

Puissance spatiale : le Réveil de la France

NOTE D'ACTION - JUIN 2025



Think tank de référence en France et en Europe, l'Institut Montaigne est un espace de réflexion indépendant au service de l'intérêt général. Ses travaux prennent en compte les grands déterminants économiques, sociétaux, technologiques, environnementaux et géopolitiques afin de proposer des études et des débats sur les politiques publiques françaises et européennes. Il se situe à la confluence de la réflexion et de l'action, des idées et de la décision.

NOTE D'ACTION - Juin 2025

Puissance spatiale : le Réveil de la France



Les notes d'action de l'Institut Montaigne identifient un enjeu spécifique et formulent des recommandations opérationnelles à destination des décideurs publics et privés.



**Note
d'éclairage**

Se situer
et rendre
intelligible notre
environnement

**Note
d'enjeux**

Poser des
constats et
identifier des
problématiques

**Note
d'action**

Formuler
des recom-
mandations
opérationnelles

**Opération
spéciale**

Sonder,
chiffrer,
expérimenter

Rapport

Analyser
et proposer
collégalement
des solutions
de long terme

Le champ spatial est l'un des théâtres oubliés de la puissance française. Notre désintérêt stratégique s'est traduit par un lent déclassement technologique et commercial dans un contexte d'effacement européen progressif. Alors que sur l'ensemble du spectre des compétences spatiales, l'Europe brigait la première place il y a quinze ans encore, elle n'assure plus aujourd'hui que 5 % de la masse mondiale lancée annuellement en orbite et dépense six fois moins que les États-Unis.

Or, au-delà du rêve spatial et des aspects de recherche et développement, une nouvelle économie de l'espace est en train de surgir qui, de la défense à la santé, de la communication à l'environnement, appelle une vision et une planification de long terme. Ce qui, hier, pouvait sembler un luxe coûteux et non prioritaire, s'avère aujourd'hui une nécessité. L'espace est un maillon critique de la guerre moderne et de la conduite d'opérations militaires de plus en plus verticalisées : observation, surveillance, navigation, connectivité, planification des frappes et protection. Parallèlement, le redimensionnement des programmes américains pourrait mettre un terme aux coopérations en matière d'exploration et de vol habité. Aux enjeux de dépendance vis-à-vis d'alliés de plus en plus exigeants viennent aussi s'ajouter des enjeux de financement capacitaire et de gouvernance européenne. À l'échelle mondiale, l'Europe ne pèse que 4 % en matière de dépenses de spatial de défense et échantillonne ses moyens.

Recouvrer une ambition spatiale véritablement stratégique et rehausser nos moyens pour la servir suppose des arbitrages difficiles. Encore dotée d'expertises exceptionnelles, la France peut redevenir une puissance spatiale, force motrice d'une indépendance européenne que la redistribution des rapports de force à l'échelle du globe et l'accélération des révolutions numériques rendent désormais nécessaire. Cette note entend en proposer les modalités.

Marie-Pierre de Bailliencourt,
Directrice générale de l'Institut Montaigne

La France, puissance spatiale historique, s'est engagée dans l'élaboration d'une nouvelle *Stratégie spatiale nationale*. Cet exercice, inédit depuis près d'une quinzaine d'années, répond à une attente de longue date exprimée par de nombreux acteurs du secteur. Il doit venir fixer les priorités stratégiques de la France à l'horizon 2040. Cette stratégie intervient à un moment de grande tension pour le spatial français et européen, qui l'a vu perdre sa prééminence sur le secteur des lancements commerciaux et rater le virage des constellations, agitant le spectre du déclassement.

Cette trajectoire n'est pas anecdotique. Loin de n'être qu'un théâtre des rêves, le spatial se trouve au cœur d'un nombre croissant d'activités humaines. Il concourt à la bonne marche du monde et se conçoit désormais comme un outil au service de nos économies, et de notre protection. Il est également l'un des lieux premiers d'expression de la puissance technologique, géopolitique et militaire. Le déclin qui frappe le spatial franco-européen fait donc peser un danger plus large que l'affaiblissement d'un tissu industriel ou des pertes financières, et met à risque une filière absolument critique. Enfin, il contribue à donner le sentiment d'une Europe en décrochage continu, peu portée sur les enjeux exploratoires et la valorisation technologique et scientifique du secteur spatial.

DANS UN CONTEXTE BOULEVERSÉ, UN SPATIAL DE DÉFENSE TROP FAIBLE POUR ASSURER NOTRE SÉCURITÉ ET SOUTENIR NOS ALLIÉS

L'espace **n'est plus uniquement un milieu fournissant de l'aide à la décision et de l'appui aux opérations, il en est une condition première**, de telle sorte qu'est parfois évoquée la notion de *spatio-dépendance* à son endroit.

En la matière, la France a de beaux arguments. Ses technologies comptent parmi les meilleures au monde et ses capacités la placent encore au premier rang des puissances spatiales européennes, même si l'Allemagne pourrait rapidement lui contester ce rôle. En 2017, la France a conduit une Revue stratégique de défense et de sécurité nationale qui a abouti en 2019 à une *Stratégie spatiale de défense* et à la création du *Commandement de l'Espace*, deux actes forts qui ont permis de structurer les efforts nationaux et de consacrer une prise de conscience nouvelle.

Si elle demeure l'acteur clé du continent, force est de constater qu'en cas de désengagement américain, les **capacités spatiales françaises et européennes ne seraient pas à la hauteur des exigences d'un conflit de haute intensité**, ni en mesure de pallier les lacunes de leurs alliés, en particulier dans le soutien à l'Ukraine. Sur le volet militaire plus que sur d'autres, notre pays comme notre continent accusent un nombre de dépendances et de lacunes capacitaires. Cet écart, qui traduit du reste un manque d'ambition, s'illustre de manière éclatante dans les chiffres : les dépenses spatiales militaires des États-Unis sont près de quinze fois supérieures à celles de l'Europe, alors même que leurs PIB se situent dans les mêmes ordres de grandeur.

Compte tenu de son caractère crucial pour la conduite des opérations, nous recommandons de garantir une **autonomie complète en matière d'observation optique**, en densifiant nos programmes de façon à ce qu'ils soient dimensionnés pour les nouveaux besoins qui se font jour en matière d'affrontement, ce qui passera par une amélioration du taux de revisite des différents outils. Dans un contexte de prolifération des menaces balistiques, nous préconisons également de **doter la France d'une capacité autonome d'alerte avancée**, qui permet de détecter les départs de missiles, et pour laquelle elle demeure entièrement dépendante de capacités étrangères.

Face à notre dépendance à *Starlink*, nous **recommandons un soutien immédiat à OneWeb, seule alternative disponible**, via notamment une commande publique intelligente de type *client d'ancrage* (en exigeant un effort d'amélioration, à des coûts inférieurs) de terminaux individuels (B2S – *Business to Soldier*) et des services associés de connectivité. En parallèle, nous **réaffirmons l'importance stratégique du programme IRIS² à l'échelle européenne** : face aux récentes réticences allemandes et italiennes, nous appelons à la tenue en urgence d'un sommet entre les trois principales puissances spatiales afin de garantir le déploiement du programme selon le calendrier prévu.

Enfin, nous recommandons des efforts accélérés pour **s'affranchir, grâce à Galileo, de la dépendance des architectures de défense européennes au GPS**, à la fois par une intégration plus rapide de récepteurs compatibles avec le signal à usage gouvernemental (*Public Regulated Service*) et par le développement de technologies complémentaires pour assurer la résilience de nos capacités de navigation en environnement dégradé.

Si une partie des réponses à ces enjeux doit passer par un cœur patriotique et, le cas échéant, par de l'achat de services, elles peuvent également s'envisager à l'échelle européenne. Dans ce cadre, nous recommandons le développement d'une **constellation multi-capteurs** et incrémentale centrée sur le renseignement d'origine image et **intégrant des capacités d'observation radar, optique visible et hyperspectrale**, dans une logique industrielle et capacitaire commune. Selon le format retenu, une telle architecture pourrait également embarquer des capteurs dédiés à l'alerte avancée, ou à la surveillance spatiale. Elle devra également permettre **l'intégration algorithmique et la fusion de données issues de capteurs hétérogènes, domaine dans lequel les technologies d'intelligence artificielle deviennent essentielles**. Une telle capacité, distribuée sur de nombreux satellites plutôt que quelques-uns et plus ouverte aux nouveaux entrants du secteur, devrait en outre permettre de répondre aux nouveaux besoins de **résilience et**

de redondance des architectures de défense spatiales, tout en étant déployée plus rapidement et efficacement.

Le basculement vers une telle logique pourrait s'opérer à partir d'IRIS² dont il s'agirait alors de développer une nouvelle génération et de nouvelles couches dans un programme que l'on pourrait renommer IRIS³, ou à partir du projet EOGS. Quelles que soient les options retenues, elles supposeront un engagement politique et budgétaire résolu des États membres afin d'en garantir le financement ambitieux dans le cadre du prochain cadre financier pluriannuel de l'Union européenne.

Cependant, la capacité du milieu spatial à servir de pilier opérationnel dépendra aussi de notre faculté à **assurer la sécurité et la résilience de ses infrastructures, à commencer par le volet surveillance de l'espace**. Le premier prérequis est la compréhension du milieu spatial : détecter et suivre les objets en orbite, les identifier et comprendre leurs manœuvres, maîtriser les risques, anticiper les menaces potentielles, est un préalable indispensable à la maîtrise du milieu spatial et à la liberté d'action. Sur ce segment, la France et l'Europe disposent d'importantes capacités, mais demeurent étroitement dépendantes des données américaines. Gagner en autonomie sur ce segment, pour **viser à moyen terme un affranchissement complet des États-Unis**, passera par une densification des capacités, mais surtout par la structuration d'un marché, qui ne pourra voir le jour qu'en le **déployant dès 2026 au travers d'un volume suffisant de commandes publiques** françaises et européennes (EU-SST), là encore selon une logique de *client d'ancrage*.

Autre condition stratégique : **l'accès à l'espace**. Trop longtemps considérée comme une priorité de la politique spatiale française, au détriment d'autres segments tout aussi critiques, la question de l'accès à l'espace reste pourtant le socle indispensable de toute autonomie spatiale. Elle doit désormais s'inscrire de manière plus cohérente et intégrée dans la stratégie nationale. À ce titre, il convient d'intensifier les cadences de lancement d'Ariane 6 en visant sa pleine capacité annuelle,

afin d'en réduire les coûts unitaires. Cet effort devra s'articuler avec la **mise en place d'un principe d'exclusivité européenne pour les lancements institutionnels.**

Par ailleurs, il incombe à la France de clarifier sa stratégie autour de deux priorités. **D'une part, elle doit maintenir son leadership sur le segment des lanceurs** afin de répondre à une éventuelle augmentation des cadences de lancement en Europe sans dépendre d'acteurs non européens, ce qui suppose d'accroître les capacités industrielles d'Ariane 6 et de **disposer d'ici 2030 d'un mini-lanceur opérationnel et évolutif.** D'autre part, il nous faut garantir, quelle que soit l'issue du *Launcher Challenge*, la maîtrise nationale des technologies de réutilisabilité, condition essentielle pour assurer une baisse durable des coûts. Cela implique des choix pour les financements publics, en priorisant rapidement les projets les plus prometteurs au sein du programme France 2030, tout en maintenant le soutien du CNES à des technologies différenciantes.

LA NÉCESSITÉ D'UN SURSAUT PLUS LARGE, COUVRANT L'ENSEMBLE DES DOMAINES DU SPATIAL

Si, à court terme, les efforts et l'attention doivent se porter sur le spatial de défense, la France comme l'Europe ne peuvent faire l'impasse sur volet civil, compte tenu du retard accumulé, de la nature duale du secteur et des défis politiques.

La France comme l'Europe, **courent désormais le risque imminent d'être exclues du vol habité, mais aussi de l'exploration lunaire.** En raison de la fin programmée de la Station spatiale internationale en 2031 et des incertitudes majeures sur l'avenir des programmes lunaires américains, rien ne dit qu'à l'horizon 2030, Sophie Adenot ou Thomas Pesquet puissent encore flotter en apesanteur, encore moins sur la Lune. De fait, de **nombreux acteurs et décideurs semblent s'accommoder d'une fin triste et discrète du vol habité européen.**

Or, en dépit des incertitudes, le vol habité va se poursuivre à l'échelle mondiale et probablement franchir un cap à la fin de la décennie avec le retour à la surface lunaire de la puissance américaine, peut-être devancée par la vélocité du programme chinois. L'Inde témoigne également d'ambitions très poussées, auxquelles s'ajoutent les ambitions de quelques puissances moyennes (Japon, Canada) décidées à manifester leur présence dans l'espace, l'orbite terrestre, la Lune et, demain, Mars, l'ensemble façonnant un seul et même *continuum* stratégique.

Renoncer à être présentes sur ce segment **reviendrait pour la France et l'Europe à abdiquer tout rôle sérieux dans la définition des futures règles** de ce qu'il convient d'appeler **l'exploration humaine** du système solaire. Outre ces enjeux politiques, les **technologies associées présentent une dualité croissante**, convergentes avec les développements dans le domaine de la défense spatiale et des missiles hypersoniques. Un renoncement serait donc un marqueur d'une disqualification profonde du modèle de puissance européen. Le spatial reste l'expression d'un choix d'excellence, permettant aux futures générations de se projeter vers un récit technologique et scientifique qui leur corresponde. Les priver en conscience de cette opportunité de progrès serait une décision lourde de conséquences.

Nous recommandons dans ce contexte deux programmes complémentaires : d'abord, le **développement et la qualification d'ici à 2035 d'une capsule habitée européenne**, à partir des projets de transport de fret (cargo), déjà engagés par l'ESA. Technologie sûre et peu risquée, elle utilisera Ariane 6 pour des missions de durée moyenne, à des fins de coopération et permettant des visites, en position d'égalité, avec d'autres puissances spatiales. Ensuite, et afin de se positionner en *leader*, nous proposons le **développement d'une plateforme technologique duale utilisant le concept du corps portant (*lifting body*)**, permettant à la France et à l'Europe de disposer de cette technologie à des fins militaires, mais aussi, à terme, comme véhicule habité réutilisable capable de se poser sur terre avec précision.

Pour ces deux programmes, nous proposons que l'ESA finance et supervise au plan technique le développement, notamment *via* un programme de R&D renforcé, tout **en faisant de l'UE, pour la partie civile, l'acheteur des services subséquents et le co-financeur de la plateforme corps portant**. Ce rôle est cohérent avec la montée en puissance de l'Union dans la lignée de *Galileo* et d'IRIS² en permettant, en outre, de s'affranchir de la contrainte du retour géographique.

En matière exploratoire, l'Europe fait face à un risque d'éviction du programme *Artemis*, dont elle était l'un des principaux partenaires. Cette réorientation américaine n'est pas neutre, et risquerait de priver l'Europe de l'aventure lunaire, alors que celle-ci se réinvite dans l'agenda des puissances. Cette perspective doit être combattue. Nous recommandons **la mise en place d'un programme d'exploration lunaire non habitée**, qui puisse lui permettre de **se positionner sur des services critiques** et de faire la **démonstration de ses capacités technologiques et scientifiques** tout en laissant la porte ouverte à une aventure plus ambitieuse si les générations futures décidaient de s'y engager.

Sur ces programmes et **de manière plus générale pour la commande publique spatiale civile et militaire**, nous recommandons que la France et l'Europe (ESA, UE) s'inspirent de l'agilité contractuelle et industrielle développée par la NASA pour ses programmes de fret et de vol habité. **Le concept-clé, déjà mentionné plus haut, est celui de client d'ancrage**, dans le cadre d'un contrat multi-missions et pluriannuel laissant aux prestataires une large marge de manœuvre technique, en contrepartie de quoi ceux-ci s'engagent sur les délais, les coûts, et la recherche d'investissements et de débouchés privés additionnels. Cette méthode, que l'ESA a commencé à utiliser, doit **devenir la méthode par défaut pour développer de nouvelles capacités et de nouveaux services**, notamment pour les besoins d'observations et de surveillance de l'espace.

Le soutien exigeant au secteur privé doit lui permettre d'adopter une approche véritablement moderne, tournée vers l'économie des services de connectivité. Trop d'industriels et opérateurs de satellites conçoivent ou utilisent des objets technologiques à l'état de l'art et demeurent largement incapables de construire et déployer à grande échelle des satellites rapidement et à coûts raisonnables. À l'image d'autres segments des armées, comme celui des drones, **l'approche de suffisamment bon (*good enough*) doit devenir la norme, en rompant avec une culture de surqualité (*gold plating*).**

Cela suppose d'abord un recentrage des approches sur la définition des besoins, en évitant de figer trop tôt des spécifications techniques. Il importe aussi d'élargir la place accordée aux *start-ups*, notamment dans les services non critiques, afin de stimuler l'innovation et de raccourcir les délais de développement. Les entreprises issues d'autres secteurs, comme les télécommunications ou l'automobile, doivent par ailleurs être encouragées lorsqu'elles souhaitent se tourner vers le spatial. Enfin, cette dynamique appelle une évolution des pratiques et des postures. Les grands donneurs d'ordres comme le CNES ou la DGA, tout comme les opérateurs et les décideurs publics, doivent accepter une part de risque plus importante et reconnaître que l'échec fasse partie intégrante du processus d'innovation.

Ce constat renvoie à un dernier enjeu de politique industrielle, au cœur de tous les autres : tant que l'action publique continuera de privilégier une logique de dispersion des moyens au détriment d'une hiérarchisation stratégique, la France échouera à rationaliser sa filière spatiale.. Dans un contexte de contraintes budgétaires et de compétition internationale, il devient impératif de s'extraire d'une logique de *saupoudrage* pour assumer des choix clairs, articulés autour de besoins souverains et d'orientations industrielles cohérentes. C'est à cette condition seulement que l'État pourra créer les conditions d'émergence de nouveaux acteurs stratégiques et infléchir la tendance actuelle.

**AXE I :
REPLACER LE SPATIAL AU CŒUR
DE NOTRE RÉFLEXION INTÉGRÉE DE DÉFENSE**

Priorité n° 1

**Pouvoir concourir en autonomie aux opérations militaires :
observation, communication, navigation**

Recommandation n° 1

Faire du spatial un pilier opérationnel autonome de nos armées face aux menaces émergentes, en consolidant les moyens en matière d'observation, de communication, de navigation et d'alerte avancée dans une logique de réduction des dépendances stratégiques.

- 1.1.** En matière de capacités spatiales d'imagerie patrimoniale, qui répondent à un besoin central de renseignement, la France doit viser à la fois une **diversification des capteurs et un renforcement de la redondance orbitale, afin d'augmenter significativement le taux de revisite de ses outils**. Cela suppose notamment une densification des capteurs de très haute résolution (THR) du programme successeur de la composante spatiale optique actuelle (CSO).
- 1.2. Doter la France d'une capacité autonome d'alerte avancée**, afin de mieux maîtriser l'environnement stratégique dans un contexte de prolifération balistique et de menaces croissantes. L'alerte avancée étant la première brique de la défense antimissile balistique, elle permettrait par ailleurs de poser les bases d'une architecture européenne de protection collective, sur un socle français ou dans le cadre d'un partenariat franco-allemand. S'agissant des

systèmes d'alerte avancée en orbite basse qui intéressent les capacités hypersoniques, nous proposons d'intégrer cette réflexion à l'échelle européenne dans le cadre d'un projet de constellation multi-capteurs en orbite basse (**Recommandation n° 2**).

- 1.3.** Notre dépendance à *Starlink* et les évolutions géopolitiques doivent conduire à reconsidérer très rapidement nos capacités de connectivité en orbite basse, en identifiant avec nos partenaires européens des solutions intermédiaires crédibles dans l'attente de la mise en service de la constellation européenne IRIS² prévue à l'horizon 2030. Au vu des délais et des complexités européennes, s'appuyer sur *OneWeb*, constellation opérée par *Eutelsat*, constitue aujourd'hui la seule alternative techniquement et politiquement viable face aux opérateurs étrangers. Une stratégie efficace impliquerait **un soutien à cet acteur avec la mobilisation de fonds européens pour financer les investissements nécessaires pour maintenir et accroître les capacités disponibles et un recours à une commande publique ambitieuse pour sécuriser des blocs de capacités pour les États européens, combinés le cas échéant avec des commandes de nouveaux terminaux en grande quantité**. Au regard de l'actionnariat d'*Eutelsat*, un dialogue bilatéral avec le Royaume-Uni sur les efforts de soutien à *OneWeb* sera nécessaire.
- 1.4.** La montée des intentions de nos voisins allemand et italien de créer des constellations nationales, basse et moyenne orbite, dédiées à la connectivité interroge l'avenir d'IRIS². La mutualisation technologique, industrielle et financière qu'exige le déploiement d'une constellation à l'échelle européenne à même de servir le volume des armées européennes face à une guerre de haute intensité nous paraît donc indispensable. **Un sommet dédié doit être réuni en urgence par la France afin de garantir le déploiement du programme IRIS² et d'en clarifier la gouvernance politique et industrielle**, en s'assurant du soutien italien et allemand

et de l'engagement réel des acteurs industriels. **Un tel sommet serait également une occasion de faire émerger une chaîne de valeur européenne capable de déployer des constellations en orbite basse technologiquement et financièrement compétitives.** Aujourd'hui, la France et l'Europe ne disposent pas d'acteurs capables de développer et produire des constellations en orbite basse technologiquement alignées sur les standards *de facto* fixés par *Starlink* et suffisamment compétitives pour permettre une exploitation commerciale et gouvernementale. Ces enjeux de compétitivité et de partage de risque entre industriels et opérateurs restent au cœur du projet IRIS² si l'Europe souhaite disposer de façon pérenne d'un accès autonome aux technologies LEO. Ces réflexions doivent être menées à l'échelle européenne, aucun État membre ne disposant des moyens financiers pour mettre en œuvre seul une constellation de taille critique. Dans cette perspective, l'implication active de plusieurs États membres constituerait un facteur clé pour assurer la solidité politique et financière du projet.

1.5. Accélérer la montée en puissance opérationnelle du service PRS de Galileo afin de réduire, à moyen terme, la dépendance des systèmes d'armes européens aux signaux GPS américains. Cette accélération doit passer par une campagne coordonnée de généralisation du PRS, un signal renforcé à usage gouvernemental, visant à le rendre pleinement disponible et utilisable par les forces armées. Elle implique le renforcement immédiat des capacités industrielles pour la production de récepteurs PRS certifiés et des infrastructures de distribution de clés souveraines pour l'équipement des plateformes militaires (munitions, drones, systèmes de commandement). En complément, l'Europe doit continuer d'investir dans des solutions de positionnement terrestres résilientes, incluant la navigation inertielle de haute précision, l'usage de signaux d'opportunité et le développement de technologies quantiques encore à faible maturité, afin d'assurer une redondance efficace aux infrastructures spatiales et une continuité des capacités PNT.

Recommandation n° 2

Faire émerger une constellation européenne multi-capteurs en mesure de conjuguer la diversité des besoins des armées européennes et d'assurer une forme de résilience dans un milieu spatial toujours plus contesté. Elle permettrait enfin de doter l'Europe d'un système souverain, accessible également aux États ne disposant pas de moyens patrimoniaux, et de renforcer l'autonomie stratégique de l'Union dans le domaine spatial.

En sus du bon déploiement d'IRIS² à l'horizon 2030, il apparaît opportun **d'élargir l'ambition européenne à une constellation multi-capteurs en orbite basse, intégrant aux capacités de connectivité des fonctions critiques en matière de renseignement d'origine image, d'alerte avancée, de positionnement (PNT), voire de surveillance de l'espace.** Tous les besoins provoqués par les nouvelles menaces – réactivité, diversification des capteurs, résilience, fusion et traitement algorithmiques des données par intelligence artificielle – trouvent une réponse pertinente dans des architectures en orbite basse, reposant sur un grand nombre de satellites dotés de capteurs complémentaires.

Cette extension, que l'on pourrait désigner comme une forme d'IRIS³, reposerait sur une seconde génération de satellites européens multi-capteurs. Il s'agirait ainsi de tirer pleinement parti des avantages structurels des constellations en orbite basse qui permettent une **fréquence de revisite élevée, une couverture étendue, la modularité des charges utiles.**

La France, avec ses partenaires européens et en lien avec les industriels pertinents, pourrait dès à présent engager une réflexion commune

pour définir ses priorités capacitaires dans ce domaine, et prendre des décisions structurantes d'investissement dans le cadre du prochain MFF (2028-2034). Une première étape très concrète pourrait résider dans un engagement politique et budgétaire résolu des États membres en faveur d'EOGS, projet de constellation d'observation multi-capteurs européen en orbite basse, afin d'en garantir le financement ambitieux dans le cadre du prochain MFF.

Priorité n° 2

Garantir la sécurité et la résilience des infrastructures spatiales

Recommandation n° 3

Garantir la sécurité, la résilience et la disponibilité des infrastructures spatiales en poursuivant un objectif d'autonomie en matière de surveillance de l'espace, véritable clef de voûte de la souveraineté dans le domaine spatial, tout en améliorant la capacité d'identifier, d'attribuer et de dissuader des actes hostiles.

- 3.1.** La surveillance de l'espace commence d'abord par une chaîne de commandement et de contrôle (C2) au sol qui soit adaptée aux besoins futurs. Il convient donc d'envisager la **mise en place d'une architecture C2 patrimoniale qui permette d'évoluer de façon incrémentale et interopérable avec l'ensemble des acteurs et des services.**
- 3.2.** En matière de capacité propre de surveillance, la France doit viser une réduction de la dépendance qu'elle entretient au *Space Surveillance Network* (SSN) américain. À cette fin, il convient de poursuivre

une diversification des capteurs qui permettent de cartographier la situation spatiale, ce qui implique de disposer de radars, télescopes, et capteurs radiofréquences. En particulier, il faut songer à **renforcer les capacités nationales patrimoniales de SSA, en particulier sur le segment sol**, en prévoyant le déploiement et la redondance du successeur de GRAVES (Aurore), à la fois en métropole et sur un territoire ultramarin, idéalement en Guyane, afin d'en accroître la résilience et les capacités d'observation. Un maillage de capteurs complémentaires dans les territoires ultramarins pourrait être envisagé.

3.3. Si la poursuite des efforts sur le segment sol demeure souhaitable, il convient néanmoins de préciser que la nouvelle génération du système GRAVES n'épuise pas à elle seule les besoins opérationnels à venir. Dès lors, des **solutions complémentaires sur le segment espace** doivent être envisagées en complément de l'effort national. Cette stratégie suppose d'abord de se donner les moyens de garantir une opérationnalité du programme EGIDE dès 2030, en dépit des retards rencontrés par les démonstrateurs YODA et TOUTATIS, de façon à préserver un noyau souverain sur ce segment critique et à développer les compétences techniques de manœuvrabilité, indispensables à la mise en œuvre de moyens d'action plus pérennes en orbite. En parallèle, il convient de privilégier une approche pragmatique en matière d'acquisition de données complémentaires, notamment par l'achat de services et de données à des fournisseurs externes lorsque cela est pertinent.

3.4. La France doit désormais s'attacher à **clarifier et à structurer une commande publique dédiée à la surveillance de l'espace, afin de soutenir durablement le développement des capacités offertes par le secteur privé**. Plusieurs acteurs industriels et *start-ups* proposent déjà des réseaux de capteurs et des services innovants ; toutefois, en l'absence d'une commande publique suffisamment importante et clairement organisée, ce marché peine à devenir

viable. L'État doit donc s'engager à long terme, en garantissant des volumes de commandes publiques adaptés, tout en maintenant des exigences fortes en matière de tenue des délais, de coûts, et de qualité des prestations fournies. Cette structuration sera notamment tenue d'articuler une répartition claire des rôles et des responsabilités entre fournisseurs de données brutes, intégrateurs et prestataires de services finaux, dans une logique de visibilité à destination du secteur privé.

