeant les orientations de long terme, il contribue à enrichir le débat public d'un regard neuf, exigeant et responsable.

Certaines dimensions ont été volontairement écartées à ce stade : le chiffrage précis des propositions dépasse notre périmètre de compétences, tandis que les recommandations opérationnelles feront l'objet de travaux approfondis lors de nos prochaines campagnes d'activités. Ce choix délibéré permet de concentrer ce premier exercice sur la structuration de notre vision commune, base d'un travail plus approfondi dans les groupes thématiques.

Au-delà de son contenu, ce rapport a été une formidable aventure collective. Il a renforcé notre cohésion, éprouvé notre capacité à construire une pensée stratégique cohérente, et développé chez chacun des contributeurs des compétences précieuses pour les engagements à venir. Il témoigne enfin de la capacité de notre génération à se saisir, avec rigueur et créativité, des grands défis de notre temps.



REMERCIEMENTS

Au nom de l'ensemble des membres de l'association, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes celles et ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport.

Nous félicitons les adhérents ASTRES ayant consacré temps, énergie et passion à l'élaboration de cette vision collective enthousiaste.

Nous remercions chaleureusement les personnes qui, par leur disponibilité, la qualité de leurs réponses à nos questions et leurs relectures attentives, ont permis d'en affiner tant le fond que la forme. Leur soutien actif a été précieux tout au long de notre travail.

Nous adressons également un remerciement sincère à nos partenaires et membres d'honneur, dont l'engagement durable renforce et pérennise l'ensemble de nos activités. Leur appui constant constitue un pilier fondamental de notre action collective.

Ce rapport est le fruit d'un travail partagé, nourri par les échanges, les expertises et l'enthousiasme de toutes et tous. Merci.

Sabrina Barré & Jade Ricouart

Présidente & Vice-Présidente

Co-fondatrices de l'Alliance Stratégique des Etudiants du Spatial