- 3.5.** L'intégration croissante de données commerciales au sein du système EU-SST marque une évolution majeure, dépassant le simple cadre intergouvernemental pour amorcer une logique pleinement européenne. Cette dynamique doit être poursuivie par la **consolidation d'EU-SST comme programme spatial à part entière de l'Union européenne sous contrôle étroit des États membres et en collaboration avec les autorités nationale**. Une telle intégration permettrait de franchir un nouveau seuil, en consacrant l'EU-SST comme un programme *flagship* de la politique spatiale européenne, à la hauteur des enjeux de sécurité orbitale et d'autonomie stratégique.

Priorité n° 3

Sécuriser l'accès à l'espace européen

Recommandation n° 4

Renforcer la pertinence des solutions de lancement européennes déjà existantes.

- 4.1. Pour Ariane 6, viser une utilisation maximale des lignes de production jusqu'à atteindre la capacité annuelle maximale, qui se**

situe autour de 9 à 10 lancements, afin de permettre une cadence industrielle élevée et une réduction des coûts unitaires de fabrication du lanceur. La France doit peser de tout son poids politique pour faire voter une préférence européenne souhaitée de longue date pour les lancements institutionnels européens, laquelle n'existe toujours pas en pratique et dont l'*EU Space Act*, attendue dans le courant de l'année 2025, pourrait être le vecteur juridique privilégié.

4.2. Lancer une mission d'évaluation du risque d'indisponibilité du CSG de Kourou, afin d'apprécier la probabilité et les conséquences d'un scénario de rupture capacitaire. Cette évaluation, couverte par le secret de la défense nationale, pourrait croiser des facteurs de risque selon des déterminants techniques, climatiques, sociaux et géopolitiques, et permettre d'objectiver le niveau de résilience et de préparation des pas de tir et des systèmes de lancement. Cette mission pourrait également couvrir les autres infrastructures spatiales situées au sol (téléports, infrastructures C2) et, en fonction de ses conclusions, ouvrir la voie à l'examen de solutions de renforcement de la résilience des actifs et d'options complémentaires.

Recommandation n° 5

Clarifier la stratégie nationale en matière de lanceurs en fixant deux objectifs clairs et réalistes : conserver un leadership français pour la prochaine génération de lanceurs tout en affichant une ambition renforcée sur les plans technologique et commercial.

5.1. Cette approche requiert **un mini-lanceur opérationnel et évolutif d'ici 2030**. Cela implique des choix en matière de financements publics, en priorisant rapidement les projets les plus prometteurs au sein du programme France 2030, et en maintenant le soutien par

le CNES à des technologies différenciantes notamment s'agissant de la propulsion. La traduction concrète de cette orientation passe par l'affirmation claire de l'objectif de maintien du *leadership* français conçu pour évoluer vers des capacités plus lourdes ; par le renforcement de l'exigence de résultats, en conditionnant les soutiens publics à l'atteinte d'objectifs chiffrés ou de performances identifiées ; et enfin, par la fin des soutiens à des projets peu concluants, au bénéfice de mécanismes plus sélectifs.

5.2. La stratégie nationale en matière de lanceurs doit également **poursuivre résolument le développement de la réutilisabilité**, en inscrivant l'objectif d'une pleine maîtrise technologique à l'horizon 2030, dans la mesure où il s'agit d'une brique indispensable pour concilier hausse des cadences de lancement, réduction durable des coûts, et montée en puissance capacitaire.

AXE II FAIRE DU SPATIAL UN OUTIL DE PUISSANCE SCIENTIFIQUE, TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIEL

Priorité n° 4 Reconstruire le récit spatial européen autour de l'exploration

Recommandation n° 6

La perspective d'un arrêt du vol habité européen doit conduire au développement d'une capacité autonome assurant à l'Europe une voix dans le concert spatial et ouvrant des perspectives technologiques duales.

6.1. Face à la perspective d'un arrêt total du vol habité européen d'ici à 2031, il apparaît indispensable de **poser, de façon urgente et a minima, la question du devenir du vol habité à l'occasion de la prochaine ministérielle de l'ESA, afin d'en trancher les principaux enjeux et de définir une stratégie européenne claire et crédible en la matière.** Cette stratégie devra notamment envisager l'avenir du vol habité européen à l'aune du démantèlement programmé de la Station spatiale internationale, prévu pour 2031, et du redimensionnement probable du programme *Artemis*. Ce questionnement doit être porté par la France dès le Conseil de l'ESA de juin 2025 afin qu'un débat structurant puisse être tenu à la conférence ministérielle de novembre de cette année.

6.2. Au plan opérationnel, l'Europe s'est engagée avec détermination sur la voie du cargo spatial, qui désigne un véhicule de fret autonome destiné à ravitailler des infrastructures en orbite basse. Une option cohérente pour l'Europe consisterait à poursuivre les projets de cargo décidés lors de la précédente ministérielle de l'ESA **en actant à l'automne 2025 un engagement sur deux à trois missions d'ici 2030. Cette phase initiale permettrait d'ouvrir la voie à un véhicule spatial conçu pour des missions de durée moyenne, avec un potentiel d'évolution vers le vol habité.** Le projet supposerait dès à présent :

- La qualification d'Ariane 64 pour le vol habité ainsi que l'adaptation des infrastructures existantes (ELA4 à Kourou), dont l'évolution pour des missions habitées devra être planifiée dès 2025.
- Sur cette base, l'ESA pourrait initier, dès 2026, une feuille de route progressive visant à faire évoluer ce véhicule cargo en une capsule habitée. Cette capsule, capable d'embarquer trois astronautes, intégrerait un système de contrôle environnemental, une tour d'éjection, un système de navigation autonome et un système de rentrée atmosphérique avec bouclier et parachutes.

Cette transformation d'un système existant selon un modèle itératif à coût d'entrée maîtrisé permettrait d'accélérer les délais de mise en œuvre tout en sécurisant l'architecture technique du futur véhicule habité européen. Ce véhicule offrirait en outre à l'Europe une capacité autonome d'accès à l'espace habité, tout en constituant une base d'échanges équitables avec les autres puissances spatiales et un levier structurant pour l'industrie spatiale européenne.

- 6.3.** En parallèle du programme de capsule, nous recommandons le **développement d'une plateforme technologique duale utilisant le concept du corps portant (*lifting body*)**, permettant à la France et à l'Europe de disposer de cette technologie à des fins militaires, mais aussi, à terme, comme véhicule habité réutilisable capable de se poser sur terre avec précision. L'Europe peut sur ce point compter sur plusieurs démonstrateurs ainsi que sur l'engagement de nombreux industriels intéressés par son potentiel dual.
- 6.4.** Financièrement et contractuellement, ces projets pourraient être soutenus dans un premier temps par une **réorientation partielle du budget annuel actuellement consacré au vol habité européen**, à travers un contrat pluriannuel de type *client d'ancrage*, sur le modèle des programmes COTS et CCDev de la NASA, combinant développement, qualification et premiers vols d'exploitation. Au vu des enjeux stratégiques soulevés par le vol habité, l'Union européenne a également un rôle à jouer en tant que financeur et client. Pour ce faire, il convient d'inscrire sans attendre **un programme dédié au vol habité et aux technologies associées dans le prochain cadre financier pluriannuel de l'Union européenne** (MFF 2028-2034), afin de lui permettre de devenir l'acheteur principal des services civils issus de ce segment. Cette approche s'inscrirait dans la continuité des programmes Galileo et IRIS², tout en permettant de s'affranchir des contraintes du retour géographique.

Recommandation n° 7

Lancer la France et l'Europe dans l'aventure lunaire en structurant un programme d'exploration non-habité fondé sur l'utilité scientifique et la démonstration technologique.

- 7.1.** Au sein de la *Stratégie spatiale nationale*, il est impératif de **définir une approche française claire en matière d'exploration lunaire, couvrant à la fois les dimensions exploratoires, économiques, géopolitiques et juridiques**. Une telle clarification conditionnerait directement la capacité de l'Europe à se projeter durablement dans l'exploration lunaire et à préserver sa crédibilité dans l'environnement spatial international.
- 7.2.** La France pourrait ainsi œuvrer à la définition, et pousser à l'adoption d'une approche européenne plus agile, en **soutenant un programme d'exploration lunaire non habitée et utile à coût modéré avec une forte portée symbolique et scientifique, susceptible de mobiliser l'opinion publique européenne et de nourrir une dynamique favorable à l'engagement spatial**. Une première étape d'un tel programme pourrait passer par l'envoi d'un *rover* à la surface lunaire, selon un schéma incrémental, fondé sur la maîtrise de la mobilité cislunaire, la connaissance du terrain lunaire, des démonstrateurs de technologies, en particulier sur le volet énergétique.
- 7.3.** Au plan technique et opérationnel, l'Europe doit **poursuivre la stratégie consistant à assurer sa maîtrise de l'environnement et de la mobilité cislunaire afin de se rendre indispensable sur certains segments critiques de l'exploration, notamment à travers l'atterrisseur *Argonaut* et la constellation *Moonlight***. La maîtrise de ces capacités permettra à l'Europe de disposer de

leviers de négociation vis-à-vis des principales puissances spatiales et de valoriser ses compétences, avec des briques technologiques qui manquent à d'autres puissances lunaires tout en concourant à ses propres projets exploratoires.

Recommandation n° 8

Ouvrir de nouvelles représentations du CNES dans nos postes diplomatiques, affirmant le spatial comme levier de *soft power* au service de notre politique étrangère.

- 8.1.** Le spatial est habilement identifié comme un outil de *soft power*, malgré la contestation grandissante des plans orbitaux. En l'occurrence, le spatial est à la fois un levier politique et économique pour de nombreux pays, alors qu'il reste une activité seulement maîtrisée par une poignée d'entre eux. Dès lors, il apparaît opportun d'envisager une **densification du réseau diplomatique du CNES par l'ouverture de nouveaux postes de représentants permanents en ambassade**, en complément des représentations qui existent déjà auprès des grandes puissances spatiales. L'ajout de postes éventuels pourrait se faire en visant de façon prioritaire les pays avec une forte ambition spatiale et un potentiel de coopération diplomatique.

Priorité n° 5

Définir une stratégie industrielle française coordonnée qui agrège les ressources et soit plus agile

Recommandation n° 9

Faire évoluer les pratiques contractuelles et industrielles pour renforcer l'efficacité de la dépense publique et rationaliser l'industrie spatiale française.

- 9.1.** Au regard de l'inefficacité des modèles contractuels et industriels, la France puis l'Europe gagneraient à **systématiser le concept de client d'ancrage développé avec succès par la NASA**, dans lequel l'institution publique agit comme acheteur de référence dans le cadre d'un contrat pluriannuel couvrant plusieurs missions. Dans ce cadre, le prestataire conserve une large autonomie technique dans la conception et le développement, mais s'engage en retour sur les délais, les coûts, et la capacité à mobiliser des investissements et des débouchés privés complémentaires. Cette méthode, déjà empruntée par certains programmes de l'ESA, doit désormais s'imposer comme la norme et le système contractuel par défaut pour le développement de capacités ou de services à vocation duale ou commerciale, tant au niveau national qu'euro-péen, dans des segments comme le vol habité, le transport orbital, la logistique ou l'exploration robotisée.
- 9.2.** En matière de financement de l'innovation dans le domaine spatial, il convient d'**adopter une approche plus rationnelle dans les phases d'amorçage, en évitant de démultiplier les financements (saupoudrage) pour éviter un effet de fragmentation des acteurs industriels alors même que les ressources sont limitées**. Cet effort implique en amont d'envisager des financements

davantage articulés autour des besoins stratégiques de l'État, selon une logique *top down*, et les mieux positionnés pour parvenir au résultat escompté (*best athlete*).

Recommandation 10

Assumer le risque d'échec en lien avec des ambitions technologiques et scientifiques plus audacieuses.

- 10.1.** Cette évolution culturelle suppose une **plus grande tolérance institutionnelle au risque d'échec**, perçu non comme une faute mais comme une étape du cycle d'apprentissage et d'adaptation. Elle requiert, en parallèle, une évolution des méthodes contractuelles vers plus d'agilité, de modularité et d'acceptation d'échecs dans le cycle de développement. À terme, il s'agit de construire un écosystème plus résilient, plus réactif et plus ouvert à l'innovation, au service d'une ambition spatiale souveraine. Cette approche, étroitement corrélée au niveau d'ambition, doit infuser également au sein des décideurs politiques et des industriels.
- 10.2.** Dans la lignée de ce renversement d'approche, **la France doit intégrer une doctrine plus audacieuse en matière de technologies de ruptures, fondée sur l'acceptation raisonnée du risque lorsque celui-ci est corrélé à un fort potentiel transformateur.** Certaines technologies aujourd'hui à la marge n'emportent pas de garantie de succès à court terme, mais représentent des leviers déterminants de supériorité capacitaire, de réactivité stratégique, et de positionnement industriel à long terme. Le modèle actuel d'innovation, trop centré sur une logique incrémentale et sur la conformité aux feuilles de route existantes, peine à intégrer ces paris technologiques. Il s'agit donc de créer les conditions d'un financement plus précoce, plus souple et mieux calibré pour des

technologies encore à faible TRL, *via* des feuilles de route exploratoires en lien avec les industriels et les laboratoires publics. Sur ce dernier point, nous proposons de lancer un programme volontariste en matière de propulsion nucléaire avec l'objectif de disposer d'un démonstrateur selon un horizon fixé de 10 à 15 ans. Le projet pourrait figurer au sein des objectifs de long terme de la Stratégie spatiale nationale et figurer à l'ordre du jour du prochain Conseil de politique nucléaire.

Raphaël Tavanti

Chargé de projets sur les questions économiques

Raphaël a rejoint l'Institut Montaigne en février 2023. Son parcours compte plusieurs expériences en administration publique en France et à l'étranger, à l'issue desquelles il s'est spécialisé dans les sujets de politique industrielle. Il s'intéresse particulièrement aux enjeux de compétitivité des entreprises, d'autonomie stratégique et au secteur spatial.

Raphaël est diplômé de Sciences Po Paris.

Arthur Sauzay

Associé chez A&O Shearman, contributeur sur les questions spatiales

Arthur Sauzay est expert en politiques spatiales et conseille à ce titre l'Institut Montaigne depuis 2016, au travers notamment de deux notes parues en 2017 (*Espace : l'Europe contre-attaque*) et 2020 (*Espace : le réveil de l'Europe*). Il est avocat associé chez A&O Shearman au bureau de Paris, exerçant dans le domaine regulatory et sur les enjeux de durabilité.

Avant-propos	5
---------------------------	---

Synthèse	6
-----------------------	---

Introduction	33
---------------------------	----

1

Le spatial français, un secteur de compétences historique mais trop peu outillé pour répondre aux mutations du domaine	41
---	----

1.1. La transformation rapide du spatial le place au cœur des enjeux de sécurité nationale et de souveraineté technologique	41
--	----

a. Un milieu à la confluence de tous les enjeux, central dans nos quotidiens, indispensable au fonctionnement de nos économies	41
---	----

b. Le paysage spatial voit s’opérer une rapide mutation économique et technologique depuis 2010	49
--	----

2.1. La France, acteur historique d’un spatial européen pris dans la tourmente	73
---	----

a. Un secteur historique de compétence et d’excellence : panorama synthétique	73
--	----

b. Une aventure politique et technologique indissociable de sa dimension européenne	87
--	----

2

Les axes d'effort pour une véritable stratégie de puissance française et européenne dans le domaine spatial	102
Axe n° 1 • Placer le spatial au cœur de notre réflexion de défense intégrée	102
Priorité n° 1 • Concourir en autonomie aux opérations militaires : observation, communication, navigation	114
Priorité n° 2 • Garantir la sécurité et la résilience des infrastructures spatiales	152
Priorité n° 3 • Consolider les solutions européennes d'accès à l'espace	168
Axe n° 2 • Faire du spatial français un secteur porteur pour la recherche et l'industrie	185
Priorité n° 4 • Reconstruire le récit spatial européen autour de l'exploration	185
Priorité n° 5 • Définir une stratégie industrielle française coordonnée qui agrège les ressources et soit plus agile	249
Conclusion	270
Liste des acronymes	274
Remerciements	277

Ce qui regarde l'espace, regarde aussi la Terre. Le spatial, vecteur de rêves, champ de connaissance, objet scientifique, est une composante centrale de l'imaginaire humain. Récemment, l'ensemble des objets qui dessinent cet imaginaire s'est vu percuté par des mutations successives, et dans leur sillage, c'est toute notre appréhension du spatial, bien au-delà des usages, qui s'en trouve bouleversée. Le domaine spatial s'impose désormais comme un terrain actif de luttes géopolitiques, où se révèlent différentes échelles de puissance, mais également comme une source d'opportunités économiques.

Alors même qu'il est le milieu le plus hostile et inhospitalier à l'homme, l'espace est également indispensable à un spectre d'activités très diversifié pour ses sociétés, et contribue à de multiples égards à en assurer le bon fonctionnement de leurs économies. Face à lui, c'est **désormais une forme de dépendance que nous concevons collectivement**. En moyenne, un citoyen français mobilise les services de plusieurs dizaines de satellites par jour, souvent sans le savoir. Ces satellites agissent à la fois comme des nœuds de communication, des relais de données et sont bien souvent les yeux du monde pour les catastrophes qui l'affectent.

Relativement stable durant les dernières décennies, le secteur spatial évolue désormais rapidement. Le 14 octobre dernier, le monde découvrait médusé le premier étage d'une fusée *Starship* de l'américain *SpaceX* revenir sur terre peu de temps après son lancement, et se lover dans des bras articulés positionnés à même la tour de lancement. Cette démonstration de force technologique a frappé les consciences du grand public, offrant aux yeux de chacun, bien au-delà des spécialistes, **un constat parfois injuste mais en apparence sans appel : le spatial franco-européen n'est plus en pointe**. Pire encore, le voilà rendu périphérique et impertinent par la vélocité et l'inventivité d'acteurs qui le surclassent.

DE L'ÂGE D'OR AU DÉCROCHAGE : LE RISQUE DE PASSER DU DÉNI AU RENONCEMENT

Pourtant, il n'en a pas toujours été ainsi, loin s'en faut. Le spatial français, et par extension son volet européen, ont été, et demeurent, des pôles d'excellence, des réservoirs de compétences pour un secteur technologique et industriel aussi complexe que spécifique. Peut-être plus surprenant encore, le spatial européen a dominé. Il s'est trouvé une voie entre une superpuissance spatiale américaine ayant posé le pied sur la Lune avant même le début des années 70, mais rendue momentanément atone par de mauvais choix stratégiques, et une puissance russe pionnière en son temps, mère d'un complexe industriel et technologique confinant au gigantisme, mais en déclin structurel.

La France a largement contribué à structurer autour de son savoir-faire un programme spatial européen pragmatique et agile, devenu le *leader* mondial sur le segment des lancements commerciaux. Ainsi, entre 1979 et 2019, les lanceurs Ariane mettent en orbite la majorité des satellites commerciaux, tandis que ses missions scientifiques étonnent le monde. En 2014, la sonde *Rosetta* de l'agence spatiale européenne se pose sur une comète proche du Soleil. Elle est la première et demeure à ce jour la seule à avoir accompli pareil exploit.

Au fil de ces succès, le spatial s'est invité dans les consciences françaises, incarné par deux ambassadeurs de choix : le lanceur Ariane et les astronautes, qui ont contribué à susciter des vocations et à forger un sentiment de fierté dans l'imaginaire de plusieurs générations. Ces deux symboles sont d'ailleurs mobilisés en juillet 2024, à l'occasion des Jeux olympiques de Paris.

La décennie 2010 marque la fin de ce que certains n'hésitent pas à qualifier de *parenthèse enchantée*. Une révolution techno-industrielle venue d'outre-Atlantique contribue à réinventer en profondeur les logiques spatiales, en abaissant considérablement les coûts d'accès

à l'espace, modifiant ce faisant l'équation qui prévalait depuis des décennies et qui dictait, dans une très large mesure, son fonctionnement industriel et économique. Cette révolution se conjugue à une autre : celle du spatial comme lieu de production de la donnée, ce qu'il a toujours été, mais qu'il est davantage à mesure que les besoins en connectivité, les flux de données (*big data*) augmentent, que les outils d'intelligence artificielle permettent du reste de mieux en mieux valoriser.

Ces évolutions ont ouvert la voie à une reconfiguration de la géopolitique spatiale, qui, non sans lien avec l'augmentation des conflictualités, voit apparaître une multiplication d'acteurs de diverse nature : étatiques, privés et parfois hybrides. Le spatial quitte ainsi rapidement les habits coopératifs que la Station spatiale internationale, lancée en 1998, avait contribué à lui faire revêtir, et redevient ce qu'il était en partie jusqu'à la fin des années 1960 : **un champ d'exercice de la puissance, où se manifestent les ambitions politiques des uns et les intentions hostiles des autres**. L'espace, un des vecteurs de la puissance militaire d'hier, en devient aujourd'hui l'un des théâtres additionnels. Les conséquences sur ce milieu considéré jusqu'à présent comme un bien commun sont multiples : arsenalisation, menaces, remise en cause des principes juridiques.

Dans ce nouveau tumulte, l'Europe a perdu pied et sa compétitivité sur le secteur des lancements commerciaux s'est érodée. En 2025, elle ne représente plus que 2% du nombre annuel de lancements en orbite, et moins de 10% des satellites actifs en orbite. Par voie de conséquence, son industrie se trouve fragilisée, ainsi qu'en témoignent les difficultés actuelles des grands groupes tels que *Airbus Defence & Space* et *Thales Alenia Space*, que ne compense que partiellement l'émergence de nouveaux acteurs. De même, la logique de coopération entre les puissances spatiales européennes, à commencer par l'Allemagne, la France et l'Italie et source du succès de l'agence spatiale européenne (ESA), s'efface au profit de postures plus nationales. Les récentes annonces de

nos partenaires, comme celle de l'Italie envisageant dans un premier temps de recourir aux services de *Starlink* pour ses communications sécurisées, mais également l'Allemagne annonçant vouloir lancer une constellation en orbite basse hors des programmes de la Commission européenne, sont autant de signes de cette dislocation politique.

La question se pose alors de savoir si l'Europe, n'ayant plus les moyens d'être compétitive, doit renoncer, entravée qu'elle est par ses contraintes budgétaires et ses difficultés politiques. Enjeu récent parmi d'autres : le vol habité ou l'exploration sont-ils encore porteurs de sens ? En dépit des réels progrès accomplis tant en France qu'en Europe depuis 2018 pour réorienter ambitions et méthodes, le doute et l'inquiétude demeurent encore auprès des acteurs du secteur, des services de l'État, mais aussi du grand public.

Pourtant, le spatial demeure un secteur stratégique, un élément déterminant de la souveraineté et de la sécurité des États, en particulier en matière militaire, où il contribue à la conduite des opérations *via* les réseaux de communication et de contrôle-commande et permet de garantir une autonomie de décision politique et une liberté d'action. La souveraineté se comprend alors dans la capacité à lancer puis à opérer un objet en orbite sans avoir à dépendre des autres, donc à pâtir de mesures coercitives en cas de différend, voire d'affrontement.

Dès lors, comment apprendre à naviguer dans le champ de contraintes actuel ? Le spatial doit-il continuer de figurer au rang des priorités stratégiques de l'État ? Faut-il concentrer les efforts sur quelques segments commerciaux où la France et l'Europe sont encore en mesure de faire la différence ? Ou bien, à l'instar du Japon, assumer le choix historique d'un recentrage souverain, sans visée commerciale très large, même si une telle approche peut obérer la capacité à innover, à attirer des talents et à se positionner sur l'aval de l'industrie spatiale, en particulier en matière de données ?

POSER LES DÉTERMINANTS D'UNE STRATÉGIE AMBITIEUSE

Articuler le spatial français à la lumière de ces quelques constats et principes, lui permettre de trouver la place qui est la sienne dans le nouveau monde, suppose une feuille de route stratégique claire et des priorités répondant à des questions simples : Pourquoi sommes-nous dans l'espace et voulons-nous y rester présents ? Quel est notre niveau d'ambition et d'autonomie ? Quel sera demain notre positionnement face aux autres puissances et à leurs postures prédatrices ?

La réponse à ces questions n'est pas simple. Le spatial français se trouve, à l'heure actuelle, pris en tenaille entre plusieurs documents stratégiques désalignés, certains consacrés au secteur civil, d'autres au secteur militaire, alors que la dualité intrinsèque du secteur impose d'y réfléchir comme à un tout. Ce qui compose une éventuelle stratégie française en matière de spatial tient davantage dans les prises de parole ponctuelles de ses responsables politiques ou administratifs, que dans un effort concerté de programmation stratégique et politique. Parmi les causes de cette lacune, une gouvernance écartelée, peu lisible, et une attention politique portée au spatial trop insuffisante en l'état. Si quelques voix salutaires¹ se sont emparées du sujet, il demeure anormalement incompris des cercles politiques français, à l'inverse des États-Unis, où la culture spatiale reste très proche de l'exercice parlementaire.

Le Premier ministre a annoncé en février dernier l'élaboration et la parution prochaine d'une *Stratégie spatiale nationale* véritablement duale. Cet exercice, qui n'a pas été mené en France depuis de nombreuses années, est donc très attendu. Ailleurs en Europe et dans le monde, de très nombreuses stratégies spatiales nationales ont vu le jour qui,

¹ Cécile Rilhac, Olivier Becht, Jean-François Rapin ou Arnaud Saint-Martin et Corinne Vignon plus récemment, se sont emparés du sujet de façon volontariste et ont chacun produit des travaux structurants pour le secteur.

chacune, traduisent le regain d'attention et la compréhension du spatial comme un pôle de puissance majeur.

La question de l'échelle d'analyse, ici essentiellement portée sur la France, vaut commentaire. En effet, la lecture commune du spatial consiste souvent à dire qu'en matière stratégique, il n'y a désormais plus que l'échelle européenne qui compte, que la vision d'ensemble ne peut émaner que d'elle et que toute réflexion subordonnée échappe à la seule question qui vaille : que veut l'Europe ? L'enjeu européen est naturellement central, tant en raison des ressources qu'il mobilise que des équilibres géopolitiques qu'il engage. **Pour qu'une vision européenne cohérente puisse émerger, encore faut-il que la France clarifie d'abord sa propre approche.** Le spatial français devra ainsi évoluer à l'aune de ses deux fonctions historiques : un outil de souveraineté nationale indépassable et autonome lorsqu'il doit l'être, ainsi qu'un champ de coopération avec nos partenaires européens lorsqu'il peut l'être.

Cette note s'attache ainsi à proposer une réflexion de fond à l'attention des décideurs français en vue d'un véritable sursaut en ligne avec la *Stratégie nationale*. Sans prétendre évidemment à l'exhaustivité, elle met l'accent sur les enjeux de sécurité et de défense, identifiés comme les plus urgents. L'analyse des besoins français en matière de spatial peut s'effectuer selon plusieurs lignes de force. En premier lieu, les capacités spatiales de la France doivent lui permettre, aujourd'hui comme demain, de faire face à l'augmentation des conflictualités. La conception d'une stratégie crédible passera ainsi par une méthodologie rigoureuse, fondée sur une distinction entre ce qui est nécessaire, car relevant de la capacité à assurer la protection de ses intérêts sur le territoire national, en Europe et ailleurs, et ce qui est accessoire. Ces besoins doivent être énoncés à la lumière des nouvelles réalités géopolitiques : fissuration de l'alliance transatlantique et retour des menaces contre le sol de l'Union européenne.

Ce double contexte a provoqué une prise de conscience jusqu'au plus haut sommet de l'État et chez nos partenaires européens quant à la nécessité d'un effort soutenu en matière de défense. Surtout, il donne le signal de départ à un changement de paradigme bien plus large, qui confine au renversement de modèle, dans lequel la composante spatiale doit trouver toute sa place au sein de cet effort de défense renouvelé – non comme un secteur annexe ce qui serait tout à la fois une erreur d'analyse, et une erreur politique accentuant les vulnérabilités européennes. Aujourd'hui encore, la qualité et la densité du spatial de défense demeurent les marqueurs principaux d'une puissance spatiale, tout en constituant le principal besoin institutionnel des États en cas de conflit.

Notre stratégie spatiale doit donc prioritairement s'intéresser aux voies de densification et diversification capacitaire en proposant une méthode et des moyens concrets – à même de mobiliser adéquatement les opérateurs concernés sur la base des besoins de l'État avant ceux des acteurs privés.

DÉFENDRE UNE VISION EUROPÉENNE DE LONG-TERME

Le spatial ne peut être réduit à l'urgence du moment, aussi pressante soit-elle. L'Europe ne doit pas se détourner des dimensions qui font la force et la spécificité de son projet spatial : son industrie, sa recherche, sa capacité à penser le temps long. Ainsi, si les défis sécuritaires imposent des réponses immédiates, ils ne doivent pas conduire à abandonner les horizons scientifiques et exploratoires qui traduisent, peut-être plus encore, notre conscience européenne et son rapport à l'humanité.

En cela, et alors que s'amorce ailleurs dans le monde un désintérêt pour les missions de recherche et d'exploration, notre travail considère que le rôle de l'Europe est d'affirmer une voix singulière en la matière, qui

passera par des capacités autonomes de vol habité et une stratégie ambitieuse, et cohérente en matière exploratoire. Derrière s'avance un besoin au cœur de tous les autres : celui de recréer un récit spatial à la mesure de l'Europe.

1 Le spatial français, un secteur de compétences historique mais trop peu outillé pour répondre aux mutations du domaine

1.1. LA TRANSFORMATION RAPIDE DU SPATIAL LE PLACE AU CŒUR DES ENJEUX DE SÉCURITÉ NATIONALE ET DE SOUVERAINETÉ TECHNOLOGIQUE

- a. Un milieu à la confluence de tous les enjeux, central dans nos quotidiens, indispensable au fonctionnement de nos économies

Autrefois objet de rêves et de conquêtes, le spatial s'est peu à peu imposé comme un élément clé de la puissance des États, d'abord par sa valeur stratégique, ensuite par ses dimensions symboliques et enfin économiques. L'espace est donc un lieu commun, et son appropriation par l'imaginaire collectif répond très largement de cette perception, influencée en premier lieu par les exploits humains qui s'y sont joués, puis scientifiques et technologiques. La vocation exploratoire du spatial, loin d'être abandonnée, se trouve désormais enrichie et élargie par un intérêt croissant porté à la production et à l'exploitation stratégique des données. La donnée spatiale, accessible uniquement depuis l'orbite, présente l'avantage d'une collecte intégrée, affranchie des contraintes de l'espace aérien, et permet une observation extra-atmosphérique étendue, continue et globale.

L'accès à cette donnée et à sa valorisation en aval suppose une maîtrise technique du milieu spatial, où la moindre activité est rendue complexe par la nature même de l'environnement. L'espace est en effet un milieu hostile, inhospitalier pour l'homme et ses machines, quoique paradoxalement fondamental pour ses activités. Les fournisseurs des données spatiales sont des capteurs en tout genre, des instruments de

mesure, d'observation, arrimés sur des plateformes qui désignent des trajectoires orbitales autour de la Terre : les satellites. Ces données sont ensuite exploitées pour des usages certes très divers, mais éminemment stratégiques.

Les services spatiaux, au cœur de notre quotidien, concourent essentiellement à trois grandes fonctions² :

- 1. Communication** : les satellites constituent d'abord un nœud critique dans les infrastructures de télécommunication dans la mesure où ils agissent comme des relais entre des émetteurs et des récepteurs situés au sol, permettant des échanges qui seraient autrement impossibles avec les seules infrastructures terrestres. Ils permettent par exemple la transmission des signaux télévisés, des communications téléphoniques longue distance et des connexions Internet. Leur importance grandissante dans les zones isolées ou mal desservies par les réseaux traditionnels tend à s'accroître à mesure que convergent les télécommunications terrestres et spatiales, ces dernières étant désormais intégrées aux standards des réseaux, notamment avec la généralisation de la 5G. Cette convergence constitue aujourd'hui l'enjeu majeur des télécommunications et ouvre la voie à de nouveaux usages, dits *direct-to-device*, où les terminaux classiques peuvent se connecter directement aux satellites. Plus que l'IoT (*Internet of Objects*), ou la simple généralisation du haut débit, cette intégration poussée entre les réseaux sols et les réseaux spatiaux contribue à redéfinir le rôle stratégique des satellites dans les télécommunications futures.
- 2. Navigation** : les infrastructures satellitaires sont également essentielles pour les activités de transport et de navigation terrestre. Le positionnement par satellite, connu du grand public par l'usage

² L'exploration pourrait être envisagée comme la quatrième grande fonction. En raison de son importance moindre dans le quotidien, nous faisons le choix de ne pas la décrire dans ce panorama initial.

qu'il fait du GPS, autorise de très nombreuses opérations logistiques à l'échelle de la planète, notamment dans les domaines du transport de fret ou de la gestion des réseaux ferroviaires. Il est même utilisé comme outil de synchronisation temporelle des transactions pour assurer la stabilité des marchés financiers et un fonctionnement efficace des réseaux électriques. Pour se représenter seulement l'importance de la navigation par satellites, on estime que 10 % des activités qui concourent au PIB européen chaque année sont permises ou facilitées par elle³.

- 3. Observation :** l'observation de la Terre (*Earth Observation* – EO) consiste à recueillir, depuis l'espace, des données visuelles, optiques, radar ou radiofréquence sur la surface terrestre, à des fins civiles, environnementales ou militaires. Au-delà de ces usages traditionnels, l'accumulation massive de données permise par les satellites d'observation permet aujourd'hui de façonner de véritables jumeaux numériques de la planète, modélisant en temps quasi réel l'évolution des territoires, des environnements et des dynamiques humaines. De ces nouvelles capacités découlent des flux de données considérables, dont l'exploitation pertinente se trouve désormais conditionnée à de nouvelles chaînes de traitement et d'analyse, ouvrant ainsi la voie à de très nombreux champs d'application.

Ces trois capacités sont aujourd'hui absolument fondamentales à la bonne marche du monde. Sur le plan scientifique, le spatial est également un outil de premier plan, en particulier au travers des capacités d'observation de la Terre et donc de la compréhension du changement climatique. Cette intrication paradoxale du milieu spatial avec la condition terrestre n'est pas nouvelle. Les images de la Terre vues depuis le module de la mission *Apollo 8* en 1968, première à s'élancer vers la Lune, bouleversent les consciences et participent à la création d'une perception nouvelle des limites et des fragilités terrestres. Quelques années

³ Assemblée nationale. (2023). *L'avenir de l'industrie spatiale européenne. Rapport d'information n° 2040.*

plus tard, en 1972, c'est au tour du cliché du commandant de la mission *Apollo 17*, Eugene Cernan, intitulé *The Blue Marble*, d'illustrer l'unicité et la finitude planétaire. Pour ceux ayant observé la Terre depuis une capsule ou une station, on parle d'*Overview Effect*. L'espace n'est plus juste un lieu d'expression de la puissance et de déploiement de la technologie, mais aussi une échelle de réflexion sur l'avenir commun de l'humanité.

Aujourd'hui, le spatial se trouve à l'avant-garde des efforts de compréhension du changement climatique. Précisément, on considère que la moitié des variables climatiques essentielles ne sont observables que depuis l'espace. Les rapports du GIEC, dont certaines conclusions et informations proviennent directement de ces variables, en rappellent d'ailleurs fréquemment l'importance. Les satellites permettent de procéder à une large gamme de mesures environnementales, en surveillant notamment la surface de la Terre, son niveau de végétation, la température des sols et des océans, ou encore les calottes glaciaires. Ces données sont essentielles pour comprendre les dynamiques climatiques, la gestion des ressources naturelles et peuvent participer de la bonne anticipation des phénomènes extrêmes. À cela s'ajoute une application centrale : la surveillance de l'atmosphère, qui comprend des capacités de mesure de la composition atmosphérique et la détection de gaz à effet de serre⁴. Les capacités d'observation, ensuite, donnent lieu à des estimations précises du niveau des mers, de la couverture forestière et végétale. Parmi ces observations, on compte notamment celles du programme *Copernicus*, une constellation de satellites scientifiques opérée par l'Agence spatiale européenne. D'une valeur inestimable, elles constituent la première source ouverte de données relatives au changement climatique.

Au-delà de leur omniprésence, on voit se développer, plus qu'une utilité des données spatiales, une véritable dépendance à elles. Dans une vidéo

⁴ C'est un satellite qui a permis, en 1985, de découvrir le trou dans la couche d'Ozone.

à but pédagogique publiée en 2022 et intitulée *A Day Without Space*⁵, le DLR, l'agence spatiale allemande, s'est livré à un exercice de pensée pour le moins singulier en imaginant une journée sur Terre dans laquelle les satellites que nous utilisons cessaient soudainement de fonctionner. L'ampleur d'un tel choc apparaît immédiatement aux yeux du spectateur, qui assiste à un recul pluri-décennal de la société dans laquelle il vit : « *Si les satellites du système européen Galileo⁶ cessaient de fonctionner, nous perdriions les horodatages très précis qu'ils fournissent. Les transactions financières deviendraient impossibles sans ces signaux temporels ; les gens ne pourraient plus retirer de l'argent aux distributeurs automatiques et les transactions boursières seraient paralysées. Le résultat final serait un effondrement financier mondial. En outre, l'approvisionnement en électricité serait interrompu, car tous les réseaux dépendent de ces mêmes signaux temporels de haute précision. Les transports terrestres et maritimes seraient gravement perturbés, et le transport aérien interrompu.* »

Le spatial au service de la communauté : le cyclone Chido à Mayotte

Le 14 décembre 2024, un cyclone de catégorie 4, Chido, s'abat sur l'archipel de Mayotte, provoquant dans son sillage des dégâts humains et matériels considérables. En amont de la tempête, les satellites européens d'observation de la Terre, *Copernicus*, sont mobilisés. Dès après le passage du cyclone, le Centre opérationnel de gestion interministérielle des crises (COGIC) active le *Copernicus Emergency Management Service* (CEMS) afin d'aider à la coordination des secours, et à la fourniture d'une aide immédiate aux populations touchées.

⁵ DLR – German Aerospace Center. (2021,11 juin). *A new animation shows a day without space.*

⁶ Système GNSS européen – équivalent du GPS américain.

Les technologies spatiales et les données satellites de *Copernicus* sont ensuite mobilisées, afin de porter assistance aux équipes de secours et d'organiser leurs réponses en fonction des zones sinistrées, de la praticabilité des routes et des systèmes de communication encore opérants. Les satellites français *Pléiades* d'observation de la Terre sont également mis à contribution, et permettent au CNES de produire des cartes détaillées mettant en évidence les dommages et permettant donc de prioriser les interventions des équipes d'urgence. Ces cartes ont également été utilisées pour préparer les phases de reconstruction.

Le spatial revêt enfin, et peut-être d'abord, une dimension militaire. Il faut dire que **la naissance de l'ère spatiale moderne est étroitement liée à des considérations militaro-stratégiques**. La Seconde Guerre mondiale révèle le potentiel des technologies de propulsion, jusqu'alors principalement réservées à quelques âmes fantasques et à leurs recherches expérimentales. En quelques années, la maîtrise des technologies spatiales devient une composante essentielle de la dissuasion nucléaire. Les missiles balistiques intercontinentaux (ICBM), capables de transporter des ogives nucléaires sur de longues distances et invulnérables, car quasiment impossibles à intercepter, sont par définition des objets spatiaux, puisque l'essentiel de leur course se déroule dans l'espace exo-atmosphérique. Aujourd'hui encore, les briques technologiques d'un missile balistique intercontinental sont les mêmes que celles d'un lanceur⁷.

⁷ Roche, N. (2015). *Pourquoi la dissuasion ?*.

De façon générale, le spatial est un secteur fondamentalement dual, c'est-à-dire que ses capacités intéressent tout aussi bien le civil que le militaire, et peuvent être utilisées à ces deux fins. Selon Jean-Jacques Dordain, l'ancien directeur de l'ESA, la distinction entre les deux peut parfois ne tenir qu'à la nature de l'opérateur et de ses objectifs. En matière d'observation de la Terre par exemple, les capacités technologiques et leur exploitation trouvent un usage aussi bien civil que militaire. Il n'est donc pas rare que des services privés d'observation couvrent des clients des deux mondes, en témoignent les activités commerciales d'*Airbus Defense & Space* ou de *Maxar*. Pour verrouiller l'accès aux données stratégiques, les agences américaines, comme le NRO et la NSA, achètent d'ailleurs certaines données commerciales, de manière à entraver leur diffusion sur le marché civil. La Chine et l'Europe reproduisent en partie ces méthodes.

Le parallèle est le même pour la navigation et les communications, où des capacités imaginées pour le militaire peuvent facilement se décliner pour venir servir des usages civils et inversement. La France, qui dispose de satellites de télécommunications sécurisées, fait aussi appel à des opérateurs privés pour venir couvrir certains besoins. En 2022, elle a même modifié sa loi relative aux opérations spatiales (LOS) pour autoriser la réquisition⁸ par l'armée de satellites civils en cas de conflit.

La militarisation de l'espace ne s'incarne du reste pas uniquement dans le caractère spatial de certains missiles. **L'espace est aussi et d'abord un point d'appui aux opérations et aux armées terrestres, maritimes et aériennes.** Il est en cela fréquemment qualifié de *enabler*, c'est-à-dire qu'il permet d'appuyer et d'accompagner les opérations militaires. Aujourd'hui, le spatial assiste les capacités de défense en s'appuyant sur les trois usages que nous avons listés plus haut. Il concourt à l'**imagerie**, au **positionnement**, aux **télécommunications sécurisées** et constitue donc un maillon essentiel de la conduite des opérations

⁸ Ordonnance n° 2 022-232 du 23 février 2022 relative à la protection des intérêts de la défense nationale dans la conduite des opérations spatiales et l'exploitation des données d'origine spatiale.

pour les armées modernes. Sans lui, difficile d'imaginer quelque forme d'autonomie que ce soit. La guerre du Golfe de 1991, marquée par une campagne aérienne dense et prolongée contre les forces du régime de Saddam Hussein, révèle particulièrement la rupture capacitaire apportée par les moyens spatiaux dans le renseignement et la conduite des opérations militaires. De façon synthétique, le rapport entre la défense et l'espace repose sur une gradation entre plusieurs dimensions :

1. **L'utilisation militaire de l'espace** dans une logique d'appui aux opérations. Ce stade de développement est effectif depuis de nombreuses années, au point où l'on évoque aujourd'hui la notion de *spatio-dépendance* des armées.
2. La **militarisation** se rapporte à toute forme d'activité militaire dans l'espace⁹. Les espaces extra-atmosphériques deviennent des champs de batailles à part entière, après la terre, la mer et les airs. Le développement récent de composantes armées dédiées à l'espace à travers le monde fait désormais de cette seconde étape une réalité effective, sauf, pour le moment, en ce qui concerne les corps célestes.
3. **L'arsenalisation**, enfin, est une nouvelle donne qui intervient depuis plusieurs années. La doctrine considère qu'elle se rapporte au placement d'armes dans l'espace¹⁰, permettant, selon l'objectif poursuivi, de conduire des opérations depuis ou dans l'espace¹¹, afin de neutraliser les capacités spatiales adverses et d'entraver l'exercice de leur souveraineté. Elle fait donc partie de sa militarisation, sans être totalement confondue avec elle. Concomitamment, suivant une dynamique amorcée aux États-Unis avec la création de

⁹ Akbar, S. (2009). *Régime de l'arsenalisation de l'espace. Droit de l'espace* (pp. 285-315). Larcier.

¹⁰ Fondation pour la Recherche Stratégique (FRS). (2016, 28 février). *Sécuriser l'espace extra-atmosphérique : éléments pour une diplomatie spatiale*, p. 24.

¹¹ Récemment, les avertissements du renseignement américain d'une volonté russe de placer une arme nucléaire en orbite ont renforcé ces craintes de voir le seuil de déclenchement d'un conflit armé se rapprocher, alors qu'encore aucune guerre à proprement parler n'a eu lieu.

l'*US Space Force* en 2019, on assiste aujourd'hui à ce que certains experts nomment une *martialisation de l'espace*¹². C'est-à-dire une implication de plus en plus marquée des forces armées dans les programmes spatiaux.

Il existe donc un cœur essentiel d'applications spatiales qui sont indispensables aux activités des États et de leurs citoyens. Cela ne veut pas dire qu'il n'existe par ailleurs pas de domaines périphériques parfaitement dispensables sous ces considérations. Le tourisme spatial en est un bon exemple.

b. Le paysage spatial voit s'opérer une rapide mutation économique et technologique depuis 2010

La diversité des usages permis par le spatial, des activités industrielles, économiques, institutionnelles, n'a pas toujours été celle décrite précédemment. De façon schématique, la maîtrise du spatial s'est développée pendant la guerre froide, puis s'est retrouvée prisonnière d'une forme de stase politique et économique après les missions lunaires américaines. **Sous l'effet de la transition numérique, inductrice de nouvelles opportunités commerciales, le spatial est entré depuis quelques années dans une nouvelle ère techno-industrielle qui est venue percuter la représentation parfois statique et récursive que l'on se faisait de lui.**

¹² Dabila, A. (2021). L'émergence des « Armées de l'Espace » et la « martialisation » des programmes spatiaux. *Stratégie*, 2021/2-3 (n° 126-127), pp. 121-136.

Une dynamique inédite

Pendant longtemps, le secteur spatial a fonctionné sur un modèle d'État *maître d'ouvrage*, dans lequel la puissance publique commandait une capacité et en confiait la réalisation à un industriel *maître d'œuvre* chargé de coordonner l'ensemble des acteurs impliqués. **En conséquence, le secteur reposait sur l'hypothèse implicite d'une demande stable et prévisible.** Cette perception partait du postulat que le nombre annuel de lancements resterait constant, que le *gâteau spatial* conserverait la même taille à isopérimètre, et qu'il suffirait de préserver sa part pour rester compétitif. Or, cette approche a négligé la dynamique intrinsèque d'un secteur en profonde mutation, les cycles et les transformations propres à une économie en mouvement, où la nature de la demande et des services évolue et exige une reconversion continue des modèles d'affaires et des stratégies industrielles sous peine de disparaître.

L'émergence, et maintenant l'arrivée à maturité, du *NewSpace* aux États-Unis bouleverse cette approche. L'État n'est plus nécessairement le *maître d'ouvrage* de toutes les capacités, ni le seul commanditaire. Non seulement des entreprises sont désormais capables de **proposer et développer elles-mêmes des capacités pour les commercialiser**, mais elles en **assument également l'intégration totale**. Ainsi *SpaceX* ne se contente-t-il pas seulement de fournir un service de lancement : la société conçoit ses propres alliages, moteurs, logiciels et batteries et toute une gamme possible de charges utiles (satellites de connectivité, capsules habitées).

L'irruption d'entreprises privées innovantes et exclusivement consacrées à des capacités spécifiques dans le secteur spatial a conduit à une **décentralisation de l'innovation par les États vers ces structures, qui en assument le risque et leur en garantissent l'usage**, en échange de quoi les États autorisent ces entreprises à commercialiser leurs services. Ce faisant, le *NewSpace* n'est plus tant un phénomène

nouveau de bouleversement des équilibres industriels par de jeunes entreprises, mais bien **un standard méthodologique d'innovation qui s'impose**. Il s'affirme comme un nouvel équilibre, dans lequel la question qui décide de l'avenir immédiat d'une innovation n'est plus son *utilité*, mais plutôt sa *faisabilité*. Un État seul détenteur d'une capacité en retire nécessairement un avantage comparatif, ce qui place automatiquement les autres acteurs dans une position de désavantage, même s'ils n'ont pas directement usagé de cette capacité. Se manifeste alors un arbitrage : affecter des ressources nécessaires au développement d'une réponse pour rester compétitifs et à parité, ou bien accepter le désavantage au risque de voir l'écart se creuser.

L'essor du haut débit satellitaire (*broadband*) constitue aujourd'hui le principal usage en forte croissance dans le domaine spatial. Cette dynamique ne résulte pas uniquement des avancées dans le secteur numérique, mais repose avant tout sur deux facteurs concomitants :

- 1. Les économies d'échelle générées par les nouvelles approches industrielles.**
- 2. Les progrès significatifs réalisés dans le domaine de l'électronique embarquée.**

Dans le domaine de l'électronique, les progrès technologiques ont à la fois concerné les antennes actives embarquées sur les satellites et les terminaux utilisateurs, permettant en retour d'accroître significativement la performance des services de connectivité spatiale. Le secteur bénéficie en outre d'un effet d'entraînement lié à la demande croissante de connectivité en haut débit, elle-même renforcée par les besoins en couvertures étendues, notamment dans les zones isolées ou insuffisamment desservies par les infrastructures terrestres pour répondre à des besoins en bande passante de plus en plus importants¹⁴.

¹⁴ Institut Montaigne. (2025, avril). *Infrastructures numériques : un plan décisif*.

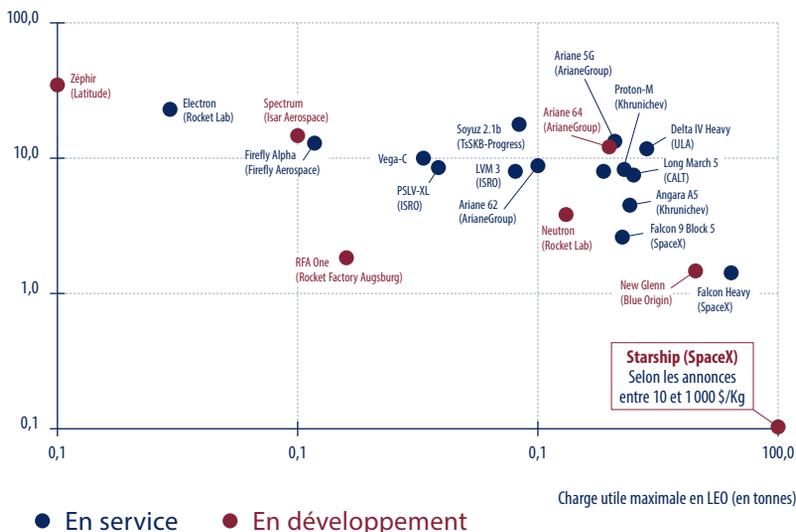
Le second mouvement qui a bouleversé les logiques spatiales s'est incarné dans la baisse des coûts des lancements. Les coûts de lancement constituent l'un des paramètres premiers de l'économie spatiale. Ils expriment le prix de mise en orbite par unité de masse, généralement en kilogrammes, même si cette métrique est parfois décriée pour n'être qu'un seul critère de choix parmi tant d'autres.

Les coûts de lancement désignent en réalité un coût de transport, puisqu'un lanceur, passées les conditions particulières de l'environnement dans lequel il évolue, transporte une charge utile depuis la Terre¹⁵, vers une ellipse ou une hyperbole, en général une orbite identifiée au préalable, et plus rarement un corps céleste. Historiquement, ces derniers ont toujours été très élevés, car inhérents à la complexité du milieu spatial, et à la sophistication que supposent les infrastructures qui y opèrent. On dit notamment des objets placés en orbite qu'ils sont *spatialisés*, c'est-à-dire précisément conçus pour résister dans le milieu spatial, notamment aux rayonnements. On comprend ici encore pourquoi le spatial est longtemps demeuré une activité qui n'a relevé que de l'apanage des États et de leurs grands opérateurs, seuls capables de supporter de telles dépenses et de piloter des aventures industrielles aussi complexes et ambitieuses.

¹⁵ *Le spatial de demain pourrait voir des lancements depuis des corps célestes étrangers, à commencer par la Lune. Le coût de lancement s'en trouverait alors fortement modifié, cohérent avec la poussée requise pour s'extraire de l'attraction donnée.*

Graphique n° 1 • Comparaison des principaux programmes de lancement

Prix catalogue d'un lancement par kilogramme de charge utile
(en milliers de dollars)



Source : NASA Ames Research Center, Our World in Data, Analyses Archery¹⁶.

En l'occurrence, c'est en partie à l'entreprise *SpaceX* que l'on doit cette révolution, aussi bien dans les usages que dans les ambitions. Lancée en 2002 par Elon Musk, *SpaceX* a joué un rôle central dans la baisse des coûts d'accès à l'espace en consacrant la conception puis l'usage opérationnel des premiers lanceurs réutilisables, alors éternelle rengaine du secteur, mais longtemps jugés technologiquement infaisables et économiquement peu rentables – voir l'encadré. Certes, il faut rester mesuré quant à la baisse effective des *prix* de lancements, qu'il convient

¹⁶ Archery Strategy Consulting. (2024, décembre). La reconfiguration du secteur spatial européen dans le sillage de SpaceX.

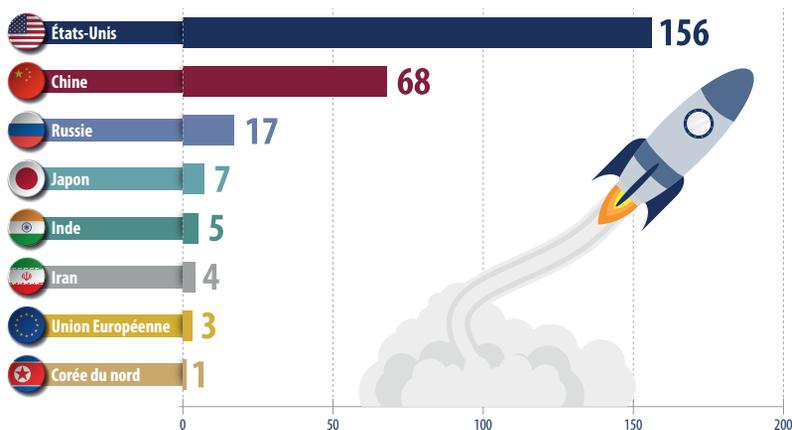
de distinguer de la baisse des *coûts* : ainsi par exemple, les experts considèrent que *SpaceX* a atteint un coût de lancement de Falcon 9 autour de 20 millions de dollars, sans que cela ne l'empêche facturer ses prestations (par exemple à la NASA ou au département de la défense) à des tarifs proches de la moyenne historique¹⁷. Pour autant, la multiplication des lanceurs opérationnels dont un nombre croissant est réutilisable va pousser à la baisse les prix proposés dans les années qui viennent.

Autre facteur, la diminution de la taille des satellites, dont la très grande majorité (96 %, en nombre de satellites) ne dépasse pas les 600 kilogrammes. Cette miniaturisation permet une démocratisation de l'assemblage et de la production de satellites pour de nombreuses entreprises. Plus largement, la miniaturisation des satellites associée à l'usage de composants commerciaux *sur étagère* par le truchement du programme COTS, a largement abaissé les barrières à l'entrée des services orbitaux, même sans tenir compte des gains sur les coûts de lancement.

Ainsi, la croissance des usages, des activités et la baisse des prix se sont-elles traduites par la hausse des activités de lancement. Agrégés à l'échelle mondiale, les lancements sont devenus si courants que leur occurrence est désormais quasi-quotidienne, une rupture profonde avec la seconde moitié du XX^e siècle, où, malgré des cycles d'activité disparates, de tels événements demeuraient exceptionnels. **Sur l'année 2024, ce ne sont pas moins de 261 lancements qui ont eu lieu, pour l'essentiel réalisés aux États-Unis et en Chine.**

¹⁷ D'autant que les comparaisons des prix de lancement est un exercice complexe, les données publiques étant limitées. En outre, les prix incluent des prestations spécifiques (priorité demandée, services additionnels, etc.) compliquent l'exercice.

Graphique n° 2 • Les lancements orbitaux de l'année 2024



*Derrière l'essor des usages :
le règne de la donnée*

Les systèmes orbitaux génèrent un volume de données en constante augmentation, offrant un potentiel immense pour le développement de nouveaux services et applications. Leur traitement suppose en tout état de cause des capacités de stockage et d'analyse toujours plus importantes. Cette dynamique s'inscrit dans le cadre plus large du *NewSpace*, qui renvoie certes à la nouvelle économie permise par l'exploitation des données spatiales, mais désigne de façon plus large une nouvelle approche industrielle et d'innovation (cf. *supra*), touchant l'ensemble des applications du spatial – télécommunications, observation de la Terre, navigation, exploration, ou encore services en orbite. Le *NewSpace* a ainsi favorisé l'essor de nouveaux marchés et le positionnement d'acteurs émergents, désireux d'exploiter et de valoriser les technologies spatiales pour répondre à des besoins variés, qu'ils soient industriels, scientifiques ou sociétaux. Pour le dire autrement, le

centre de gravité de l'économie spatiale s'est déporté du secteur amont – assemblage des lanceurs, des satellites et activités de lancement – vers le secteur aval, qui renvoie à l'exploitation des données produites en orbite¹⁸.

Dans le sillage de cette logique, des entreprises qui n'avaient autrefois aucun lien avec le secteur spatial se réorientent progressivement et investissent le milieu. Les plus importantes d'entre elles sont évidemment les grandes entreprises du numérique, à commencer par les GAFAM et les BATX, qui, avant le spatial, avaient déjà engagé d'importants efforts pour se positionner sur des secteurs industriels où la donnée et son traitement occupent une place de choix. L'explosion de la donnée, *big data*, est en effet loin d'être une dynamique circonscrite uniquement au secteur spatial, et s'observe dans la plupart des secteurs économiques. Elle amène un nombre croissant d'entreprises à externaliser leur stockage de données, par insuffisance d'infrastructures. Afin de répondre à cette demande, de grandes entreprises proposent des services de stockage, mais aussi d'exécution à distance. L'exemple le plus éloquent est sans doute *Amazon* et sa spécialisation dans les solutions de *cloud* par le truchement d'*Amazon Web Services*.

Le spatial entre en jeu dans la mesure où la proposition de tels services à l'échelle mondiale suppose une couverture globale et une connectivité haut débit, jusque-là quasi-exclusivement assurée par des câbles sous-marins (qui représentent encore plus de 95 % des échanges internationaux). La baisse des coûts d'accès à l'espace et les progrès en matière de miniaturisation des satellites décrits précédemment ont renversé l'équation économique qui prévalait jusque-là et soudainement rendu viables des projets de méga-constellations de satellites en orbite basse (LEO) pour des services de connectivité internet à haut débit. Les infrastructures spatiales changent de nature, et la conception technique passe de l'artisanal à l'industriel. Les GAFAM sont à l'avant-garde

¹⁸ Frideling, M. (2023), *Commandant de l'Espace*, Bouquins.

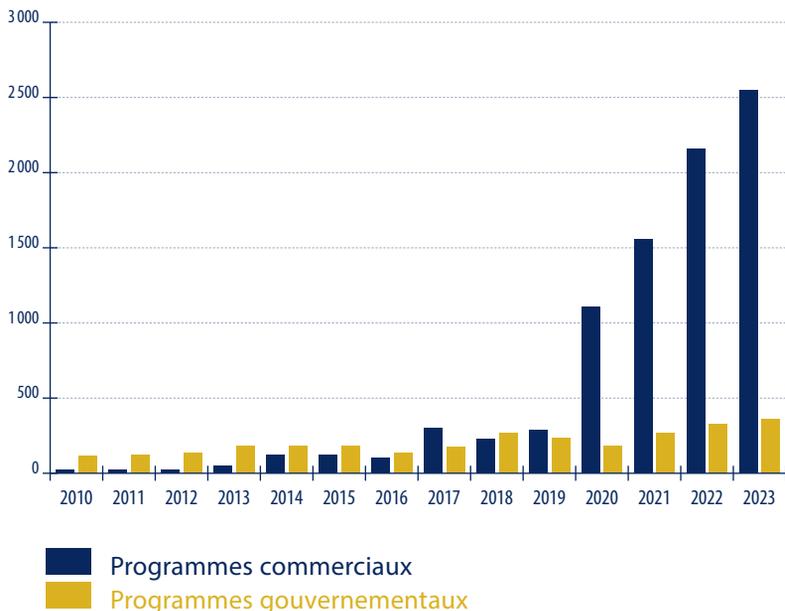
de cette révolution, avec deux projets majeurs : *Kuiper*, la constellation d'*Amazon*, et *Starlink*, la constellation de *SpaceX* à laquelle est associée *Microsoft*. La Chine déploie actuellement un projet similaire (*Guowang*) et la Russie a récemment annoncé une intention voisine. À ce stade, l'Europe n'y est présente que par le truchement de la constellation *OneWeb* (détenue par *Eutelsat* avec une participation du gouvernement britannique), dont la taille est cependant plus modeste – environ 650 satellites – et un segment visé différent, davantage à destination des entreprises que vers le consommateur final.

Ces constellations consistent en des groupements de satellites identiques, qui travaillent ensemble pour fournir une couverture quasi complète de la planète. Le bouleversement qu'elles apportent est majeur, notamment dans les zones rurales ou à faible densité, où le déploiement de la fibre ou des infrastructures cellulaires demeure un défi technique et économique.

L'essor de ces constellations explique très largement la hausse exponentielle du nombre de satellites en orbite. La constellation *Starlink* de *SpaceX* espère placer plus de 42 000 plateformes en orbite à l'horizon 2030¹⁹, tandis que la constellation *Kuiper* d'*Amazon*, dont les satellites sont plus volumineux, ambitionne de son côté une flotte de plus de 3 000 satellites. D'ores et déjà, *Starlink* compose près de deux tiers du trafic satellitaire actuel. Pour se rendre compte de la vélocité de ce mouvement transformatif, il est utile de rappeler que le premier satellite de cette constellation a été lancé en novembre 2019.

¹⁹ Elle en compte près de 8 000 à date – Second trimestre 2025.

Graphique n° 3 • Nombre de lancements orbitaux
(programmes commerciaux ou gouvernementaux)

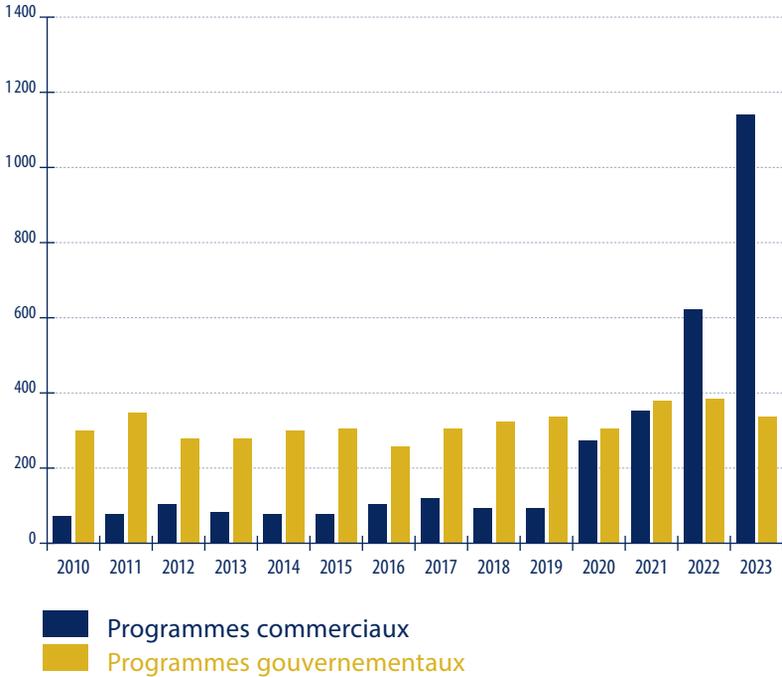


Source : ASD Eurospace.

Ce changement de paradigme pose des problèmes très concrets en matière de trafic spatial et de gestion des déchets. On estime actuellement à près de 36 500 le nombre de débris supérieurs à 10 centimètres, et à plus d'un million ceux dont la taille est comprise entre 1 et 10 centimètres. La multiplication de ces débris trouve en premier lieu son origine dans pratique régulière des activités spatiales, qui laissent derrière elles de nombreux objets encombrants, comme les étages supérieurs de lanceurs ou les satellites arrivés en fin de vie.

Graphique n° 4 • Masse des engins spatiaux lancés (programmes commerciaux ou gouvernementaux)

Masse des engins spatiaux lancés en tonnes



Source : ASD Eurospace.

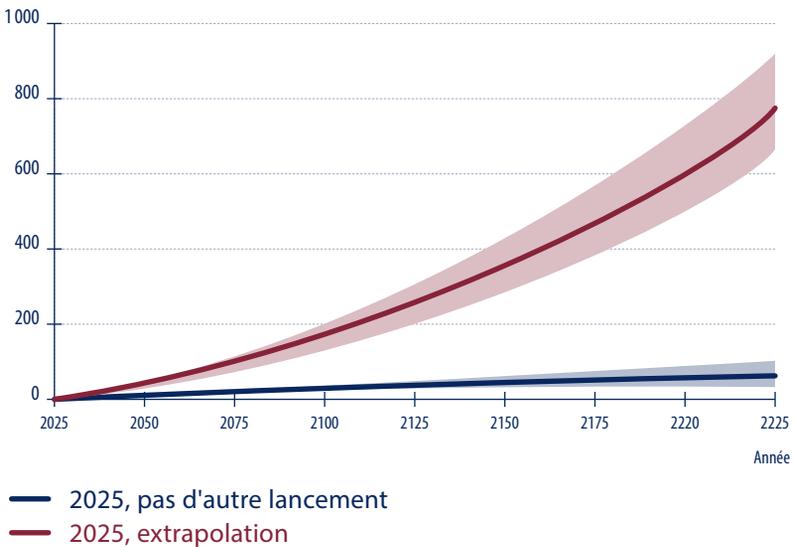
Toutefois, une part croissante des débris résulte d'actions délibérées, comme les essais de missiles antisatellites (ASAT), menés par plusieurs puissances au cours des dernières décennies²⁰, qui ont à chaque fois produit des milliers de débris supplémentaires. Ces derniers, sans mesure de désorbitation volontaire, peuvent demeurer plusieurs

²⁰ Chine en 2007, États-Unis en 2008, Inde en 2019, Russie en 2021.

années, voire plusieurs décennies en orbite, et posent un risque croissant pour l'ensemble des infrastructures et des activités spatiales. Le phénomène connu sous le nom de syndrome de *Kessler*²¹, qui consiste en un enchaînement de collisions en chaîne provoquant une hausse exponentielle du nombre de débris, devient d'autant plus préoccupant que les **mégaconstellations favorisent la congestion des orbites, et qu'une grande partie des débris n'est pas vue, encore moins répertoriée.**

Graphique n° 5 • Projections du nombre de collisions catastrophiques en orbite basse

Nombre cumulé de collisions catastrophiques



Source : ESA²².

²¹ Kessler, D.J. et Cour-Palais, B.G (1978, juin). Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt. *Journal of geophysical research*, vol. 83, n° A6.

²² European Space Agency. (2023). *ESA's Annual Space Environment Report*, p. 9.

Enfin, la production exponentielle de données et la suroccupation latente des orbites mènent à l'émergence de nouveaux marchés, comme le traitement numérique à bord des satellites avec le *space edge computing*, c'est-à-dire le calcul embarqué à bord des satellites, ou encore l'usage de l'IA embarquée. Ces aspects touchent à toutes les fonctions spatiales stratégiques :

- **Connaissance de la situation spatiale** : en matière de connaissance de la situation spatiale, cela ouvre la voie à une cartographie plus fine des objets en orbite, et donc à une meilleure anticipation des risques liés aux débris. Cette fonction induit des conséquences directes sur la sécurisation de l'accès à l'espace ainsi qu'en matière d'action dans l'espace.
- **Résilience des architectures de commandement** : l'intégration de l'intelligence artificielle embarquée ouvre également la voie à une nouvelle architecture opérationnelle pour l'appui aux opérations, fondée sur le traitement avancé des données directement en orbite. Cette évolution répond au besoin croissant de décentralisation des fonctions de commandement et de contrôle, qui voit les applications spatiales se déplacer vers l'échelon tactique et opératif. Aujourd'hui encore, les opérations spatiales restent fortement dépendantes de stations au sol, elles-mêmes vulnérables et soumises aux contraintes physiques induites par la mécanique orbitale. Répartir les capacités de traitement, permet non seulement de renforcer la résilience des systèmes, mais favorise également une prise de décision plus autonome à bord.
- **Levier de supériorité opérationnel** : enfin, associées à un haut degré d'automatisation permis par l'intelligence artificielle, ces briques technologiques pourraient permettre de considérablement réduire les contraintes temporelles et les délais décisionnels inhérents aux manœuvres en orbite. La capacité à détecter et caractériser une manœuvre anormale, à l'interpréter localement, puis à déclencher

une réponse sans avoir à passer par le segment sol pose les bases d'un saut capacitairé considérable pour les fonctions de surveillance et de manœuvre active, alors même que l'aptitude à opérer de manière distribuée et autonome dans l'environnement spatial est appelée à devenir un critère déterminant dans l'exercice de la puissance orbitale.

SpaceX : un modèle intégrateur au service d'une rupture

SpaceX est une entreprise de services et d'infrastructures spatiales fondée par Elon Musk en 2002. Le succès qu'elle connaît aujourd'hui tient principalement à deux éléments historiques.

Le premier trouve son origine dans les conditions mêmes de l'émergence du *NewSpace* aux États-Unis. À la fin des années 1970 et tout au long des années 1980, dans le contexte de la Guerre froide et d'un épuisement progressif de l'Union soviétique, les États-Unis ont valorisé les atouts technologiques développés durant cette période, en adaptant leur modèle industriel à un contexte international davantage centré sur la libéralisation des échanges²³. La commercialisation, d'abord appliquée aux services de l'observation de la Terre, a ainsi été initiée sous le mandat de Ronald Reagan avec le *Land Remote-Sensing Commercialization Act*, puis s'est étendue aux télécommunications. Dès les années 1990, des projets de mégaconstellations satellitaires émergent déjà. On peut citer en exemple le projet *Teledesic* de Bill Gates, ou bien encore *Skybridge* de la société française *Alcatel*²⁴.

²³ Kalafatian, B. (2023, juillet). *Le New Space Européen, une chimère ? Une approche politique d'un processus économique*. *Space International*, n° 2.

²⁴ Pasco, X. (2024). *La ruée vers l'Espace : nouveaux enjeux géopolitiques*, Paris, Tallandier, p. 89.

Par ailleurs, les projets d'infrastructures anti-missiles comme *Brilliant Pebble* nécessitent le lancement massif de satellites. Très logiquement, c'est donc dans les années 1990 que les États-Unis financent activement des projets de lanceurs entièrement réutilisables comme le X-33 de *Lockheed Martin* et le DC-X de *McDonnell Douglas*. Bien que ces projets n'aient pas abouti, les ingénieurs et les compétences employés ont irrigué *SpaceX* et *Blue Origin* pendant toute leur jeunesse.

Le second facteur est le programme *Commercial Orbital Transportation Services* (COTS) de la NASA. Lancé en 2006, il s'inscrit dans la même volonté de commercialisation des années 1980, mais va plus loin en appelant le complexe spatio-industriel américain à fournir des services intégraux aux acteurs institutionnels. Ce programme a probablement sauvé *SpaceX* de la faillite, en lui permettant de développer son lanceur lourd Falcon 9, sur la base de son microlanceur initial Falcon 1. En septembre 2014, le programme *Commercial Crew Développement* (CCDev) crédibilise l'entreprise en finançant le développement de la capsule habitée *Crew Dragon*.

SpaceX a profondément modifié le secteur spatial. Contrairement aux pratiques traditionnelles du secteur, inspirées des États et de leurs grands opérateurs, *SpaceX* se développe selon un modèle d'intégration verticale et de fourniture de services, qui suppose un développement le plus autonome possible de ses composants et de ses technologies, réduisant les coûts, les délais, mais aussi la dépendance à des acteurs tiers.

La rupture *SpaceX* est donc d'abord celle d'innovations de méthodes et de procédés industriels, plus que de percées technologiques fondamentales. L'entreprise privilégie une simplification des briques au détriment parfois de la performance.

Derrière, c'est d'abord l'effet de production en série et des phénomènes d'économies d'échelle qui ont permis à l'entreprise de réellement baisser le coût global de ces systèmes. Le développement, puis l'usage de la réutilisabilité – d'abord appliquée au premier étage des lanceurs avec Falcon 9, puis étendue au second étage avec *Starship* – ont permis une augmentation notable des cadences de lancement, qui dépassent désormais la centaine annuelle. Cette dynamique a rendu possible le déploiement à grande échelle de la constellation de connectivité *Starlink*, pour laquelle *SpaceX* assure à la fois la fabrication des satellites et la commercialisation des services.

Pour ce faire, *SpaceX* a également consacré une forme de renversement de la culture du risque, conçue comme un élément maîtrisé de sa stratégie industrielle. Dans le milieu spatial, la complexité des objets mis en orbite a longtemps supposé un portage étatique, soit direct, soit par le truchement de grands opérateurs nationaux. Les méthodes industrielles, quoique différentes d'un pays et d'un segment à l'autre, ont toujours été celles du risque minimal, d'abord parce que les projets ne sont pas produits en série, qu'ils sont très onéreux, et que le signal politique que renvoie l'échec n'est pas acceptable sur la scène internationale ou domestique. *SpaceX* s'est débarrassée de cette approche et a très tôt accepté les échecs dans les phases de conception, comme faisant partie intégrante du processus d'innovation.

L'agrégation de l'ensemble de ces méthodes lui a permis d'itérer rapidement sur ses projets industriels et d'aboutir progressivement à une situation dominante sur le marché mondial des lancements – *SpaceX* a lancé près de 80 % de la masse totale mise en orbite en 2024, tous pays et acteurs confondus –, puis à une position de disrupteur sur le marché de la connectivité internet.

Désormais, les employés de *SpaceX* et de *Blue Origin* irriguent d'autres entreprises, diffusant les compétences et les savoir-faire.

Tout exercice de comparaison des prix proposés doit ainsi s'effectuer à la lumière des particularités de ce modèle, en particulier sur le segment des lanceurs, qui ne sont pas des biens de consommation comme les autres. La rentabilité de Falcon 9, souvent mise en comparaison avec celle des lanceurs Ariane, doit être appréhendée non pas isolément, mais comme partie intégrante d'un écosystème plus large, celui de *SpaceX*, où coexistent industrialisation poussée des satellites et des terminaux, augmentation cadencée des lancements, en particulier grâce à *Starlink*, et recours systématique à la réutilisabilité. Ce triptyque forme une synergie technico-économique qui contribue à la baisse continue des coûts unitaires, tout en augmentant la densité et la disponibilité des services.

La compétitivité que l'on prête à *SpaceX* s'appuie ainsi sur ce modèle intégrateur. Sa rentabilité, plus incertaine, repose elle sur une double assise : d'une part, une tarification au-delà du prix du marché pour les lancements institutionnels, d'autre part, des tarifs comparables à Ariane 6 sur le marché mondial, tout en s'autorisant, pour ses propres besoins (*Starlink*), des prix au coût marginal interne, estimé aujourd'hui à 20 millions de dollars pour un tir de Falcon 9.

Comme l'a laissé entrevoir le glissement de l'économie spatiale, il convient de rationaliser cette prépondérance du commercial. Malgré toute l'agilité qui a été la sienne, et la disruption qu'elle a distillée dans ses méthodes de production, l'aventure *SpaceX* ne s'est pas faite au détriment du secteur public, mais en grande partie grâce à lui.

Aujourd'hui encore, SpaceX bénéficie, comme d'autres entreprises américaines, des volumes de commande de la NASA et du Département de la Défense qui lui assurent une cadence de production suffisante, en plus d'une tarification bien au-delà du prix du marché, qui joue comme une forme de subvention déguisée. Pour Xavier Pasco, il est donc bien plus juste de parler de *reconversion des investissements industriels*²⁵.

Ainsi, tous les besoins ne créent pas des marchés, et tous les marchés ne sont pas nécessairement solvables. *Starlink*, dont nous avons longuement évoqué les convergences avec la nouvelle économie spatiale, est très onéreux à déployer, et s'y ajoutent des coûts d'exploitation bien supérieurs aux attentes initiales. Le véritable potentiel commercial ne réside pas dans l'infrastructure en elle-même, mais dans les applications : les stations au sol, la valorisation des données et les services dérivés, alors que l'essentielle des infrastructures demeure largement subventionné par les États. Ces projets partagent une structure de clientèle similaire, avec une forte dépendance aux besoins étatiques. *Starlink* offre là encore un exemple puisqu'au-delà de sa vocation initiale dans les télécommunications, *SpaceX* collabore désormais avec les forces armées américaines et les services de renseignement, notamment le *National Reconnaissance Office*, pour développer des versions adaptées à un usage militaire incluant l'empport de charges utiles d'imagerie.

Au niveau européen, cet aspect a parfois été oublié, où l'on a trop souvent eu tendance à confondre domination commerciale et rentabilité. Le programme Ariane, tout aussi dominant qu'il fut sur le marché commercial, est aussi subventionné pour son exploitation. L'ensemble des coûts mis bout à bout conjuguant développement, maintien en condition, financement des infrastructures, et subventions aux groupes industriels a souvent dépassé les revenus générés par le service de lancement.

²⁵ Pasco, X. (2024). *La ruée vers l'Espace : nouveaux enjeux géopolitiques*, Paris, Tallandier.

Au-delà des chiffres, c'est bien sur un plan intellectuel que change notre approche du milieu spatial. L'espace en orbite basse n'est plus l'objet qu'il était auparavant et devient un milieu comme les autres, davantage cartographié et accessible que ne le sont les grands fonds marins. Ce faisant, c'est tout notre rapport à lui qui change, troquant une partie du lien poétique qui l'unissait aux hommes et à leurs nuits, pour en faire un secteur parfaitement industrialisé. Surtout, l'émergence rapide d'infrastructures, de technologies et d'usages nouveaux a transformé l'espace en un écosystème interconnecté et a fait du spatial un réseau. Or, l'objet réseau emporte avec lui quelques-unes des logiques les plus élémentaires de la lutte des puissances.

*Le spatial : champ de l'exercice
renouvelé de la puissance*

Le spatial a toujours suivi les grands mouvements géostratégiques. Il demeure en cela un milieu profondément intriqué avec la donne géopolitique, et un reflet de l'état du monde et du rapport de puissance. Pendant la Seconde Guerre mondiale, l'avance allemande dans les technologies de propulsion et la mise au point des premiers missiles est un symptôme direct de la militarisation de sa société et de la science mise au service de la guerre. Au cours de la Guerre froide, le milieu spatial joue comme un prolongement du conflit idéologique entre les États-Unis et l'Union soviétique, et met aux prises deux modèles de développement technologiques et de confrontation des intelligences humaines, intégrant tout à la fois ses dimensions militaires, scientifiques et, bientôt, financières. Les années 90, qui font place à une détente et un *leadership* américain décomplexé, voient la mise en orbite de l'ISS, fruit de coopérations internationales multiples.

Aujourd'hui que le monde assiste au retour du tragique, des nationalismes, que les foyers de conflits et d'agressions se multiplient, l'enchevêtrement de l'espace avec la géopolitique du monde se fait toujours

plus évident. La démocratisation de l'accès à l'espace et son exploitation par des puissances moyennes acte la montée en gamme de nouveaux pôles de puissance. Surtout, le spatial se dévoile comme l'une des manifestations les plus évidentes de la rivalité entre les États-Unis et la Chine, à la fois techno-scientifique, politique et militaire. Il avait déjà été l'un des premiers secteurs touchés par la volonté de découplage des autorités américaines, dans le sillage du rapport Cox des années 90, dont les dispositions sont encore en vigueur de nos jours et qui ont très largement conduit à l'exclusion de la Chine du programme de la station spatiale internationale.

Les États-Unis entrent dans le paysage spatial des années 2030-2050 par une poussée prométhéenne. Le discours d'investiture du 47^e Président Donald Trump, illustre en ce sens le caractère prophétique qu'il prête à la nouvelle aventure spatiale, envisagée comme partie intégrante de la *Destinée Manifeste*. La stratégie des États-Unis conjugue des ambitions d'exploration, de domination, et de technologisation, poursuivies par une diversification des infrastructures et des usages du spatial. La partie visible de cette politique cherche à renouer avec l'âge d'or du spatial américain, en visant tour à tour la Lune, et sans doute assez rapidement la planète Mars.

Dans son volet moins visible, les États-Unis poursuivent une maîtrise de l'environnement spatial à des fins militaires sans commune mesure avec les autres puissances, objectif incarné par la notion de *Space Domiance*. Cet objectif, au cœur de la doctrine américaine, n'a pas attendu ces dernières années pour se matérialiser, et s'est manifesté dès que le spatial est apparu comme un maillon essentiel de la chaîne des opérations. Il trouve aussi son origine dans la crainte de voir se matérialiser un jour, un *Pearl Harbor spatial*²⁶, et dans la volonté de prévenir et de déjouer toute forme de surprise stratégique.

²⁶ *Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization. (2001, January 11). Report of the Commission.*

De son côté, la Chine s'impose comme le second acteur majeur du paysage spatial mondial, avec un programme affichant aujourd'hui une maîtrise de l'ensemble des systèmes complexes en parfaite autonomie. Longtemps dans une logique de rattrapage sur ces segments, la Chine se positionne désormais comme un acteur parfaitement capable, en avançant selon une stratégie méthodique et centralisée autour de plusieurs objectifs complémentaires : **supériorité militaire, domination industrielle, affirmation géopolitique et prestige technologique**²⁷. Sa doctrine spatiale, explicitement intégrée au *grand renouveau* national promu par Xi Jinping, poursuit l'objectif de faire de l'espace un levier stratégique majeur, à la fois pour asseoir le discours du Parti communiste et pour garantir la souveraineté technologique du pays. D'ores et déjà, la Chine a placé en orbite des centaines de satellites à visée militaire, et semble disposer de capacités particulièrement efficaces en matière d'action dans l'espace, et de surveillance de celui-ci.

Cette ambition s'illustre notamment par la montée en puissance de son industrie, intégrée selon une logique civilo-militaire assumée, déjà à l'origine du programme chinois²⁸. Cette configuration duale permet à la Chine de développer simultanément des programmes exploratoires emblématiques (*Chang'e*, *Tianwen*, *Tiangong*) et des capacités de défense avancées, consolidées récemment par la création d'une force aérospatiale militaire autonome. Pékin conçoit l'espace comme un théâtre de compétition hybride et, en cas de crise, un champ d'opérations décisif, incluant des options de *première frappe*. Enfin, en parallèle de cette militarisation croissante, la Chine multiplie les alliances *via* des programmes comme l'ILRS, bâtissant une architecture spatiale internationale alternative à celle des États-Unis et de leurs partenaires. Elle s'impose ainsi non seulement comme une puissance spatiale complète, mais aussi comme un pôle de puissance politique et technologique très efficacement structuré.

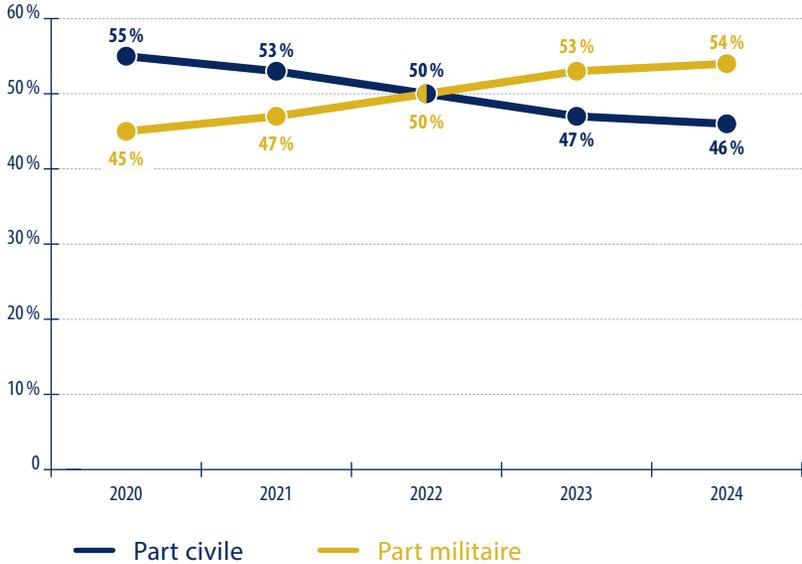
²⁷ Institut Montaigne. (2025, 22 février). *China Trends #22 – L'ambition spatiale de la Chine : une quête sans fin*.

²⁸ Pasco, X. (2024). *La ruée vers l'Espace : nouveaux enjeux géopolitiques*, Paris, Tallandier, p. 110.

Il doit ici être fait mention de la puissance russe, pionnière au cours de la Guerre froide mais en retard depuis de nombreuses années, peu aidée en cela par un délitement des moyens et une prévalence de la corruption au sein de son industrie. La vocation du spatial russe aujourd'hui demeure à des fins essentiellement militaires, ce qui lui permet de se maintenir sur l'essentiel des segments intéressant la défense (cf. *infra*), même si les performances de certaines de ses plateformes orbitales ont pu être mises en doute. En revanche, sa prédominance sur les aspects scientifiques, exploratoires est en recul, ainsi qu'a pu en attester l'échec de sa sonde lunaire Luna-25 en 2024 après un dysfonctionnement.

Enfin, le paysage spatial se complète par la mention de la puissance indienne, qui monte en gamme à la faveur d'une stratégie particulièrement ambitieuse, et résolument tournée vers le levier géopolitique qu'elle constitue. L'Inde développe un programme de vol habité autonome, de station spatiale nationale et a notamment affirmé son intention de se poser sur la Lune à l'horizon 2040. Elle démontre en parallèle des capacités notables en matière militaire. Le pilotage du secteur est assumé par l'ISRO, son agence spatiale nationale structurante. On peut ajouter à cela le Japon, acteur historique, avec une maîtrise des grands segments du spatial, historiquement orientée vers des missions de souveraineté, mais qui s'ouvre de façon croissante à de nouvelles opportunités commerciales, et démontre du reste de remarquables performances en matière scientifique.

Graphique n° 6 • Évolution de la part civile et militaire des budgets spatiaux mondiaux (2020-2024)



Source : ESA Report on the Space Economy, Novaspac²⁹

La conflictualité se déplace également sur le terrain du droit. Le cadre juridique des activités spatiales, longtemps structuré par le Traité sur l'espace extra-atmosphérique de 1967, fait face à des remises en question profondes, exacerbées par l'émergence de nouveaux acteurs privés et la diversification des usages. Ce traité, qui énonce le caractère pacifique des activités spatiales et interdit toute souveraineté nationale sur les corps célestes, conserve une forme de pertinence et une forte capacité prescriptive, près de 60 ans après sa ratification. Il apparaît

²⁹ Government Space Programs, 24th Edition, December 2024.

toutefois insuffisant pour réguler certaines des dynamiques contemporaines.

Particulièrement, la course à l'occupation de l'orbite basse n'est régie par aucune forme d'obligation en matière de droit international autre que la répartition du spectre de radiofréquence. Rien n'est dit de la coordination ou de la répartition de l'espace physique en lui-même, aboutissant *de facto* à une logique du fait accompli en matière d'allocation orbitale. **Puisque l'occupation de l'orbite basse est sujette à une limite physique au-delà de laquelle la place sera insuffisante, ce sont bien les primo-accédants qui tirent leur épingle du jeu.** Ainsi en va-t-il de *Starlink*, dont les déploiements, à ce jour, se font sans aucune consultation multilatérale et dont la taille laisse présager d'une congestion durable de l'orbite basse. Sans qu'aucune certitude ne soit établie sur le seuil au-delà duquel l'orbite basse deviendrait impraticable, il va de soi que la place ne serait pas suffisante pour deux constellations de la taille de *Starlink*.

Parallèlement à cette exploitation d'un espace juridique lacunaire, certains États tentent de réinvestir le terrain du droit pour mieux l'aligner avec leurs objectifs stratégiques, et la nature de leur aventure spatiale. Les États-Unis, notamment, jouent un rôle central dans cette redéfinition, tirant parti des évolutions pour imposer de nouvelles normes juridiques et politiques. Les *Accords Artemis*, signés depuis 2022 par une cinquantaine de nations dont la France, incarnent cette dynamique en proposant des principes de codification de l'occupation des corps célestes, et qui servent donc surtout d'encadrement aux futures missions lunaires. Bien qu'ils favorisent la coopération internationale, ces accords traduisent également une forme de réinterprétation unilatérale du droit spatial et reflètent une compétition croissante pour la domination juridique et politique des activités spatiales, au détriment du consensus international qui prévalait jusque-là.

Si chacun reconnaît donc le spatial comme un milieu d'intérêt militaire et envisage la potentialité de le voir devenir un milieu de confrontation, il demeure entouré d'incertitudes. Pour le général Michel Friedling, l'espace est *gris* et favorise les stratégies dites *hybrides*. La confrontation dans le milieu spatial peut ainsi tout aussi bien relever de stratégies d'espionnage, de déni d'accès, de brouillage, de *lawfare*, le tout permettant de demeurer sous le seuil de l'affrontement militaire³⁰.

1.2. LA FRANCE, ACTEUR HISTORIQUE D'UN SPATIAL EUROPÉEN PRIS DANS LA TOURMENTE

a. Un secteur historique de compétence et d'excellence : panorama synthétique

Le secteur spatial français est né au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, à un moment qui voit la France se nicher dans les pas d'autres puissances par un effort de captation des connaissances techniques et scientifiques allemandes. Rappelé au pouvoir en 1958, le général de Gaulle identifie rapidement la conquête spatiale comme la future grande aventure technologique et industrielle de son temps : « *Nous sommes au siècle des fusées et des avions, et l'humanité n'a pas à s'en priver* »³¹. Il identifie tout de suite la source de puissance et de prestige qu'elle constitue, tant d'un point de vue technologique que politique. Bien sûr, et enfin, elle est un outil indispensable à l'ambition qu'il s'est fixée de doter la France d'une force de dissuasion, dont les futurs vecteurs doivent être propulsés à l'aide de moteurs-fusées. **Il lance une politique ambitieuse et volontariste qui donne naissance à la filière spatiale française.**

³⁰ Friedling, M. (2023), *Commandant de l'Espace*, Bouquins.

³¹ Note du 28 Juin 1960, Charles de Gaulle, *Lettres, notes et carnets (1958-1960)*, Paris, Plon, 1985.

Le Centre national d'études spatiales, le CNES, est créé en 1962, et avec lui le premier programme de lanceurs, qui débouche en novembre 1965 sur le lancement du Diamant et la mise en orbite du satellite Asterix, consacrant la France en tant que troisième puissance spatiale derrière les États-Unis et l'URSS. Les années qui suivent voient le développement d'une filière de lanceurs indépendante et le positionnement de la France sur l'ensemble de la chaîne de valeur spatiale, qu'il s'agisse de l'accès à l'espace, de l'opération de satellites et des équipements électroniques.

Le pouvoir présidentiel comme force motrice des grandes décisions en matière de spatial – *Article du Monde daté du 15 avril 1964*³²

Le général de Gaulle a présidé mardi, un conseil restreint consacré au programme de développement des études spatiales.

En 1964, la France consacra 231 millions de francs à son budget spatial civil, contre 174 millions en 1963.

Sur ce budget 70 millions seront consacrés aux recherches et aux travaux d'organismes internationaux, dont la France fait partie; 28 millions à l'exécution de conventions scientifiques; 16,5 millions pour la réalisation du lanceur Diamant qui sera utilisé au lancement des premiers satellites français de la série « D », à partir de la fin de 1965. Le programme spatial prévoit également le lancement d'un certain nombre de fusées-sondes (50 ont été lancées en 1963), l'installation de stations de poursuite, la construction de satellites, etc.

³² (15 avril 1964). Conseil restreint sur le programme spatial de la France. *Le Monde*.

Une des décisions importantes que le gouvernement doit approuver est la construction d'une base spatiale importante en Guyane pouvant remplacer, dès la fin des accords d'Evian, la base de Hammaguir, au Sahara.

*Une base industrielle dense,
transversale et compétente*

En France, l'industrie aérospatiale est aujourd'hui un écosystème complexe, qui repose en premier lieu sur une constellation de grands constructeurs. Ces acteurs, les *primes* industriels, sont positionnés dans le domaine des lanceurs (*ArianeGroup*) ou dans l'assemblage de satellites (*Thales Alenia Space, Airbus Defense & Space*), chacun de ces acteurs comptant des milliers d'employés. Elle s'appuie en outre sur une chaîne d'approvisionnement constituée de sous-traitants, cotraitants et fournisseurs, qui jouent un rôle essentiel dans la fabrication des pièces, la conception d'éléments informatiques et électroniques. Elle demeure néanmoins davantage verticalisée que ne l'est son industrie sœur, l'industrie aéronautique, dont le chiffre d'affaires des sous-traitants représente 30 % du total, contre 10 % pour l'industrie spatiale³³. Inspirée par les révolutions industrielles outre-Atlantique, ce paramètre est sans doute appelé à se renforcer dans les années à venir.

L'industrie spatiale française représente près de 40 % des emplois de l'industrie spatiale européenne, soit près de 70 000 emplois³⁴ si l'on considère l'écosystème dans son ensemble. **Par extension, la France est tacitement reconnue comme la première puissance spatiale en Europe.** L'industrie spatiale française est largement intriquée avec la

³³ Bondiou-Clergerie, A. (2019). *Les chiffres clés de l'industrie spatiale française. Annales des Mines – Réalités industrielles, Mai 2019(2), 38-43.*

³⁴ Assemblée nationale. (2023). *L'avenir de l'industrie spatiale européenne. Rapport d'information n° 2 040.*

base industrielle de défense (BITD), dont elle fait partie et avec laquelle elle partage des entreprises, des compétences, des infrastructures, et dont les grands programmes ont bénéficié à plein de la convergence des savoir-faire militaires et civils.

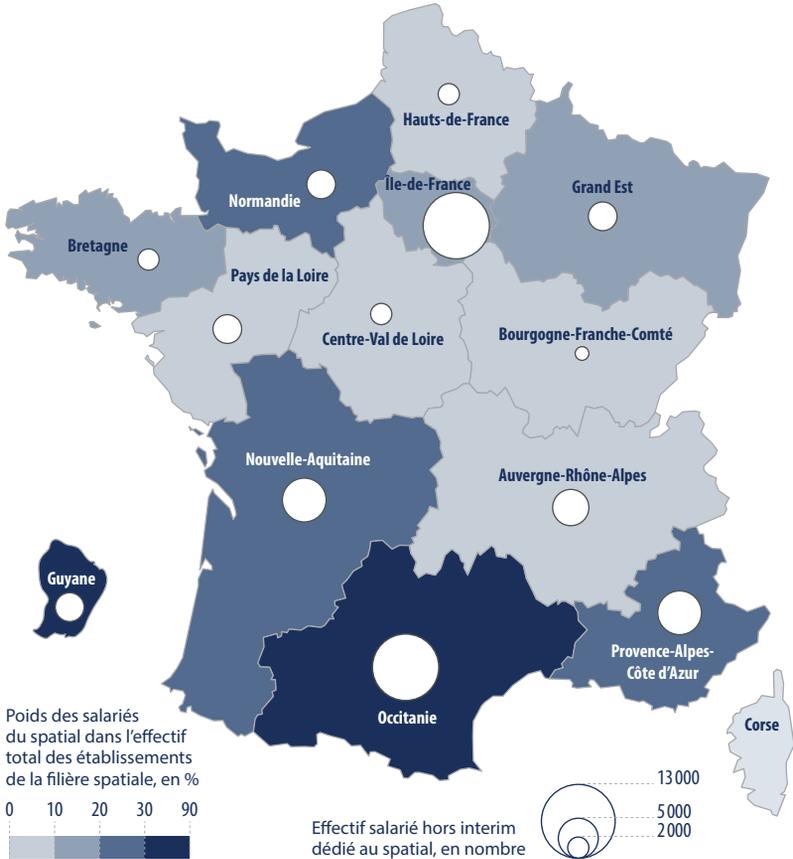
La France en particulier est l'une des nations ayant poussé cette dualité le plus loin possible, en pensant constamment la convergence civile et militaire de ses programmes. La dualité est peut-être encore plus évidente pour le spatial que pour d'autres secteurs, à l'instar du nucléaire, où la communalité des technologies n'empêche pas un strict cloisonnement des infrastructures. Ainsi, le missile M51, qui arme les SNLE français et constitue la clé de voûte de sa force de dissuasion, est un lanceur à poudre, dont *ArianeGroup* est le maître d'œuvre.

L'industrie spatiale française est présente sur l'ensemble du territoire national, mais s'est aussi concentrée autour de quelques pôles régionaux, dont le plus connu est l'aire urbaine de Toulouse, qui abrite une immense partie de l'industrie aéronautique. En 2020, la région Occitanie comprenait près de 38 % des effectifs de la filière industrielle à l'échelle nationale, soit 12 600 salariés. Toulouse, cœur névralgique de la filière spatiale, accueille des acteurs pivots de la politique spatiale nationale, à commencer par le CNES et l'ONERA, mais également un tissu industriel et privé particulièrement dense. Viennent ensuite la Guyane, en raison des activités de lancement, et l'Île-de-France, qui accueille des sièges d'entreprises et des laboratoires.

La filière industrielle spatiale française est donc un pôle d'excellence dont les retombées dépassent très largement le seul spectre scientifique et a contribué dès sa création à diffuser et à favoriser l'innovation dans de nombreux domaines. Yannick d'Escatha note en 2009, à quel point elle est inductrice de hautes technologies pour l'aéronautique par exemple³⁵.

³⁵ Bigot, B., d'Escathan, Y., & Collet-Billon, L. (2009). *L'enjeu d'une politique européenne de lanceurs : Assurer durablement à l'Europe un accès autonome à l'espace.*

Graphique n° 7 • Poids des salariés du spatial dans l'effectif total des établissements de la filière spatiale (en %)



Source : Insee, enquête Filières aéronautiques et spatiale 2020, Impact des activités spatiale en Guyane.

Cette importance de la base industrielle spatiale française n'est pas neutre. **Elle permet à la France de se positionner sur la quasi-totalité de la chaîne de valeur spatiale, du secteur amont, qui relève des capacités de lancement et d'accès à l'espace, jusqu'au secteur aval, avec d'importantes capacités d'exploitation des données.** La maîtrise de l'ensemble de ces capacités clés – lancement, fabrication et exploitation de satellites – fait d'elle une puissance spatiale de premier rang.

Par son savoir-faire intégrateur, la France excelle dans la gestion de ces projets complexes, où la réussite repose autant sur la conception technique que sur la capacité à optimiser les imbrications entre les différentes briques technologiques. En l'occurrence, la compétence française en matière de *système de lancement* est mondialement reconnue comme exceptionnelle. Cette industrie a contribué à servir un secteur dynamique qui s'est offert de nombreuses réussites, à l'échelle nationale comme européenne. Cependant, l'on ne peut que constater une complexification croissante de cet esprit système, sous l'effet notamment d'une élongation des chaînes de valeur, qui s'exprime au plus fort dans les programmes optionnels de l'Agence spatiale européenne (ESA) privilégiant le juste retour géographique à l'efficacité industrielle et technique.

La règle du retour géographique

Principe structurant de l'ESA depuis sa création en 1975, le *juste retour géographique* garantit aux États membres un niveau de contrats industriels proportionnel à leur participation financière. Cette règle demeure un ciment de la coopération intergouvernementale, puisqu'elle assure une répartition équitable des bénéfices industriels et en incitant chaque État à soutenir financièrement les programmes spatiaux européens. Elle a également permis d'ancrer durablement une filière spatio-industrielle dans de nombreux pays du continent.

Mais dans un contexte renforcement de la compétition mondiale, ce modèle trouve ses limites, en consacrant une fragmentation systématique de la chaîne de valeur qui ne permet plus d'optimiser les grands programmes industriels, ce dont les retards d'Ariane 6 ont douloureusement témoigné. La dispersion géographique des sous-traitants, dictée par des considérations politiques et non par la pertinence économique et technologique, génère à l'envi des surcoûts, démultiplie les délais et paralyse la maîtrise d'ouvrage. Cette contrainte est d'autant plus visible sur les programmes à forte intensité concurrentielle, comme les lanceurs, où la réactivité et la concentration industrielle sont devenues les clés de la performance. À l'opposé, les modèles d'intégration verticale adoptés par certains acteurs extra-européens, permettent une plus grande capacité dans la capacité à produire et innover.

La France dispose également d'un ensemble de compétences en matière de science spatiale particulièrement avancées. En témoigne sa participation récente à deux missions martiennes, *Curiosity* et *Insight*.

Elle s'appuie également sur un vivier d'éducation et de compétences spécialisés qui permet de former aux besoins de l'industrie aérospatiale, comme l'école d'ingénieurs ISAE-Supaero pour ne citer qu'elle. Ces nombreux atouts esquissent le portrait d'un secteur d'excellence et de compétence qui a toujours permis à la France de compter parmi les toutes meilleures nations en matière de science spatiale.

Ce socle de compétences ne saurait du reste être dissocié du rôle structurant joué par le CNES, qui occupe une position centrale dans la coordination et l'exécution de la politique spatiale nationale française et assure la continuité entre excellence académique, recherche fondamentale et applications technologiques.

Investi d'un mandat large sous la tutelle conjointe des ministères de la recherche, des armées et de l'économie, le CNES supervise la gestion de nombreux programmes tout en servant de trait d'union entre les acteurs nationaux et l'ESA. Structuré sous la forme d'un établissement public industriel et commercial (EPIC), il s'agit donc à la fois d'une agence spatiale et d'un centre technique : il identifie et se positionne sur des segments technologiques jugés stratégiques, avant de céder le relais à l'industrie pour leur développement et leur mise en œuvre.

Cette démarche lui permet d'orienter et de superviser un éventail diversifié de programmes, structurés autour de cinq grands secteurs stratégiques³⁶. Considérée comme partie intégrante de la politique des lanceurs, la gestion du CSG (Centre spatial guyanais) incombe également au CNES. Fort de ses 2 350 salariés répartis sur les sites de Toulouse, Paris et Kourou, le CNES est donc un acteur pivot de la politique spatiale française, bien qu'il demeure une agence à vocation technique. Contrairement à l'approche américaine, structurée autour d'une culture d'innovation et de rentabilité financière, le CNES ne défend pas une vision commerciale intégrée, mais continue d'incarner une culture

³⁶ *Politique des lanceurs, exploration spatiale, observation de la Terre, Télécoms et navigation, défense et souveraineté.*

d'ingénierie publique, axée sur l'excellence technique. Cette position, qui lui est consubstantielle, a été partiellement dénoncée pour son manque d'agressivité commerciale. Le CNES a depuis été incité à adopter une posture plus offensive dans la défense des intérêts économiques français, non sans susciter des résistances en interne. De fait, dans la période la plus récente, la présidence du CNES a mis en avant depuis 2018 l'initiative *Connect by CNES* afin de faire essaimer les opportunités liées au spatial au-delà des acteurs traditionnels et a largement contribué à l'émergence d'un écosystème de fonds d'investissement destiné au spatial (Karista, Expansion, etc.). La Cour des comptes a souligné toutefois en 2023 que cette nouvelle assignation *n'est pas encore clairement structurée dans ses modalités d'application*³⁷ et, comme on le verra, la définition du rôle du CNES dans le contexte actuel pose un certain nombre de questions.

Le spatial français se caractérise par une gouvernance éclatée qui a longtemps empêché la structuration d'une stratégie spatiale cohérente et intégrée

La gouvernance du spatial français est une maïeutique complexe, dont il est bien délicat de tirer une vision claire et précise. Le pilotage des affaires spatiales, pour l'essentiel, émane des plus hautes sphères de l'État, avec un rôle central historiquement attribué au Président de la République. La définition de la stratégie incombe à un ensemble d'acteurs dont les responsabilités sont croisées et parfois concurrentes. Sur le plan civil, la stratégie est une compétence partagée entre le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI) et, depuis plus récemment, le ministère de l'Économie et des finances, comme pour mieux signaler l'importance accordée à l'aspect économique et industriel des activités spatiales.

³⁷ Cour des comptes. (2023, mai). *Le Centre national d'études spatiales (CNES)*, p. 6.

La mise en œuvre de ces orientations repose sur la DGE pour le pilotage industriel, la DGRI pour les enjeux scientifiques et technologiques, tandis que le SGDSN se trouve en première ligne pour les enjeux de souveraineté, de sécurité et de défense. À tous ces acteurs se superposent d'autres parties prenantes : le SGPI, qui assure le pilotage des crédits alloués par le plan France 2030, et enfin le MEAE dont le périmètre l'amène à traiter naturellement des sujets afférents à une partie de la diplomatie spatiale et à certains efforts de coordination internationale.

Selon de nombreux experts auditionnés, la multiplicité des acteurs complique parfois la lisibilité des responsabilités et engendre des chevauchements de compétences. L'exemple de la DGE et de la DGRI, désormais placées sur un pied d'égalité dans les derniers décrets d'attribution, illustre ces compétences croisées. Ces recouvrements interrogent d'autant plus qu'ils s'inscrivent dans des rapports de force institutionnels où certains acteurs historiques, à commencer par le CNES, peinent à faire valoir leurs prérogatives, et s'en trouvent affaiblis.

Surtout, cette dispersion s'accompagne d'une absence de tête de pont chargée d'élaborer une stratégie d'ensemble. Ce défaut de pilotage stratégique nuit directement à l'exécution : le CNES, par exemple, évolue sans orientation claire fixée par un document valant stratégie nationale (cf. *infra*). Ceci le conduit à voir ses priorités changer au gré des annonces gouvernementales, puis à devoir rendre des comptes à des entités aux logiques parfois divergentes.

Pour essayer de répondre à certaines de ces insuffisances, le Comité de concertation État-Industrie sur l'Espace (COSPACE) a été créé en septembre 2013, et regroupe les principaux ministères concernés, le CNES, l'ONERA, le GIFAS, les industriels maîtres d'œuvre, des équipementiers spatiaux, des opérateurs et des utilisateurs du spatial. **S'il offre une plateforme de dialogue, la plupart des acteurs auditionnés s'accordent à dire que la seule dimension consultative du groupe en limite la portée et la pertinence.**

Ailleurs dans le monde, des instances qui remplissent ces missions existent également bel et bien, à commencer par les États-Unis où l'efficace *National Space Council*³⁸, sert de bureau exécutif pour l'élaboration des politiques spatiales. Il est présidé par le Vice-président en exercice, secondé de plusieurs membres du Cabinet (ministres), eux-mêmes conseillés par un groupe consultatif composé d'acteurs de l'ensemble de la chaîne de valeur, et qui regroupe astronautes, scientifiques et industriels. La continuité de cet organe a été réaffirmée en mai 2025 par le Président américain.

Le rapport précité de l'ancienne députée Cécile Rilhac préconisait l'instauration d'un Conseil National de l'Espace (CNE), une proposition déjà bien débattue dans l'écosystème spatial. Cette proposition visait à *regrouper l'ensemble des acteurs concernés et dont le rôle serait de coordonner les travaux d'élaboration de la stratégie nationale et de veiller à la mise en œuvre de cette stratégie*, sur le modèle du *National Space Council* américain.

L'analyse menée dans le cadre de la présente note conduit à ne pas recommander l'option d'instaurer une structure nouvelle de type CNE. En tout état de cause, un bouleversement de la gouvernance en l'absence de réelle ambition spatiale clarifiée n'aurait pas beaucoup de sens, et risquerait de défavorablement se substituer à l'effort de réflexion programmatique qui légitime sa création. La mauvaise gouvernance agit d'abord comme un symptôme du vide stratégique plutôt qu'autre chose.

En effet, **cette absence de pilotage unifié se reflète d'abord dans l'absence de document de référence exposant les ambitions spatiales nationales à court et moyen terme**. Jusqu'à la stratégie qui doit être dévoilée au mois de juin, le spatial français a dû évoluer sans

³⁸ À date de publication de cette note, le NSpC n'a pas été réactivé sous le second mandat de Donald Trump.

document qui rend compte des ambitions strictement nationales dans le domaine spatial, à l'inverse de ce qui est fait en Allemagne, au Royaume-Uni ou en Italie. La stratégie spatiale française s'est ainsi trouvée éclatée entre une constellation de documents sectoriels.

Tableau n° 1 • Trois documents servant de socle
à la stratégie française en matière spatiale

Document	Objectif	Axes stratégiques
Contrat d'objectifs et de performances (COP) du CNES	Établir les priorités stratégiques pour le spatial français sur une période de quatre ans. Signé en 2022 par les ministres de tutelle du spatial.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Renforcer l'autonomie stratégique : Ariane 6, défense spatiale, sécurité des données et opérations orbitales. 2. Soutenir l'excellence scientifique : missions ambitieuses, partenariats internationaux, culture spatiale. 3. Stimuler la compétitivité : innovation, économie de la donnée, diversification des acteurs. 4. Promouvoir la durabilité : alignement sur l'agenda 2030, réduction de l'empreinte environnementale, observation climatique.
Volet spatial de France 2030	Rattraper le retard technologique et encourager l'innovation dans le domaine spatial grâce à un budget de 1,5 milliard d'euros.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rattrapage technologique : lanceurs réutilisables et nouveaux usages spatiaux. 2. Soutien aux start-ups et mini-lanceurs. 3. Développement des nouveaux segments : constellations 5G, internet large bande, surveillance de l'espace, services en orbite, valorisation des données.
Stratégie spatiale de défense (SSD)	Renforcer la souveraineté et protéger les intérêts spatiaux de la France en accompagnant la création du Commandement de l'Espace (CDE).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Renforcement des capacités militaires actuelles : veille stratégique et appui aux opérations. 2. Extension des capacités de connaissance de la situation spatiale : détection et attribution des actes hostiles. 3. Développement de la défense active à l'horizon 2030 : protection des satellites et capacités de riposte.

Aucun de ces documents ne saurait cependant constituer une *stratégie spatiale nationale*³⁹. En l'absence de document de référence avant 2025, la stratégie a, par défaut, eu tendance à être **façonnée au gré des interventions publiques des hautes autorités politiques**. Cela a par exemple été le cas du discours du Président de la République à Toulouse de février 2022 portant sur la stratégie spatiale européenne, et du discours de la Première ministre au Congrès International d'Astronautique (IAC) portant sur les ambitions de la France et de l'Europe dans le domaine spatial et le budget consacré à la recherche spatiale.

Cette absence de clarté stratégique a coûté à la filière spatiale, qui a dû s'orienter selon des objectifs et des moyens forcément lacunaires. Dans le secteur de la défense, les Livres blancs et aujourd'hui les Revues nationales stratégiques sont des documents cadres essentiels pour la BITD française, et permettent d'orienter les politiques et les articuler de façon cohérente à l'aune des marges budgétaires, des attentes opérationnelles et des capacités industrielles. Ils offrent également une visibilité précieuse aux entreprises, grandes ou petites, en leur permettant d'aligner leurs investissements en R&D et leurs stratégies de production avec les priorités nationales.

³⁹ Rapin, J-F. (2024, juin). *Le financement de la recherche spatiale, Rapport d'information n° 697, Sénat.*

Graphique n° 8 • Dernière publication d'un document de stratégie spatiale transversal



■ Entre 5 et 10 ans ■ Entre 0 et 5 ans

**b. Une aventure politique et technologique
indissociable de sa dimension européenne**

Le secteur spatial français n'est pas resté uniquement national bien longtemps. Très vite après ses premiers succès, la pertinence d'une structure spatiale européenne s'impose auprès des décideurs français. Ils sont à l'initiative pour la création du Centre européen pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux (CECLES) et du Conseil européen de recherches spatiales (CERS). Ce dernier conduit à de très beaux succès en matière satellitaire, en particulier scientifique⁴⁰. Les projets de lanceurs, qui s'appuient sur des coopérations cloisonnées et silotées, connaissent en revanche plusieurs échecs successifs, notamment Europa, son programme phare. Dans un esprit de dernière chance, le programme Ariane est lancé en 1973 afin de permettre à l'Europe de disposer d'un accès souverain à l'espace et de s'émanciper des contraintes qui pèsent sur la mise en orbite de ses satellites.

**La naissance du programme Ariane :
un mouvement souverain**

Dans les années 1970, le spatial américain domine le marché mondial des lancements de satellites, par le truchement de la NASA et de ses lanceurs *Atlas* et *Delta*. Si certains pays européens, à commencer par la France, sont parvenus à développer des solutions d'accès nationales à l'espace, leurs caractéristiques techniques demeurent en réalité peu adaptées à l'évolution progressive du marché commercial des télécommunications, les forçant à s'en remettre à des solutions américaines pour la mise en orbite des satellites non institutionnels.

⁴⁰ On peut par exemple citer le programme, dont le satellite *COS-B* fut lancé en 1975 et qui est notamment célèbre pour ses découvertes en astrophysique, en particulier l'étude approfondie des sources de rayons gamma.

Cette dépendance ôte à l'Europe tout pouvoir de négociation et s'accompagne de clauses commerciales particulièrement intrusives pour ses satellites, en particulier au niveau commercial. Elle se superpose à une concurrence déjà déloyale, organisée autour de politiques tarifaires agressives et d'une priorité systématique accordée aux lancements nationaux aux États-Unis. Cette asymétrie atteint un point critique lorsque des restrictions explicites sont imposées à des satellites susceptibles de concurrencer l'offre américaine, traduisant une stratégie de verrouillage du marché mondial des télécommunications spatiales.

L'exemple le plus éloquent de cette stratégie est celui du programme de satellites de télécommunications franco-allemand Symphonie, dont le département d'État américain a fini par conditionner la mise en orbite par ses lanceurs à la condition stricte qu'ils ne soient pas utilisés à des fins commerciales et se limitent à des activités scientifiques, techniques ou culturelles.

Cette nouvelle déconvenue, associée à la perspective durable de voir leur échapper les promesses commerciales offertes par le secteur spatial, et, par là même, la viabilité de toute une filière, conduit les États européens à vouloir se doter d'un lanceur propre à des fins d'autonomie. Malgré le premier chantier chaotique de Europa, le programme Ariane voit le jour en 1973. Il permettra en 1979, d'offrir à l'Europe un accès à l'espace.

Cette ambition est précédée d'une étape majeure avec la création de l'Agence spatiale européenne (ESA) par onze États le 30 mai 1975 et l'établissement de la base de Kourou en Guyane française comme port spatial européen. La véritable consécration intervient avec le lancement réussi

de la fusée Ariane 1, le 24 décembre 1979, inaugurant une série de succès qui positionnent l'Europe comme une puissance spatiale majeure.

Les Européens itèrent à partir de cette architecture pour concevoir des lanceurs progressivement plus fiables et plus capables, autant en termes de puissance que de modularité. Au 5 juillet 2023, date du dernier lancement d'Ariane 5, le programme a accumulé 245 succès sur 257 tentatives. Conçue dès l'origine avec la perspective éventuelle de transporter des humains un jour, cette dernière évolution du lanceur a placé la sûreté et la maîtrise des opérations au cœur de sa conception, faisant d'elle l'une des plus fiables de l'histoire spatiale. Preuve s'il en fallait de cette réussite technologique, Ariane 5 est sélectionnée par la NASA pour lancer le télescope spatial *James Webb*, conçu à partir de 1989 et en construction depuis 2009. Malgré une orbite visée cohérente avec le cahier des charges d'Ariane, le choix d'un lanceur européen plutôt qu'américain pour le lancement d'un objet d'une telle valeur technologique renseigne forcément sur la maturité technique et la fiabilité qui entourent le programme.

*L'Europe des temps modernes :
entre décrochage et anatopisme*

Pourtant, la position unique de la France, et par extension de l'Europe, est en train de s'effriter et de potentiellement disparaître. Elle sort de ce que l'on considère comme des échelles pertinentes pour la qualification de la puissance en matière de spatial. Elle est non seulement absente des nouvelles luttes qui se jouent à l'échelle mondiale en matière d'exploration, mais aussi en perte de vue sur les segments commerciaux qui avaient auparavant constitué le socle de son avantage en matière de spatial. Sur le segment militaire, nous le verrons, ses dépendances éclatent au grand jour.

La politique spatiale européenne repose sur une architecture institutionnelle à trois niveaux. À l'échelon national, les États membres mobilisent leurs propres agences, comme le CNES en France ou le DLR en Allemagne, avec des prérogatives certes diverses d'un pays à l'autre, mais qui agissent invariablement comme de véritables piliers techniques. Elles assurent la continuité des politiques nationales, tout en servant de socle aux coopérations internationales.

Ce maillage national s'articule avec un niveau intergouvernemental incarné par l'Agence spatiale européenne (ESA), organisation distincte de l'Union européenne⁴¹, et unique par son périmètre géographique et ses compétences. Elle assure la conduite des programmes de recherche, le développement des infrastructures de lancement, ainsi que la conception des grands démonstrateurs technologiques européens. Elle façonne à ce titre un cadre de convergence industrielle et constitue un levier de projection scientifique, même si certains de ses principes de fonctionnement brident considérablement la rationalisation du secteur à l'échelle continentale (cf. *supra*).

À ce double ancrage s'ajoute la strate communautaire incarnée par la Commission européenne et l'EUSPA⁴². Ce niveau pilote les grands programmes structurants que sont *Galileo* pour la navigation, *Copernicus* pour l'observation de la Terre, et plus récemment IRIS² pour la connectivité souveraine. Il exerce également certaines fonctions de coordination industrielle, de régulation et de projection stratégique, traduisant la volonté croissante de l'Union d'inscrire le spatial au cœur de ses prérogatives.

Ce triptyque crée une incertitude sur le partage des compétences, et génère parfois des logiques de rivalité, à plus forte raison dans un contexte qui voit l'Union européenne monter en puissance au

⁴¹ Le Royaume-Uni, la Suisse, ou la Norvège sont par exemple membres de l'ESA.

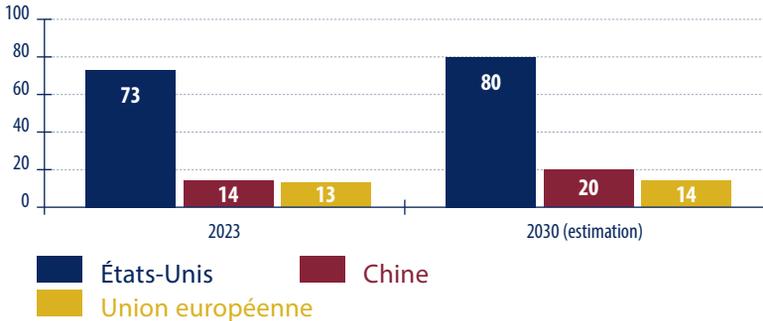
⁴² Agence de l'Union européenne pour le programme spatial.

niveau géopolitique. Dans la lignée du *juste retour* décrit plus haut s'ajoute une fragmentation des ressources et des investissements, qui nuit durablement à la cohérence des efforts européens, tandis que les États-Unis disposent d'un budget spatial environ six fois supérieur à celui de l'ensemble des institutions européennes, qu'ils pilotent, de surcroît, de façon centralisée et consolidée. Or les investissements publics sont au cœur de l'industrie spatiale, dès lors que les marchés spatiaux demeurent à des fins très majoritairement institutionnelles.

Pour cette raison, le budget spatial de la France et des autres économies européennes est sans commune mesure avec celui des États-Unis (73 milliards), dont le volume de commande de la NASA et du Département de la Défense permet à son industrie spatiale de fonctionner sans nécessairement avoir à aller chercher des débouchés commerciaux ailleurs, comme cela a pu être le cas pour les Européens. Le récent rapport Draghi dresse un portrait très juste des causes du décrochage européen. Il identifie notamment :

1. Une faiblesse en matière de financement public : la faiblesse du budget public est la première contrainte de l'Union, avant même d'évoquer des insuffisances de son écosystème. En l'occurrence, les entreprises font les frais du moindre budget institutionnel, qui génère un faible volume d'activité et dont l'équilibre financier doit reposer en grande partie sur le chiffre d'affaires auprès d'acteurs non institutionnels.

Graphique n° 9 • Dépenses publiques dédiées aux programmes spatiaux (milliards de dollars US)



Source : Euroconsult, 2023.

Pourtant, cet écart budgétaire ne l'a jamais empêché d'accomplir des prouesses, et de se positionner sur des segments porteurs. Pour le dire simplement, l'Europe a toujours réussi à faire beaucoup, et souvent mieux, avec moins. Mais elle a cédé sa position dominante dans les lanceurs commerciaux (Ariane 4 puis 5) face au lanceur Falcon 9 de *SpaceX* sans prendre assez rapidement la mesure du défi lancé. La crise des lanceurs (cf. *infra*) issue de l'effet combiné de l'interruption des services du système *Soyouz* depuis Kourou, l'échec de Vega-C, la fin du programme Ariane 5 et des retards de son successeur Ariane 6 a même contraint l'Union européenne à se tourner vers des lanceurs *SpaceX* pour certains programmes institutionnels, comme *Galileo*.

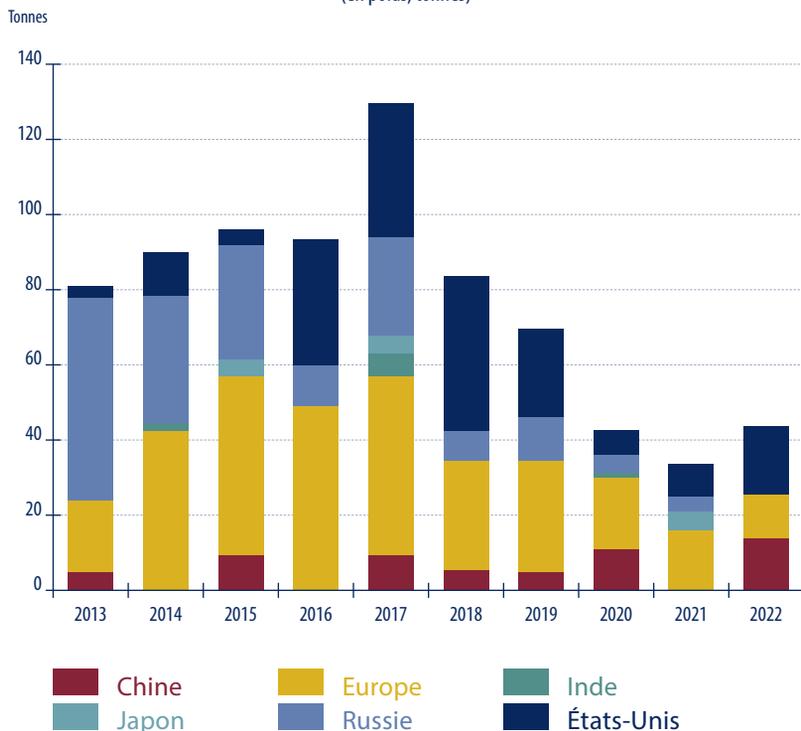
2. Le déclin structurel du marché géostationnaire : une importante partie de ce décrochage provient de la chute du marché de la télévision par satellite, qui s'appuyait globalement sur les satellites géostationnaires, et qui constituait le cœur de cible commercial européen depuis les années 1980⁴³. Ce déclin du géostationnaire s'est produit

⁴³ Whorher, P. (2025, mars). *Le modèle spatial européen : Une ambition à renouveler face aux transformations stratégiques*, IFRI.

sur fond d'émergence rapide des solutions en orbite, dont les déterminants ont été expliqués en amont de la note. La compétitivité de ce secteur a fini par toucher l'ensemble de la chaîne industrielle spatiale européenne, qui faisait vivre près de 20 000 emplois en France, y compris au sein de la filière Ariane. De façon concomitante, les difficultés européennes ont été accentuées par l'émergence de *SpaceX*, qui a accéléré le déclin du marché, et la crise des lanceurs qui a momentanément privé l'Europe d'accès à l'espace.

Graphique n° 10 • Le déclin du géostationnaire

(en poids, tonnes)



Source : ASD Eurospace.

*La tentation du repli national :
l'Europe tiraillée*

Les difficultés européennes ne relèvent pas uniquement de tendances lourdes de marché et sont aussi politiques. Le modèle de coopération européen, longtemps porté par une volonté commune exemplaire, n'a plus aujourd'hui la même prégnance auprès de ses États membres. L'attitude italienne, qui s'inscrit dans une stratégie économique plus offensive, révèle une **volonté de renationalisation de ses outils technologiques**, dans un double objectif commercial et politique. Elle s'est distinguée à la précédente ministérielle de l'ESA en obtenant le retrait du lanceur Vega du portefeuille d'*Arianespace* au profit de son industriel national *Avio*, une décision qui confine à la prédation, étant donné que la version plus puissante de son lanceur, Vega-E, pourrait à terme faire courir un risque de duplication des capacités européennes en matière de lanceurs. Plus récemment, c'est la perspective très commentée du gouvernement italien de conclure un accord avec *SpaceX* valorisé à plus de 1,5 milliard d'euros relatif aux communications sécurisées qui a attiré l'attention, quelques semaines seulement après un accord pour le lancement d'IRIS².

De leur côté, les Allemands, portés par une **réorientation stratégique de leurs principaux pôles de puissance**, dans le sillage du *Zeitenwende*, et des difficultés annoncées de leur industrie automobile, cherchent à s'imposer sur de nouveaux segments. Les accords de Séville de 2023, signés dans un contexte très particulier, en proposent une illustration éclatante. Critique envers la dépendance institutionnelle du programme Ariane, dont elle dénonce les retards et les surcoûts, l'Allemagne obtient l'ouverture du segment des petits lanceurs à une mise en concurrence, traduisant un basculement vers une logique plus compétitive.

Cette montée des replis nationaux va de pair avec une méfiance mutuelle croissante entre les membres. Ces postures, souvent marquées par des initiatives discrètes et des calculs politiques, affaiblissent l'unité du projet spatial européen. En 2025⁴⁴, le budget de l'agence spatiale européenne recule de 430 millions d'euros, une perte colossale pour elle, principalement portée par l'Allemagne (-220 millions), le Royaume-Uni (-130 millions), et l'Italie (-80 millions). La France, en cohérence avec ses engagements européens, a très légèrement augmenté le sien de 27 millions d'euros. Elle redevient, par défaut, le principal contributeur de l'agence.

Ces décisions, bien qu'inscrites dans des objectifs nationaux parfois légitimes, témoignent d'une fragmentation préoccupante des priorités. La France n'est quant à elle pas non plus exempte de reproches : la confiance qu'elle a parfois inconditionnellement placée dans son industrie et ses institutions a peut-être freiné toute adaptation de son modèle spatial, jusqu'à fragiliser les liens de confiance avec ses partenaires. **Elle est en outre perçue comme s'appuyant sur l'Europe en tant que plateforme pour servir ses ambitions nationales, et contourner les difficultés qu'elle rencontre chez elle, particulièrement sur les plans budgétaires.** Le discours d'autonomie stratégique fréquemment porté par le Président de la République et l'ancien commissaire européen au Marché intérieur, Thierry Breton, très allant sur les sujets spatiaux, a ainsi parfois été apparenté à un alibi français. En octobre, la parution du rapport Draghi épouse pourtant de près les contours de la pensée stratégique française pour l'Europe. Derrière, les premiers signes d'un désengagement américain et l'urgence de la situation en Ukraine permettent à nombre de ces concepts d'enfin s'incarner durablement dans la parole politique européenne.

⁴⁴ *European SpaceFlight. (2025, 9 janvier). Germany, Italy, and the UK Slash ESA Contributions by € 430M.*

La crise des lanceurs : incarnation du décrochage européen et foyer des tensions politiques

Les lanceurs incarnent à eux seuls la crise du spatial européen. Pendant des décennies, l'Europe a dominé le marché commercial des lancements avec ses lanceurs Ariane spécialisés dans la mise en orbite de satellites géostationnaires (GEO). Cette domination s'expliquait par une fiabilité amenant une réputation solide, mais aussi par une absence de lanceurs plus compétitifs aux États-Unis.

Or, en 2022, le secteur européen des lanceurs subit un triple choc. Concomitamment, le lanceur moyen Vega-C est immobilisé après un échec lors de son premier vol commercial, tandis que l'invasion de l'Ukraine met fin du jour au lendemain à la coopération entre l'Europe et la Russie autour de l'exploitation du système Soyouz. Le lanceur Ariane 5, qui vient d'effectuer son dernier vol, n'est plus produit. L'Europe se trouve donc momentanément privée d'accès à l'espace. Il faut attendre le premier lancement d'Ariane 6, qui intervient avec près de quatre années de retard, pour que cet accès soit recouvré.

L'Europe se trouve ainsi face à une alternative. **Un choix possible consisterait à s'assumer comme une puissance spatiale en déclin, prête à accepter des dépendances, au prix d'une perte de souveraineté.** Rien n'empêche effectivement l'Europe de considérablement réduire son empreinte dans l'économie spatiale et de se tourner vers des solutions étrangères pour le lancement, la communication et l'observation de la Terre, par exemple. Le secteur de la défense en Europe fournit de multiples exemples de choix conscient d'abandon de souveraineté sur des pans pourtant critiques, sans que cela ne semble porter atteinte aux capacités européennes à se défendre.

Le raisonnement se tenant pour la défense, il peut également prévaloir pour le spatial. Pour des pays européens de moyenne et de petite taille, l'aventure spatiale européenne est avant tout un moyen de s'assurer une activité industrielle de pointe, avec les emplois et les compétences qui vont avec. Elle n'est pas nécessairement perçue comme un élément critique de souveraineté et encore moins comme un motif de fierté ancré dans l'imaginaire national. **Cette asymétrie dans l'intérêt porté au secteur spatial rend d'ailleurs délicate toute réforme du retour géographique de l'ESA.**

Par le passé, ce désalignement a pu conduire à des dissonances profondes entre la France et ses partenaires sur la façon d'appréhender le secteur spatial. On rappellera à cet égard que l'Allemagne a régulièrement fait le choix de lancer ses satellites sur des plateformes russes, puis américaines, accordant de fait une attention moins sévère aux enjeux de propriété intellectuelle ou de préservation du secret défense nationale. La France a également pu recourir à des lanceurs russes pour certains de ses instruments militaires les plus sensibles, avec des garanties de confidentialité toutefois intrinsèquement permises par des opérations de lancement depuis le sol national⁴⁵.

Un calcul rationnel pour les pays qui pâtiraient d'une disparition du juste retour pourrait alors consister à déléguer à des entreprises fiables et moins onéreuses que les autres un certain nombre de services, à commencer par les lancements de satellites, puis les capacités militaires de défense. Ce calcul a déjà été fait localement par certains acteurs du spatial européen. En juin dernier, l'opérateur de satellites météorologiques européens *Eutmsat* a décidé d'annuler le contrat qui le liait à *Arianespace* pour le lancement de son satellite MTG-S1, au profit d'un lancement sur Falcon 9 de *SpaceX*. En cause, les incertitudes sur la disponibilité du lanceur européen et sans doute une offre économique plus avantageuse.

⁴⁵ Steinger, P. (2024, juin). *Révolutions spatiales: De von Braun à Elon Musk. L'archipel.*

Sur ces deux points, le calcul est financièrement rationnel mais méconnaît totalement les enjeux de souveraineté propres au spatial, sans même évoquer la contradiction patente pour un secteur européen qui souffre déjà d'un faible volume de commandes institutionnelles. La préférence européenne, souhaitée de longue date par de nombreux responsables français, n'existe ni légalement ni en pratique, comme en témoigne la décision d'*Eumetsat*. La persistance d'une telle logique de réflexion parmi nos décideurs ne serait pas seulement absurde, mais funeste. L'Europe et la France doivent conserver une industrie spatiale forte, et avec elle, certaines compétences et capacités absolument clés.

*L'affaiblissement du secteur spatial,
un danger rhizomatique*

Un autre arbitrage est cependant possible, malgré le réel déclassement de l'Europe. La comparaison avec les États-Unis présente de nombreuses limites, mais il convient néanmoins de rappeler que l'agrégation des budgets spatiaux européens demeure six fois inférieure à celle des États-Unis, et environ cinq fois moindre si l'on rapporte ces dépenses au PIB cumulé des États membres (cf. *supra*). **Que l'Europe ne porte pas le même projet spatial que les États-Unis, à la vocation fortement militarisée, n'empêche pas de s'interroger sur ce décalage, en particulier si l'on considère que l'espace est désormais une condition première de la capacité d'un État à assurer sa sécurité.**

Cette situation induit une forte dépendance des industries spatiales européennes aux marchés commerciaux, une contrainte bien plus marquée que dans d'autres grandes puissances spatiales. En effet, l'Europe spatiale fonde une partie de la viabilité de son modèle industriel sur la dynamique du marché commercial, sa demande institutionnelle ne représentant qu'environ 1 % du marché mondial. Or, sur ce segment commercial, la position européenne se trouve d'autant plus fragilisée que les principaux compétiteurs internationaux protègent

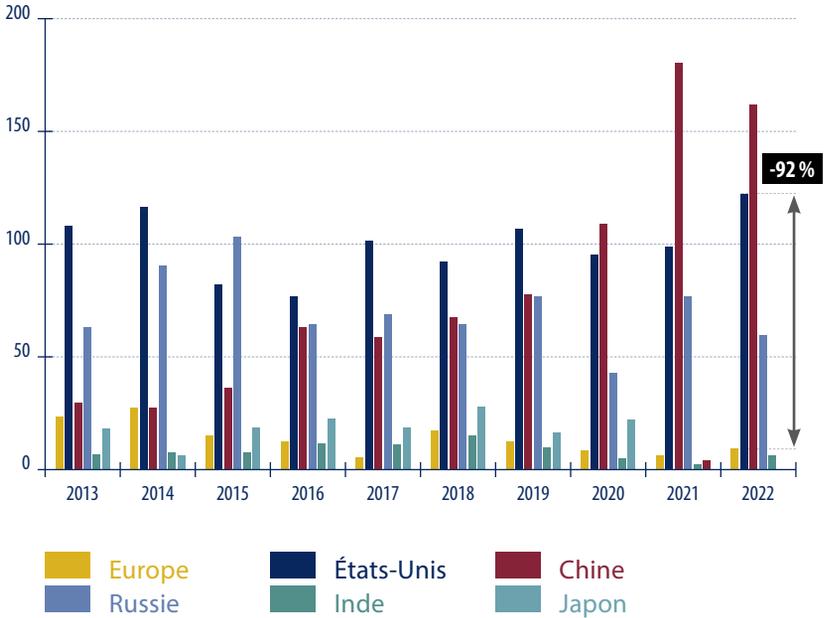
activement leurs marchés intérieurs. Cette dépendance, associée à une érosion progressive de la compétitivité sur de nombreux segments stratégiques et surtout à l'absence de préférence européenne, met en évidence la nécessité d'un rehaussement significatif du niveau de commande publique. On voit bien que le secteur de la défense, pourtant cœur battant de la protection des intérêts nationaux, ne peut totalement s'exonérer de performances commerciales. Au-delà du financement, les systèmes industriels ont besoin de contrats réguliers pour continuer de performer et d'innover.

En 2022 à titre d'exemple, *Arianespace* signe un contrat de 18 lancements pour le *Projet Kuiper*. Ce contrat, le plus important de l'histoire du programme Ariane, fait d'*Amazon* le client commercial le plus important d'Ariane 6. Ainsi, sur l'investissement total de plus de 10 milliards d'euros annoncé par *Amazon* pour le *Projet Kuiper*, on estime que 2,6 milliards d'euros seront investis dans le secteur spatial européen. En 2024, les dépenses du *Projet Kuiper* représentaient environ 6 % des ventes totales de l'industrie spatiale au sein de l'Union européenne, 18 % des ventes commerciales et d'exportation, et 39 % des ventes de systèmes de lancement. Ces chiffres soulignent l'importance stratégique des partenariats commerciaux pour l'industrie spatiale européenne.

Le rapport Draghi note enfin que l'industrie spatiale européenne représente 12 % du marché mondial en amont et 23 % en aval, mais souligne la fragmentation de son marché intérieur. Ce constat n'est pas propre au seul secteur spatial et se décline partout ailleurs. C'est là l'une des principales sources du décrochage européen, qui ne parvient pas à penser son Union comme un espace géopolitique, mais se contente de la concevoir comme un espace de marché, se protégeant peu au demeurant.

Graphique n° 11 • Masse mise en orbite au titre des programmes spatiaux institutionnels

Milliers de tonnes mises en orbite



Source : Euroconsult, 2023 – Rapport Draghi, 2024.

Le premier jalon d'un sursaut stratégique consiste à faire preuve de lucidité. **En l'occurrence, les secteurs spatiaux français et européens s'exposent à une forme de marginalisation de leurs modèles.** Un tel scénario relèverait davantage du choix opéré par défaut et sous contrainte. Nous choisissons dans cette note de le caractériser comme un risque, susceptible d'aggraver le délitement de la filière industrielle française, qui est aujourd'hui organisée pour servir un nombre important de clients et de segments du spatial. En l'absence de compétition

et dans un fonctionnement autarcique, le tissu industriel et scientifique se trouverait inévitablement moins porté vers l'innovation, accentuant plus encore le décrochage du secteur, et demain, son obsolescence.

Ce chemin induirait des conséquences particulièrement lourdes sur la capacité du secteur spatial français et européen à contenir la perte des retombées économiques et technologiques associées aux applications avales, comme les données issues des satellites. En laissant des acteurs comme *SpaceX* dominer ce secteur, l'Europe risquerait demain de dégrader plus encore son industrie automobile, son secteur du numérique comme les véhicules connectés et l'Internet des objets. **La perte de compétitivité en matière spatiale aurait des effets bien au-delà de ce seul secteur.**

Des scénarios plus catastrophiques encore que la perte de compétitivité se font jour. L'absence de maîtrise souveraine sur certains de ces segments représente une vulnérabilité critique, car elle entraverait considérablement l'autonomie de décision et d'action de la France face à une menace étrangère ou dans un contexte de conflit international. Le segment du spatial de défense sera traité dans un axe dédié. **Sur le plan civil, les infrastructures satellitaires occupent une place si centrale dans notre quotidien que leur dépendance à des puissances étrangères constitue également une forme de vulnérabilité critique.** Les services de géolocalisation, de communication, et même certaines infrastructures énergétiques ou de transport reposent en grande partie sur des réseaux satellitaires opérés par des acteurs privés ou publics non européens. En cas de conflit ou de désaccord géopolitique, ces services pourraient être utilisés comme un moyen de coercition, paralysant ainsi des pans entiers de notre économie et de notre société.

2 Les axes d'effort pour une véritable stratégie de puissance française et européenne dans le domaine spatial

AXE N° 1 PLACER LE SPATIAL AU CŒUR DE NOTRE RÉFLEXION DE DÉFENSE INTÉGRÉE

Le spatial sert un nombre d'usages particulièrement diversifiés, civils pour une grande partie, mais également militaires, dont la présente note s'est attachée à décrire toutes les pesanteurs, selon des lignes aussi bien politiques que technologiques. C'est sur ce dernier volet que s'attarde en premier lieu notre analyse, tant les enjeux de souveraineté s'y expriment avec acuité. Or, en la matière, les **dépendances françaises et européennes sont importantes** et plaident pour une réflexion politique et stratégique de grande ampleur, s'appuyant d'abord sur les **besoins et donc les priorités réelles**.

Tableau n° 2 • Typologie des opérations dans l'espace : les quatre principaux domaines d'application

Accès à l'espace (Space Lift & Satellite Operations)

Capacité d'un acteur à placer des systèmes spatiaux en orbite, à les maintenir à poste et à en assurer la sûreté ainsi que la sécurité. Loin de se limiter à la production de lanceurs, il inclut donc également le développement d'infrastructures au sol. On y intègre trois types d'activités :

1. lancement et mise à poste de charges utiles ;
2. construction et l'opération d'infrastructures de lancements ;
3. communication et le maintien à poste de charges utiles.

<p>La Connaissance de la Situation Spatiale (SSA)</p>	<p>Collecte et agrège toutes les informations fournies par les systèmes de surveillance et de poursuite spatiale afin de créer un catalogue d'objets spatiaux. Une image globale de la position des objets dans une portion de l'espace à un moment donné peut alors être produite avec trois objectifs :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. évaluer et estimer précisément les menaces que les systèmes spatiaux étrangers peuvent représenter pour nos satellites, notre territoire ou nos forces déployées, puis la planification de la réponse appropriée (diplomatique ou militaire) ; 2. prévenir les risques de collision entre satellites et autres objets ; 3. se coordonner avec d'autres opérateurs spatiaux, en particulier en ce qui concerne les positions orbitales et les interférences.
<p>Appui spatial aux opérations</p>	<p>Utilisation des capacités spatiales pour améliorer l'efficacité des opérations militaires en cours. Cela comprend l'exploitation des données issues des satellites (observation, renseignement, navigation, communications) afin de fournir un appui tactique et stratégique aux forces déployées. L'appui spatial permet un avantage opérationnel décisif dans tous les milieux et s'articule autour de trois fonctions principales :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. fourniture de données d'observation et de renseignement pour la planification et la conduite des opérations ; 2. accès à des services de communication sécurisée et de navigation (PNT) pour les forces en opération ; 3. coordination en temps réel des unités grâce au partage d'informations issues des capteurs spatiaux.
<p>Action dans l'espace et sa maîtrise</p>	<p>Capacité à agir directement dans l'environnement spatial afin de défendre ses propres systèmes, d'entraver ceux de l'adversaire, et de garantir la liberté d'accès et d'action en orbite. Cette maîtrise de l'espace suppose la mise en œuvre de moyens actifs et passifs et repose essentiellement sur trois dimensions :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. détection, attribution et réponse aux comportements hostiles dans l'espace (approches menaçantes, brouillage, attaques cinétiques ou non-cinétiques) ; 2. mise en œuvre de capacités défensives ou de résilience (capteurs redondants, satellites patrouilleurs, manœuvres d'évitement) ; 3. développement de moyens d'action dans l'espace à des fins de dissuasion ou de neutralisation, dans le respect du droit international.

Le spatial de défense : de réelles capacités, mais des interrogations sur l'échelle, les moyens et le degré d'autonomie

Malgré le fait qu'il demeure un secteur d'excellence, et l'ampleur du renversement doctrinal amorcé depuis 2017, **le spatial de défense français reste sous-doté. Ses capacités actuelles ne permettent pas d'envisager, à court terme, une contribution pleinement efficace à la conduite d'un conflit de haute intensité.** Selon certains experts auditionnés dans le cadre de ce travail, **ses capacités d'appui aux opérations et à la planification demeurent limitées, et fortement dépendantes de certains partenaires internationaux.**

Tableau n° 3 • Proportion des budgets de la défense affectée au spatial militaire

Pays	Budget annuel des armées (IISS 2023)	Budget estimé affecté au spatial de défense (Novaspace 2023)	Part du budget des armées affecté au spatial
États-Unis	905	39	4,31 %
Chine	219	8,8	4,02 %
Russie	108	2,6	2,41 %
France	60	1,3	2,17 %

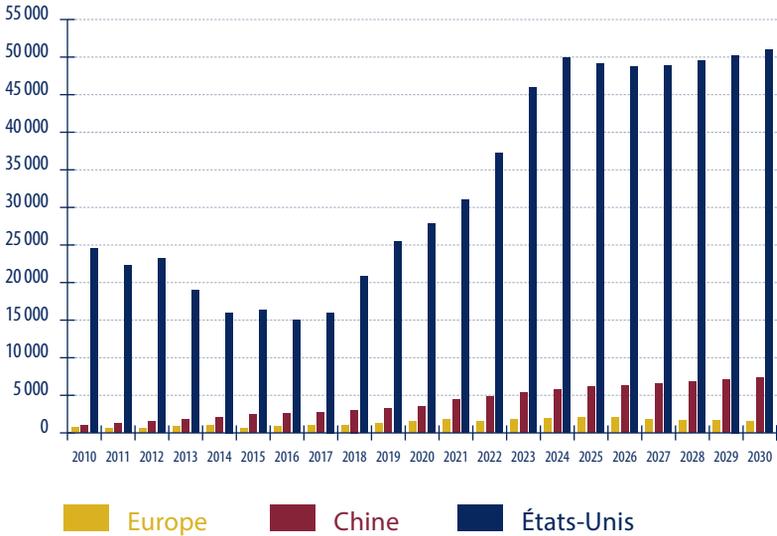
La France accorde, en proportion de son budget des armées, une importance moindre au spatial de défense que les autres grandes puissances⁴⁶.

⁴⁶ Il est à noter que le budget russe doit être appréhendé à la lumière du conflit en Ukraine, qui a vu une hausse rapide des dépenses, principalement orientée vers des moyens directement mobilisés sur le terrain, affectant à la baisse la part de son budget dédiée à la dépense spatiale. En 2021, avant le conflit en Ukraine, le budget de la défense russe s'établissait à 66 milliards de dollars annuels. En calculant grossièrement, la part de son budget affectée au spatial de défense atteignait alors près de 4 %, soit davantage que la Chine.

L'écart entre la France et les grandes puissances spatiales ne tient pas uniquement au niveau absolu des budgets, mais aussi à la place relative accordée au spatial dans l'effort de défense global. À effort de défense comparable, les États-Unis, la Chine, voire la Russie accordent une place bien plus centrale au spatial que la France. Ce déséquilibre s'explique en partie par les arbitrages dans un budget contraint et à la priorité accordée à certains grands programmes, notamment celui de la dissuasion nucléaire, mais il témoigne aussi de la place mineure qu'occupe le spatial au sein des réflexions de défense. Il traduit du reste, la doctrine américaine de *Space Dominance*.

Graphique n° 12 • Dépenses en matière de spatial de défense (en millions de dollars)

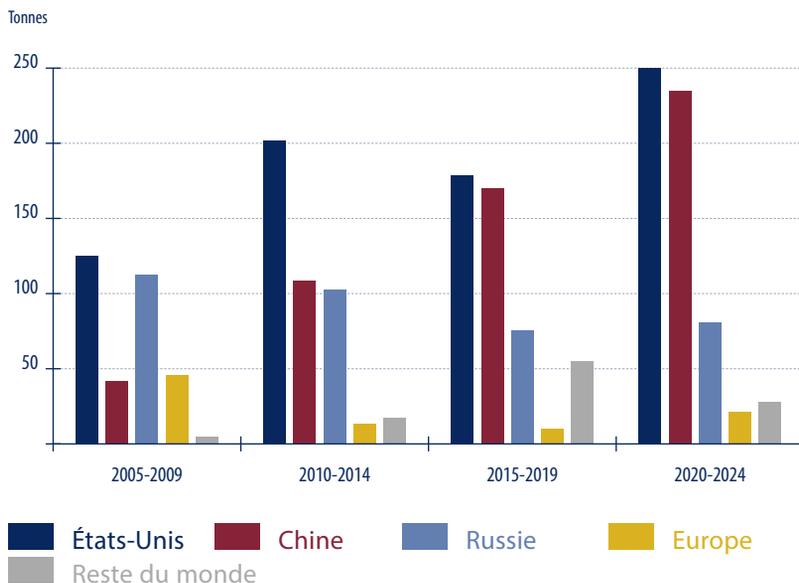
Millions de dollars US



Source : Euroconsult, 2023.

Les États-Unis concentrent près de 78 % des dépenses mondiales en matière de spatial militaire, contre 8 % pour la Chine et seulement 4 % pour l'Union européenne⁴⁷ alors que leurs PIB nominaux se situent en principe dans les mêmes ordres de grandeur. Ces chiffres illustrent le déséquilibre croissant dans un domaine pourtant décisif pour la supériorité opérationnelle des armées contemporaines. Le décrochage européen est du reste également visible dans la masse mise en orbite au titre des programmes de défense.

Graphique n° 13 • Masse lancée au titre des programmes de défense (par région, 2005-2024)



Source : ESA Report on the Space Economy, Eurospace Launch Events Analysis Tool (LEAT).

⁴⁷ Geribaldi, D. (2023). Pour une organisation de l'action de l'État dans l'Espace – Au(x) défi(s) de la puissance, Regards du CHEM – 72^e session.

L'écart pourrait être demain encore plus manifeste. Le président américain Donald Trump a formulé à plusieurs reprises son souhait de voir les États-Unis se doter d'un *Golden Dome* à l'échelle du pays, inspiré par le *Iron Dome* israélien. Ce projet, faramineux, consisterait en un ensemble de **systèmes de défense multicouches** combinant des capteurs radar terrestres, des satellites d'alerte avancée, des intercepteurs antimissiles de différentes portées, ainsi que des capacités de détection et de neutralisation basées sur l'intelligence artificielle. Il s'agirait, dans cette vision, de créer une bulle de protection quasi hermétique contre les missiles de croisière, balistiques et hypersoniques, actant le retour sous une forme plus moderne de l'initiative de défense stratégique (IDS), portée en son temps par l'administration de Ronald Reagan.

La viabilité technologique d'une telle ambition, encore incertaine en l'état, n'enlève rien à l'effort financier qu'il représente. Le Congrès envisage une enveloppe de 24,7 milliards de dollars pour l'exercice fiscal 2025, incluant 7,2 milliards pour le développement de capteurs spatiaux et 5,6 milliards pour des capacités d'interception en phase de lancement⁴⁸. Le président américain a lui-même estimé le coût du programme à près de 175 milliards de dollars sur trois ans, en vue d'une mise en service opérationnelle à partir de 2029. L'organe d'évaluation budgétaire du Congrès, le *Congressional Budget Office*, a lui estimé un coût potentiel de 831 milliards de dollars sur deux décennies⁴⁹. Ces nouvelles dépenses pourraient porter l'effort du spatial de défense américain entre 7,5 % et 8,5 % du PIB. Il serait alors susceptible de dépasser la totalité du budget français des armées et établirait un facteur 60-70 dans les dépenses spatiales de défense entre les deux.

⁴⁸ U.S. Air & Space Forces Association. (2025, avril). *Congress Allocates Billions for 'Golden Dome' Missile Shield in FY25 Defense Budget*.

⁴⁹ Reuters. (2025, May 20). *Trump selects \$175 billion Golden Dome defense shield design, appoints leader*.

Pour autant, l'analyse budgétaire, aussi cruciale soit-elle, ne saurait tenir lieu de stratégie. Fixer un objectif financier à atteindre, sans une réflexion sous-jacente approfondie sur l'orientation précise des dépenses et sur les capacités dont la France a réellement besoin, serait dénué de toute forme de pertinence. Cette logique s'applique également au secteur de la défense dans son ensemble, où les objectifs chiffrés tendent parfois à primer sur une démarche rigoureuse d'évaluation des besoins capacitaires. **Une stratégie efficace suppose donc d'articuler les ressources financières disponibles avec une analyse fine des priorités opérationnelles et industrielles du pays.**

S'agissant du spatial de défense, il s'agit de comprendre **quels sont les besoins de l'État, de les catégoriser de manière thématique et industrielle, puis de déterminer les critères permettant d'arbitrer des choix stratégiques, en interrogeant d'abord les systèmes, puis les briques technologiques qui les composent**⁵⁰.

Cette réflexion ne peut du reste pas être menée indépendamment d'un ancrage européen beaucoup plus large. Le besoin d'une stratégie européenne se manifeste en effet bien au-delà des motifs politiques, car elle permet tout à la fois d'élargir le marché institutionnel en matière de commande publique, et de mutualiser certains développements capacitaires. Cette logique de réflexion rejoint, en somme, une déclinaison opérationnelle de la logique des cercles concentriques, où l'Europe constitue le premier cercle au-delà du noyau souverain.

⁵⁰ *Les programmes spatiaux se structurent autour de deux niveaux complémentaires : les couches systèmes et les briques technologiques. Les couches systèmes correspondent aux grandes infrastructures qui définissent les objectifs et l'architecture globale d'un programme, comme une station spatiale, des systèmes de communication ou des constellations de satellites. Ces systèmes sont soutenus par des briques technologiques, qui sont les composants de base nécessaires à leur fonctionnement, comme des capteurs, les propulseurs, ou les logiciels de navigation.*

Faire seul ou avec les autres : les déterminants de la souveraineté spatiale

Placer la notion de souveraineté au cœur de notre réflexion suppose de définir ce qu'elle recouvre en matière spatiale. En l'occurrence, la souveraineté est loin d'être un objet compris de la même façon en France ou au niveau européen qu'ailleurs. Pour toutes ces raisons, nous considérerons la notion de souveraineté comme essentiellement politique, à savoir : celle de ne pas avoir à dépendre de quelqu'un d'autre que soi-même.

En théorie, la France pourrait viser une autonomie spatiale complète en y consacrant près d'une dizaine de milliards d'euros par an, à l'image de l'effort budgétaire chinois. En pratique, une telle dépense n'est pas une option crédible aujourd'hui. Cet état de fait place la France dans une situation de dépendance, voire d'incapacité sur certains segments et d'usages en matière de spatial. En tout état de cause, elle suppose de procéder, comme ailleurs, à des choix et de se placer, lorsque c'est pertinent, dans des logiques de coopération. Le Commandement de l'Espace a ainsi théorisé la superposition de trois noyaux :

- **Le noyau souverain** désigne l'ensemble des équipements patrimoniaux que la France possède et maîtrise pleinement. Ces capacités critiques sont développées, opérées et sécurisées de manière autonome, garantissant un contrôle et une disponibilité, tout en étant des outils primordiaux dans l'autonomie d'appréciation française.
- **Le noyau étendu** repose sur des partenariats avec des alliés ou des opérateurs de confiance, permettant d'assurer un accès régulier à des services essentiels, sans en maîtriser entièrement

les moyens matériels. Il s'agit d'une forme d'interdépendance maîtrisée, fondée sur la fiabilité des partenaires. Par exemple, la France s'est engagée dans une collaboration intelligente avec l'Italie en matière de surveillance de l'espace et de maintien à poste des satellites en orbite, qui disposait alors de capacités supérieures en la matière⁵¹.

- **Le complément capacitaire** recouvre la location de services commerciaux, généralement accessibles sur le marché sans garantie particulière. Ce niveau, plus opportuniste, vise à compléter ponctuellement les besoins en profitant de l'offre disponible, sans dépendance stratégique ni engagement pérenne.

Le conflit en Ukraine illustre de manière saisissante l'agilité que peuvent procurer des compléments commerciaux, et en l'absence de solution patrimoniale. Ces capacités interviennent ensuite à tous les échelons de l'action militaire, stratégique, opératif et tactique⁵², et concernent tous les types de services spatiaux, dont le plus notoire est celui de la connectivité, par le biais des services *Starlink*. La situation en Ukraine rappelle ainsi tous les avantages que peuvent apporter les capacités commerciales, tout en illustrant la raison pour laquelle elles doivent demeurer strictement complémentaires et ne sauraient en aucun cas former le cœur des capacités sur des segments que l'on jugerait critiques.

⁵¹ Friedling, M. (2023), *Commandant de l'Espace*, Bouquins.

⁵² Adam, P. (2023). *Spatial de défense : quels défis pour le Commandement de l'Espace ?*.

Enfin, les termes du débat ne sauraient être posés de façon exhaustive sans intégrer la dimension temporelle. La question de la souveraineté se pose de manière bijective : elle intéresse à la fois le degré de partage de la capacité et la rapidité d'accès à cette dernière. Un projet mené strictement au niveau national mais aux temporalités étirées peut s'avérer moins opportun qu'un projet conduit en coopération mais selon des délais maîtrisés. Dès lors, la souveraineté ne saurait être pensée uniquement en termes de contrôle exclusif et patrimonial, mais doit également s'apprécier à l'aune du rythme de disponibilité opérationnelle.

Il est enfin à noter que des dépendances majeures subsistent s'agissant des composants électroniques, en particulier des semiconducteurs et des détecteurs dans le cas du spatial⁵³. Ces dépendances sont assez bien identifiées par toutes les puissances, en particulier en France, où les composants sont seulement intégrés, c'est-à-dire que les puces sont importées, puis assemblées localement. De fait, la fabrication de systèmes complexes reste dépendante de l'étranger, y compris en cas d'effort industriel substantiel.

⁵³ *Rapport Draghi. (2024, septembre). Space, Part B.*

Tableau n° 4 • Niveau d'autonomie et recommandations pour les segments spatiaux intéressant la défense

Segment	Capacités	Niveau d'autonomie actuel de la France et de l'Europe	Recommandations
Accès à l'espace	Lanceur consommable	Fort - l'Europe a recouvert son accès à l'espace avec un lanceur fiable de capacité intermédiaire, Ariane 6, et un lanceur léger, Vega.	Poursuivre le soutien à Ariane 6 jusqu'à atteindre la pleine cadence des lignes de production en poussant notamment pour l'adoption d'une préférence européenne. Niveau d'action : EU
	Lanceur réutilisable	Moyen - la France dispose de premières briques, en particulier le moteur Prometheus, les projets THEMIS et Maia (ArianeGroup).	Inscrire la maîtrise de la réutilisabilité comme priorité stratégique au cœur de la stratégie spatiale nationale. Niveau d'action : FRA
	Base de lancement	Fort - le Centre Spatial Guyanais (CSG) assure à l'Europe de pouvoir lancer depuis son propre sol.	Mandater un rapport d'évaluation du risque d'indisponibilité du CSG de Kourou, afin d'apprécier la probabilité et les conséquences d'un scénario de rupture capacitaire. Niveau d'action : FRA
Connectivité	Constellation en orbite basse	Faible - la France et l'Europe dispose d'acteurs privés mais avec des capacités insuffisantes pour couvrir l'ensemble des besoins.	Court terme : s'appuyer sur les solutions offertes par OneWeb par une commande publique de terminaux et de service.
Observation	Optique - Hyperspectral	Faible - la France ne dispose pas de capteurs hyperspectraux.	Moyen terme : sauvegarder et accélérer le déploiement d'IRIS ² en renouant le dialogue trilatéral avec nos partenaires allemands et italiens.
	Radar	Faible - la France peut s'appuyer sur certaines capacités alliées mais ne dispose pas de filière nationale pour l'observation radar.	Long terme : au niveau industriel et politique, fixer l'objectif de construire une constellation multi-capteurs (optique visible, hyperspectral, radar) et multi-modale (communications, PNT, alerte avancée en orbite basse). Niveau d'action : FRA/EU/UK
	Optique - Visible	Moyen - la France dispose d'importantes capacités mais qui ne permettent pas de couvrir l'ensemble des besoins, notamment en raison d'un taux de revisite trop faible.	Renforcer l'imagerie patrimoniale française en diversifiant les capteurs et en augmentant la redondance orbitale pour améliorer le taux de revisite. Niveau d'action : FRA

Segment	Capacités	Niveau d'autonomie actuel de la France et de l'Europe	Recommandations
Surveillance	Surveillance de l'espace	Faible - la France dispose de capacités reconnues sur le segment sol, mais dépend en grande partie du catalogue américain pour la caractérisation des menaces.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mettre en place une architecture C2 patrimoniale, évolutive et interopérable. 2. Renforcer les capacités patrimoniales en diversifiant les capteurs sol, notamment en prévoyant la redondance de Aurore et en déployant des capteurs dans les territoires ultramarins. 3. Compléter le segment sol par des capacités orbitales souveraines et pragmatiques, en assurant la mise en œuvre du programme EGIDE d'ici 2030. 4. Structurer commande publique claire et durable en matière de surveillance spatiale. 5. Faire de l'EU-SST un véritable programme spatial de la Commission européenne. <p>Niveau d'action : FRA/EU/INT</p>
	Alerte avancée	Inexistant - la France et l'Europe sont entièrement dépendantes des systèmes mis à disposition dans le cadre de l'OTAN pour l'alerte avancée.	<p>Doter la France d'une capacité opérationnelle.</p> <p>Niveau d'action : FRA/EU</p>
Navigation	GNSS (positionnement par satellites)	Moyen - les armées françaises et européennes conservent une dépendance au GPS sur de nombreux systèmes d'armes, tandis que le signal PRS de Galileo n'est pas encore généralisé.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Viser l'indépendance des systèmes d'armes européens aux puces GPS par une intégration poussée des récepteurs PRS. 2. Poursuivre des technologies de PNT complémentaires et innovantes, comme le quantique. <p>Niveau d'action : EU</p>
Action dans l'espace	Défense active	Inexistant - la France ne dispose pas de moyens d'action dans l'espace ni de démonstrateurs.	<p>Assurer le déploiement d'EGIDE d'ici 2030.</p> <p>Niveau d'action : FRA</p>

Priorité n° 1

Concourir en autonomie aux opérations militaires : observation, communication, navigation

Les récents débats sur le spatial de défense se sont largement attardés sur la notion d'arsenalisation, souvent traitée avec un mélange d'inquiétude stratégique et de fascination technologique. Cet effet de loupe s'explique en partie par l'écho qu'il trouve auprès des imaginaires collectifs, faisant pour la première fois converger la réalité opérationnelle avec certains scénarios de science-fiction, où la guerre ne se joue plus seulement grâce à l'espace, mais en son sein.

Si cet enjeu mérite un traitement approfondi, que nous proposons dans une seconde partie, il ne doit pas occulter la fonction première et immédiate du spatial militaire : l'appui direct aux opérations, qui regroupe en général les fonctions d'**observation**, de **communications** et de **navigation**. Nous lui adjoignons les fonctions de **surveillance depuis l'espace** et particulièrement celle de **l'alerte avancée**, qui permet de détecter les départs de vecteurs, considérant que ces fonctions intéressent directement le champ de bataille.

Ce choix d'entrée est motivé par l'urgence stratégique croissante à laquelle l'Europe se trouve confrontée. **La perspective de voir un conflit de haute intensité se dérouler sur le continent d'ici quelques années est une véritable possibilité**. L'urgence est d'autant plus manifeste qu'un tel engagement pourrait être conduit sans soutien américain, y compris en matière de renseignement, comme l'a brutalement illustré le conflit ukrainien. Or l'autonomie européenne en la matière reste partielle, et ce malgré la maturité technologique de ses propres outils, et en particulier des français. Cela se vérifie tant pour l'observation que pour l'alerte avancée, domaine dans lequel aucun État membre ne dispose aujourd'hui de capacité propre. À cela s'ajoute une carence critique, celle de la **connectivité**, que seule une constellation en orbite basse peut assurer en diminuant le niveau de

latence, et dont l'Europe se trouve pour l'instant dépourvue à grande échelle.

Le diagnostic partagé indique que la supériorité dans les nouveaux environnements confrontationnels se trouve à la confluence de deux capacités que sont l'observation d'origine image (ROIM) et les communications résilientes et réactives. **Il ne s'agit plus simplement d'accéder à une image de haute résolution, mais d'être en mesure de l'actualiser en continu.** Cela suppose non pas un modeste prolongement du modèle existant, mais bien **une transition assumée et volontariste vers des architectures plus proches de celle des constellations de télécommunications.**

*Le renseignement d'origine image : une capacité
au cœur des besoins tactiques et stratégiques*

Le domaine de l'observation spatiale à des fins de reconnaissance et de renseignement constitue un pilier essentiel des systèmes spatiaux dédiés à la défense et à la sécurité. Les satellites offrent une capacité inestimable d'observation et donc de renseignement, puisqu'ils sont en mesure de survoler n'importe quel point du globe tout en bénéficiant de l'extraterritorialité juridique de l'espace extra-atmosphérique.

En l'espèce, l'observation de la Terre peut désigner le **renseignement d'origine image (ROIM)** et le **renseignement d'origine électromagnétique (ROEM)**. Ce dernier, dont les missions sont étroitement liées à la dissuasion nucléaire – ce qui explique que seuls quatre pays au monde en soient dotés⁵⁴ – ne sera pas traité dans la présente note, considérant que la France, autant que l'on sache, dispose de solides capacités en la matière, d'ailleurs complétées par des acteurs privés remarquablement

⁵⁴ Chine, États-Unis, France, Russie.

innovants (*Unseen Labs*). Notre analyse s'attardera davantage sur le renseignement par imagerie dont les fonctions sont plus tactiques et plus directement liées à la capacité des armées à conduire et à planifier des opérations militaires.

La guerre de haute intensité modifie en profondeur les exigences en matière d'observation et appelle à intégrer des capteurs de différente nature répondant chacun à des besoins variés : optique visible, hyperspectral et radar. Derrière les considérations simplement techniques en matière de performance, c'est la capacité à générer rapidement de l'information utile qui devient critique. En effet, les **délais qui s'établissent entre l'acquisition et l'exploitation des images deviennent un facteur stratégique, et poussent à viser des chaînes de traitement accélérées.**

Sur le segment de l'observation comme sur d'autres, le conflit en Ukraine a précisément démontré à quel point **l'observation persistante et multi-sources constituait un maillon critique de la conduite d'un conflit de haute intensité, en associant constellations commerciales et capacités souveraines alliées pour suivre en temps quasi-réel les mouvements tactiques adverses.**

Les systèmes d'observation n'échappent cependant pas à la logique de la réflexion systémique, selon laquelle les décisions doivent être prises à la lumière des besoins. Ces derniers ne peuvent être décentement estimés qu'en conjonction avec des objectifs politiques et par des acteurs pleinement informés, familiers des réalités opérationnelles.

Tableau n° 5 • Typologie des différents capteurs d'observation pour le renseignement d'origine image

Type de capteur	Applications militaires	Avantages principaux	Limites
Optique visible	Suivi tactique, reconnaissance visuelle, cartographie de précision.	Haute résolution spatiale, imagerie intuitive et facilement interprétable, essentiel pour la reconnaissance visuelle et la cartographie.	Dépend des conditions de luminosité et météorologiques, difficile à exploiter en cas de nuage ou de brouillard.
Hyperspectral	Détection de substances chimiques, suivi environnemental, identification de signatures spectrales.	Identification des matériaux, détection de camouflages, analyse environnementale fine, complémentaire à l'optique.	Traitement de données complexe, faible résolution spatiale par rapport à l'optique visible.
Radar (SAR)	Surveillance de mouvements à travers les nuages, détection d'activités camouflées ou dissimulées.	Imagerie tout temps (jour/nuit, à travers les nuages), utile en conditions météorologiques dégradées ou pour la détection de structures.	Nécessite une expertise pour l'interprétation, résolution souvent plus faible disponibilité moindre des satellites car fortement consommateurs d'énergie.

En matière d'observation optique, d'importantes capacités patrimoniales sur le segment visible, mais des lacunes au niveau hyperspectral

Pionnière en Europe, la France a initié dès 1986 le développement de satellites de reconnaissance optique, après une prise de conscience, une nouvelle fois, de la dépendance qu'elle entretenait en la matière. Elle itère à partir du satellite d'observation civil SPOT-1 lancé avec succès en février de la même année. Cette initiative a présidé au déploiement des satellites Helios 1A et 1B, respectivement en 1995 et 1999, qui dotent la France de premières capacités d'observation à visée de renseignement militaire.

Dans le sillage de cette aventure, la France dispose aujourd'hui d'importantes capacités en matière d'observation optique sur le spectre visible. Elles sont composées des satellites *Pléiades 1* et *Pléiades 2*,

lancés respectivement en 2011 et 2012, qui associent des technologies d'observation de pointe à des progrès substantiels en matière d'agilité et de compacité des équipements. Ces deux objets, duaux par nature, préfigurent le programme CSO destiné à succéder aux satellites *Helios 2*. D'abord envisagé comme un objet coopératif entre les puissances européennes⁵⁵, CSO est finalement lancé de façon autonome par la France en 2015. Il débouche sur un premier lancement, CSO-1, en décembre 2018, suivi de CSO-2 le 29 décembre 2020. Le troisième et dernier satellite de la constellation, CSO-3, a été lancé en mars 2025 par la première mission opérationnelle d'Ariane 6, après cinq années de retard consécutives à la crise des lanceurs européens. Même si le programme est national, l'Allemagne dispose d'un droit d'accès aux images après la participation financière⁵⁶ qu'elle a consentie pour CSO-3.

Ces infrastructures confèrent à la France des capacités inégalées en Europe en matière d'observation, qui demeurent cependant limitées à l'échelle mondiale. En comparaison, les États-Unis opèrent plusieurs flottes de satellites espions de très haute résolution en orbite basse qui offrent un taux de revisite suffisant pour les zones jugées d'intérêt. Ils complètent ces capacités patrimoniales par une offre commerciale pléthorique, notamment composée de *Maxar*, *Planet Labs* et *BlackSky* dont les images peuvent aussi être exploitées à des fins militaires, comme dans le cadre du conflit en Ukraine.

Au bout du compte, les États-Unis exploitent plus ou moins directement les données de centaines de satellites, ce qui leur confère des capacités sans aucune comparaison avec la France, par exemple. La Chine affiche également des capacités importantes en matière d'observation, notamment au travers de ses constellations optiques *Gaofen* et *Yaogan*, qui lui assurent une couverture globale. En 2022, la Chine opérerait 347 satellites militaires en orbite selon la *Space Force* dont une part significative est dédiée à l'observation terrestre.

⁵⁵ En particulier Allemagne, l'Italie, l'Espagne, la Belgique et la Grèce.

⁵⁶ 210 millions d'euros.

La constellation CSO, pourtant à *l'état de l'art* sur ce qui peut être fait en matière d'observation optique, apparaît comme **trop faible d'un point de vue volumétrique**, selon certains experts auditionnés. Trois satellites, aussi performants qu'ils puissent être individuellement, n'offrent **pas un taux de revisite suffisant pour assurer une couverture continue de zones étendues**.

Placés sur des orbites héliosynchrones, les CSO assurent, en l'absence de redondance orbitale, une observation à heure fixe chaque jour, avec un angle optimal. **En augmenter le nombre sur un même plan orbital permettrait de réduire le temps d'accès à une image**. Les CSO doivent être à terme remplacés par un programme successeur, IRIS, dont le dimensionnement devra nécessairement être pensé à l'aune des impératifs capacitaires que nous avons décrits plus haut⁵⁷.

Lancée en 2010 la constellation CSO, comme d'autres grands programmes d'armement de l'époque, n'a en effet pas nécessairement été pensée pour l'exercice de la haute-intensité, à une époque où les exigences opérationnelles étaient encore essentiellement dictées par la *guerre contre le terrorisme*.

La France demeure ainsi dépendante de ses alliés pour ses capacités d'observation, en particulier américaines. Lors de l'opération Barkhane, pour ne se saisir que d'un seul exemple, les moyens ISR américains, qui comprennent un ensemble de capacités plus large que les simples satellites, ont fourni près de 50 % du renseignement français⁵⁸. Le dispositif est nettement plus robuste aujourd'hui, en particulier après le lancement de CSO-3, qui vient donner sa pleine capacité au programme, et devrait l'être encore davantage avec CO3D, constellation de mini-satellites de démonstration dont l'objectif sera de cartographier des modèles de surface, selon des visées duales. On comprend

⁵⁷ *Instruments de Renseignement et d'Imagerie Spatiale, à ne pas confondre avec IRIS*².

⁵⁸ RFI. (2020, 12 juin). *Mort d'Abdelmalek Droukdel : quel rôle ont joué les États-Unis ?*.

toutefois que les **nouvelles exigences capacitaires qui s'imposent à l'Europe sont d'une tout autre nature et supposent une hausse des moyens dans un effort d'identification des menaces.**

En outre, la France ne dispose pas de capacités en imagerie hyperspectrale, qui dépassent le spectre visible et permettent par exemple d'identifier la signature précise de matériaux. Pour autant, de très nombreuses solutions existent d'ores et déjà dans le monde civil et fournissent un socle d'études pour envisager leur pertinence militaire et capacitaire.

Dans le cadre d'un conflit conventionnel de haute intensité, disposer d'une capacité hyperspectrale peut se révéler critique, en ce qu'elle permet par exemple d'**identifier des camouflages, de détecter des véhicules enterrés, des engins explosifs improvisés, d'analyser des fumées ou des épanchements chimiques.** Une fois encore, la France accuse un retard sur certains partenaires européens, en particulier l'Italie, qui a lancé en 2019 le satellite PRISMA, et l'Allemagne, dont le satellite EnMAP a été mis en orbite en 2022. Ces deux objets ont été conçus pour effectuer des missions scientifiques, en particulier d'observation de la Terre.

Ces systèmes pourraient offrir à la France une base de coopération technologique, mais ne fournissent pas une résolution suffisante à l'exercice d'un renseignement militaire et tactique conforme aux besoins. Cette lacune est d'autant plus regrettable que le CNES avait lancé des études préliminaires dans le cadre d'un projet de satellite hyperspectral de très haute résolution, le projet HYPXIM, qui avait mis en évidence l'intérêt militaire, mais aussi civil, de telles capacités⁵⁹. Faute de moyens budgétaires, le projet a toutefois été abandonné.

La France a récemment renoué avec la volonté de se doter de telles capacités au travers d'*HYP4U*, un projet de démonstrateur de nano-satellite à

⁵⁹ Carrere V, Briottet X, Jacquemoud S, et al. (2014, avril). *The French proposal for a high spatial resolution hyperspectral mission. European Geosciences Union General Assembly 2014.*

imagerie hyperspectrale développé par la société *SOPHIA Engineering*. Ce pas va dans la bonne direction, mais **méritera d'être opérationnalisé sous une forme ou une autre d'ici quelques années pour en faire une véritable capacité au service des armées françaises.**

*L'observation radar, absente
de la panoplie française*

La seconde grande famille technologique en matière de renseignement d'origine image est l'imagerie radar à synthèse d'ouverture, dite SAR (*Synthetic-aperture radar*). La technologie radar fonctionne sur la base d'un signal micro-ondes plus ou moins puissant émis puis réceptionné par un capteur après réflexion sur le sol, permettant de dessiner virtuellement formes et reliefs d'un environnement donné. Elle est complémentaire de l'optique en ce qu'elle permet de voir *de jour comme de nuit* et, notamment, à travers une couverture nuageuse. **Dans le cadre d'un conflit, cette capacité peut rapidement s'avérer critique, en particulier sur un théâtre comprenant d'importantes forces conventionnelles adverses, où le temps des opérations, réactif et raccourci, peut être dicté par des conditions météorologiques plus favorables selon le but recherché.**

Un adversaire souhaitant s'en prendre à des éléments d'un dispositif français pourrait ainsi choisir d'agir selon des conditions nuageuses ou en pleine nuit, pour lesquelles les satellites CSO se révéleraient insuffisants, même s'ils sont munis de capteurs infrarouges, qui permettent de compléter le spectre d'informations apportées par l'optique visible. Ces derniers n'offrent cependant pas la même capacité que le radar, car ils restent contraints par certaines conditions atmosphériques, dépendants des contrastes thermiques et limités en matière de pénétration des obstacles – comme de la végétation dense – qui peut empêcher d'observer certaines cibles dissimulées.

La guerre en Ukraine fournit, une fois encore, un cadre d'étude particulièrement pertinent en la matière et a démontré à plusieurs reprises l'utilité de l'observation radar dans des conditions de conflit de haute intensité. Durant l'été 2022, l'Ukraine a noué un partenariat commercial avec ICEYE, entreprise finlandaise qui propose des services d'observation radar, et dont les capacités se sont révélées cruciales pour l'armée ukrainienne. Dès les premiers mois d'utilisation, les données fournies par ICEYE ont ainsi permis l'identification de près de 7 000 positions et cibles russes⁶⁰, parfois des actifs critiques comme des systèmes de défense anti-aériens ou des appareils aériens. L'imagerie radar a également permis de renforcer l'efficacité des drones ukrainiens, et s'est aussi révélée particulièrement utile dans l'appréciation des effets de ses frappes sur le territoire russe, parfois absente du transfert d'informations des alliés⁶¹.

La France ne dispose pas aujourd'hui de satellite radar militaire national. Dans un contexte de choix contraint, il faut dire que le renseignement militaire français n'a jamais été particulièrement client de l'imagerie radar en matière d'observation, pour plusieurs raisons tenant notamment à leur difficulté d'interprétation et à la faible disponibilité inhérente aux plateformes radar, fortement consommatrices en énergie. En 2002, la signature des accords de Schwerin avait reflété cette culture capacitaire, en actant la spécialisation de la France vers l'optique et celle de l'Allemagne – et de l'Italie dans une moindre mesure – sur le radar, avec une collaboration prévue pour répondre aux besoins stratégiques comprenant l'une de ces deux technologies.

Cet accord, qui établissait une interdépendance volontaire entre les partenaires européens, avait le mérite de répartir intelligemment les compétences et les capacités, de façon à promouvoir une spécialisation technologique et une présence européenne sur l'ensemble du segment

⁶⁰ Radin, A., Holynska, K., Tretter, C., & Van Bibber T. (2025, mai). *Lessons from the war in Ukraine for space: Challenges and opportunities for future conflicts (Research Report)*. RAND Corporation.

⁶¹ *Ibid.*

de l'observation. Toutefois, les fondements de cette dépendance ont été rendus caduques par le feu vert unilatéral donné par le gouvernement allemand au BND pour le développement d'une technologie d'optique autonome. Ce renversement a donc de fait créé une situation d'asymétrie vis-à-vis du partenaire allemand sur les capacités d'observation, en brisant la logique d'interdépendance et la relation de confiance qui permettait l'articulation des différents moyens d'observation.

Dans les faits, la France n'est donc pas totalement dépourvue en la matière et peut toujours s'appuyer sur les capacités de ses proches partenaires, une nouvelle fois allemandes (SARah) et italiennes (COSMO-SkyMed), en échange de l'accès à ses propres satellites optiques (CSO). Ce partenariat d'échange de données s'inscrit dans le cadre coopératif du MUSIS (*Multinational Space-Based Imaging System*), dont l'objectif est de parvenir à mutualiser les différentes capacités nationales d'observation en Europe.

Ce cadre s'appuie donc sur des partenaires de confiance, membres de l'Union européenne *a fortiori* allemands ou italiens. Il n'en demeure pas moins qu'il place la France en situation de dépendance réelle et que, si l'accès aux données radar venait à être interrompu, pour une raison ou pour une autre, elle ne pourrait s'appuyer que sur des moyens complémentaires très insuffisants, à commencer par ses *Atlantique 2* (ATL2) ou certains drones, dont aucun ne permet cependant de se substituer à la permanence ou à la portée d'un satellite. Cela s'ajoute au fait que, même en période de coopération éprouvée, les systèmes alliés n'ont pas toujours démontré une fiabilité inconditionnelle⁶².

⁶² Lagneau, P. (2024, juillet). *Six mois après leur lancement: deux satellites espions allemands de type SARah ne fonctionnent toujours pas, Zone Militaire.*

*L'alerte avancée : une lacune
capacitaire critique*

L'alerte avancée désigne une capacité, dont la vocation première est d'assurer la primo-détection des départs de vecteurs balistiques, qu'il s'agisse de missiles ou de lanceurs, en fournissant, dans les tout premiers instants, des éléments de trajectographie essentiels au déclenchement des chaînes radar de suivi, voire de conduite de tir dans le cadre d'une défense antimissile. Cette fonction est assurée par deux types d'infrastructure.

Tableau n° 6 • Deux infrastructures complémentaires
concourant à l'alerte avancée

Satellites d'alerte avancée	Radars très longue-portée (TLP)
<p>Les satellites d'alerte avancée actuels, positionnés en orbite géostationnaire ou elliptique, surveillent des zones spécifiques. Ils détectent les lancements de missiles en identifiant la signature thermique émise durant la phase propulsive, et caractérisent la nature de l'objet observé grâce à l'analyse des signatures infrarouges propres aux différents types de propulseurs et profils de vol.</p> <p>Autant que l'on sache, seuls trois pays opèrent ce type de satellites : les États-Unis (8), la Chine (5) et la Russie (4).</p>	<p>Les radars très longue portée sont situés au sol et prennent le relais en phase exo-atmosphérique une fois la propulsion terminée, permettant un suivi complet de la trajectoire.</p>

Dans le cadre d'une architecture de défense active, ces deux composantes sont indissociables. Pour autant, les satellites seuls présentent une utilité autonome, à des fins de renseignement et de posture politique. Ces deux infrastructures sont ainsi complémentaires et non exclusives l'une de l'autre. La composante satellitaire fournit une pré-information tandis que le radar permet la continuation de la trajectographie après l'arrêt des moteurs, et donc dans la phase exo-atmosphérique. Cette dernière ne prend son sens que dans le cadre d'une défense anti-missile. Il est au passage aisé d'apprécier le *continuum*

capacitaire entre l'alerte avancée et les insuffisances de surveillance de l'espace en matière d'attribution des actes.

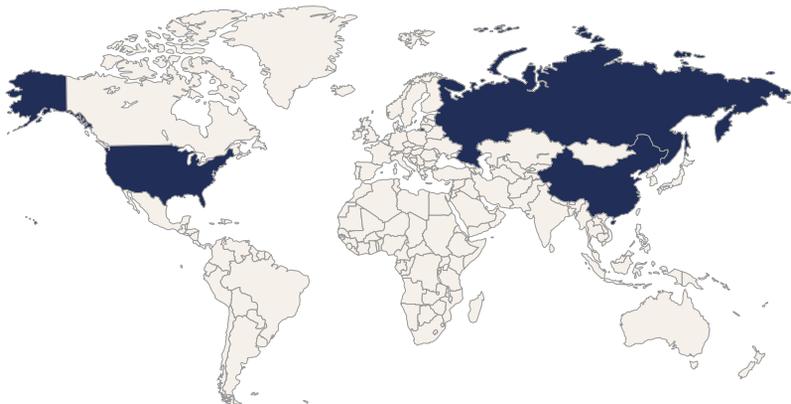
Les missions de l'alerte avancée s'organisent ainsi autour de trois grands objectifs :

1. Le suivi de la **prolifération balistique**⁶³ : L'alerte avancée permet de détecter et de caractériser l'ensemble des tirs de missiles balistiques, c'est-à-dire les tirs en opération, mais également les phases d'essai. Elle offre ainsi un renseignement supplémentaire sur l'état de maturité des éventuels programmes balistiques de pays adversaires et contribue donc à garantir l'autonomie d'appréciation des autorités politiques. Dans le cas d'un tir hostile, cette mission est continuée par une capacité d'identification du tir ennemi, et donc, de riposte⁶⁴.
2. La contribution à la **défense passive** : en cas de menace directe, l'alerte avancée permet d'évaluer les points d'impact et d'orienter les radars au sol, ce qui ouvre la voie à une phase d'alerte à l'attention des populations civiles.
3. La contribution à la **défense active** : un satellite d'alerte avancée peut, le cas échéant, s'intégrer dans une architecture de défense active et servir de brique constitutive à une capacité de défense antimissile balistique (DAMB). Certains capteurs de l'alerte avancée permettent en effet un suivi de trajectographie dans la phase ultérieure d'un missile, notamment une fois que ses moteurs sont éteints. Cette capacité est essentielle pour la phase d'interception.

⁶³ Nous regroupons ici les fonctions de détection et d'identification.

⁶⁴ Sénat. (2011, juillet). *La défense antimissile balistique : bouclier militaire ou défi stratégique ?*, Rapport d'information n° 733 (2010-2011).

Graphique n° 14 • Pays disposant de satellites d'alerte avancée



La présente note considère qu'à la lumière des développements géostratégiques que nous connaissons, une capacité satellitaire d'alerte avancée conserve une vertu politique et opérationnelle propre qui justifie sa poursuite et son déploiement. Cette capacité trouve sa double pertinence dans les temps de prolifération des vecteurs balistiques et hypersoniques que nous connaissons, du reste bien illustrée par le conflit en Ukraine, mais également dans l'attention européenne portée au sujet, non loin du projet *Sky Shield* défendu politiquement et industriellement par l'Allemagne, mais s'appuyant sur des systèmes non européens.

À l'heure actuelle, la France et l'Europe sont entièrement dépendantes des systèmes américains SBIRS (*Space-Based Infrared System*) mis à disposition de l'OTAN pour ce qui relève de l'alerte avancée dans le cadre du programme SEW (*Shared Early Warning*). **Les États-Unis conservent en outre une entière maîtrise sur les données transmises au programme SEW, à la fois dans la nature, le volume et la temporalité.**

Il convient également de corriger une confusion persistante. **L’alerte avancée ne conditionne pas, dans la doctrine française, la mise en œuvre de la dissuasion nucléaire.** Celle-ci repose sur une logique dite de vulnérabilité acceptée, dans le cadre de laquelle la riposte demeure indépendante de tout système d’alerte préalable. Ainsi, même l’absence de système d’alerte avancée ne met pas en doute **ni la maîtrise ni la connaissance de l’environnement stratégique, et donc la capacité de riposte française et sa liberté d’action.** En revanche, il existe un débat afférent à la défense antimissile beaucoup plus large, qui consiste à savoir si cette dernière renforce ou fragilise la dissuasion, lequel n’est pas l’objet de la présente note.

Or, un système d’alerte avancée est précisément une brique indispensable au développement d’une capacité antimissile balistique (DAMB), puisque la préinformation de quelques minutes pour basculer en trajectographie radar permet d’abattre un missile en vol. En tout état de cause, le débat sur la DAMB dépasse de très loin le seul cadre du spatial, et même de l’alerte avancée. Il intéresse une réflexion stratégique sur les nouvelles formes d’engagement de l’armée française en complément de la dissuasion nucléaire et dans le cadre d’un retour à des combats de haute intensité.

La capacité spatiale d’alerte avancée peut se concevoir comme indépendante de la fonction de DAMB et demeure utile à des fins de renseignement, d’autonomie d’appréciation et de décision, et donc de posture politique, sans même évoquer les retombées industrielles. Il y a ainsi une vertu à envisager l’acquisition d’une telle brique, afin de se laisser le champ libre à l’avenir, quelle que soit la décision politique concernant la DAMB. La France, historiquement hostile à ces systèmes, considérant qu’ils étaient de nature à bouleverser l’équilibre de la dissuasion, pourrait être appelée à repenser son approche dans les années qui viennent.

L'Europe, sous l'effet d'un volontarisme allemand, n'a au demeurant pas attendu la France pour explorer les premières pistes capacitaires en la matière. En juin 2023, un premier programme européen explicitement dédié à la construction d'une capacité européenne d'alerte avancée est lancé : *Odin's Eye*, porté par l'industriel allemand *OHB System*. Avec une enveloppe de départ à 90 millions d'euros par le Fonds européen de défense pour une première phase de 36 mois, la vocation assumée du projet est de servir de socle à la structuration prochaine d'une capacité SBMEW (*Space-Based Missile Early Warning*) proprement européenne⁶⁵.

Dans le sillage de cette culture stratégique commune naissante en Europe, une **technologie et d'éventuels systèmes en orbite français pourraient constituer l'une des briques fondamentales d'une architecture de défense anti-missile si celle-ci devait voir le jour**. Elle doit pour cela avancer rapidement et consacrer une véritable ambition en matière d'alerte avancée, alors que la phase deux du programme, baptisée *Odin's Eye 2*, envisage la conception concrète du système⁶⁶.

En l'occurrence, la France avait envisagé de se doter d'une telle capacité, en développant entre 2004 et 2011, le programme SPIRALE (*Système Préparatoire Infra-Rouge pour l'ALerte*), un démonstrateur spatial d'alerte avancée sous maîtrise d'œuvre d'*Airbus Defence & Space* pour le compte de la DGA. Ce démonstrateur a œuvré à la constitution d'une base de données précieuse, notamment sur les signatures thermiques contrastées entre un propulseur et le vide au-dessus de l'atmosphère. L'ensemble de ces données a permis de mieux comprendre les phénomènes naturels et physiques susceptibles de générer de fausses alertes, et d'initier des travaux de modélisation, aujourd'hui poursuivis par *ArianeGroup*, sur les signatures thermiques en phase propulsée comme balistique. Le démonstrateur avait également intégré une phase de simulation de la

⁶⁵ Cabirol, M. (2024, décembre). *Défense antimissile : la France a abandonné une capacité cruciale*, *La Tribune*.

⁶⁶ *Ibid.*

chaîne d'alerte au sol⁶⁷. **Certains responsables industriels estiment désormais que la France dispose des briques technologiques suffisantes pour initier une capacité pré-opérationnelle autonome**⁶⁸.

Notre travail ne s'étend pas sur les choix technologiques à opérer, en particulier au regard des efforts européens en cours d'organisation, mais insiste uniquement sur le besoin capacitaire qui doit être comblé.

La capacité d'alerte avancée prend donc son sens à la lumière du bouleversement du paysage politico-stratégique et militaire, qui renforce la menace balistique, à la fois la menace dite rustique, comme les événements au Yémen ont pu l'illustrer, et les menaces plus établies venant de programmes de missiles plus avancés. **Par ailleurs, l'alerte avancée en GEO contre les missiles balistiques pourrait servir de première pierre vers la constitution d'une capacité d'alerte attenante en LEO concernant les vecteurs hypervéloces et manœuvrants.**

La technologie hypersonique modifie les termes de l'équation stratégique dans la mesure où, contrairement au balistique, les missiles qui l'emploient sont dotés de capacités manœuvrantes qui rendent son interception pour l'heure quasiment impossible. Pour ce genre d'armes, qui évoluent davantage dans la très haute atmosphère (THA) que dans l'espace exo-atmosphérique, des satellites placés en orbite géostationnaire sont situés à trop longue distance, même avec des capteurs infrarouges performants. **La réponse réside plutôt dans des capacités en orbite basse, pour l'heure et autant que l'on sache, uniquement développées par les États-Unis.**

⁶⁷ Steinger, P. (2024, juin). *Révolutions spatiales : De von Braun à Elon Musk, L'archipel*, p. 133.

⁶⁸ Becht, O. (2019, janvier). *Le secteur spatial de défense, Rapport d'information n° 1 574*.

*Les insuffisances de connectivité : un enjeu d'autonomie
majeur dans les conflits contemporains*

Le besoin de communication est inhérent aux opérations militaires, depuis les signaux sonores des tambours et clairons jusqu'aux systèmes de communication numériques actuels. Ce besoin vient servir la transmission des ordres et du renseignement, et la coordination des forces sur le terrain. Il se trouve récemment **décuplé par les nouveaux besoins du champ de bataille et des environnements confrontationnels de plus en plus numérisés**. La guerre en Ukraine fournit un cadre d'études particulièrement dense pour un spectre de capacités confrontées à la haute intensité. S'il est encore un peu tôt pour dresser un bilan exhaustif et définitif, certaines certitudes commencent à se dessiner au niveau spatial, en particulier concernant la connectivité sur le champ de bataille.

Les infrastructures de communication ukrainiennes sont visées dès les premiers instants du conflit, y compris dans l'espace, où une cyberattaque touche l'un des services du satellite de communication KA-SAT. Dans le même temps, des frappes dégradent rapidement les capacités de communication au sol du gouvernement ukrainien, qui sollicite, deux jours après le début des hostilités, l'appui de la constellation *Starlink*. Cette dernière **change le cours de la guerre**, en particulier dans les premières semaines de l'invasion, en permettant un ensemble d'usages absolument critiques pour sa conduite, des communications civiles jusqu'au commandement des opérations, en passant par des usages humanitaires. De l'aveu même de certains commandants ukrainiens, la guerre aurait pu être perdue en l'absence de services offerts par *Starlink*⁶⁹ La constellation permet de façonner la résilience ukrainienne et œuvre, par exemple, à la continuité des communications dans les zones libérées ou dans des zones de combat. Dès le premier mois d'utilisation,

⁶⁹ Trofimov, Y., Maidenberg, M., & Fitzgerald, D. (2022, juillet). *Ukraine leans on Elon Musk's Starlink in fight against Russia*. *Wall Street Journal*.

le ministère de la Santé ukrainien faisait état de l'équipement de près de 590 infrastructures à vocation médicale⁷⁰.

Surtout, les forces armées ukrainiennes formulent ainsi un besoin quotidien de connectivité, auquel les antennes de *Starlink* permettent de répondre, équipant postes de commandement, véhicules, tranchées et mêmes drones. Le conflit a donné à voir l'avènement des drones comme l'un des moyens privilégiés de conduite de la guerre moderne, à la fois en matière de renseignement, mais aussi de frappes, ce que certains épisodes avaient déjà esquissé (Haut-Karabagh, 2020), mais qui prend sa pleine mesure en Ukraine. Ces appareils sont pilotés selon trois modalités principales :

1. Un pilotage au sol par **ondes radio**, mais très vulnérable aux reliefs du terrain et aux actions de brouillage adverses.
2. Un pilotage par **ondes radio satellites**, à la fois plus puissantes et nettement plus sécurisées. De nombreux drones – les plus volumineux – embarquent des antennes relais à bord. Ils restent cependant sujets au brouillage.
3. Un pilotage au sol par **fibre optique** reliant le drone à l'opérateur, sécurisé mais limité en charge utile et distance, même si ces limites tendent à s'amoinrir au vu des cycles d'innovation très rapides observés d'un côté comme de l'autre. Les drones kamikazes commandés par pilote à distance – FPV pour *first person view* – sont l'usage de choix.

L'utilité majeure de la constellation *Starlink* est venue en même temps rappeler la vulnérabilité que fait peser la dépendance de pays tiers à ces systèmes. Ainsi, l'Ukraine s'est-elle vue bridée et limitée de façon ponctuelle dans la conduite de la guerre. En septembre 2022, les armées ukrainiennes montent une opération à l'aide de drones navals

⁷⁰ Radin, A., Holynska, K., Tretter, C., & Van Bibber T. (2025, mai). *Lessons from the war in Ukraine for space: Challenges and opportunities for future conflicts (Research Report)*. RAND Corporation.

– dont la connectivité dépend du réseau *Starlink* – contre une partie de la flotte russe en Crimée. Cette opération est empêchée par Elon Musk, qui la juge risquée et ne souhaite pas alimenter de dynamique escalatoire. Dès les premières semaines du second mandat de Donald Trump, et alors que des négociations s’annoncent contre ses volontés, la constellation est fréquemment mobilisée comme un levier de pression. Toutefois, malgré une suspension du renseignement de type ISR et un arrêt momentané des livraisons de matériel militaire, les accès ukrainiens à *Starlink* pour les combats au sol n’ont jamais été coupés à la date de publication de la note.

Ces différents usages soulignent combien l’indisponibilité de systèmes de communication porterait atteinte à la conduite des opérations militaires ainsi qu’à la continuité des services civils. L’actualité nationale en a récemment fait la démonstration, puisque la France n’a pas eu d’autre choix que de s’en remettre à la constellation *Starlink* pour assurer la connectivité du territoire de Mayotte au lendemain du cyclone *Chido*. Cette décision, rapidement et vocalement décriée par de nombreux commentateurs, a pourtant illustré une réalité : **la France et l’Europe sont en retard dans le déploiement de solutions de connectivité en orbite basse offrant des capacités similaires à *Starlink*, constituant au mieux une dépendance stratégique, au pire une vulnérabilité critique.**

Ces insuffisances ne se manifestent pour l’instant que sur des segments civils, lesquels ne posent pas d’enjeu de souveraineté majeur. **Demain, en cas de conflit ou de menace potentielle, cette équation pourrait durablement changer.** En effet, la France ne dispose pas de solutions permettant d’assurer à ses soldats une connectivité sur le champ de bataille conforme aux déterminants de la guerre contemporaine. Elle possède certes des satellites de télécommunications militaires, la famille *Syracuse*, qui assurent la transmission d’ordres sécurisés et confidentiels – comme d’éventuels ordres de tirs nucléaires – mais ces systèmes n’ont **jamais été conçus pour répondre aux nouveaux besoins de réactivité sur les champs de bataille.**

Les satellites *Syracuse* sont par ailleurs positionnés en orbite géostationnaire, à environ 36 000 kilomètres d'altitude, ce qui les place bien plus loin de la Terre que d'autres familles de satellites en orbite basse. Par voie de conséquence, leurs capacités de transmission d'informations s'en trouvent dégradées. On estime ainsi que leur latence atteint environ 500 millisecondes, contre seulement 20 à 50 millisecondes pour des satellites en orbite basse, comme ceux de la constellation *Starlink*.

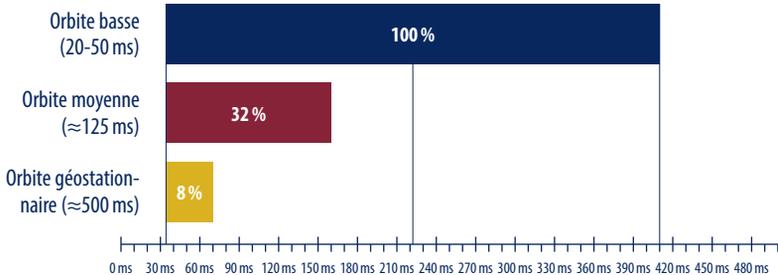
Par ailleurs, les solutions fondées sur des satellites géostationnaires nécessitent de pointer précisément le terminal utilisateur vers le satellite, ce qui les rend peu praticables pour des usages mobiles. En revanche, elles fournissent de très bonnes performances, notamment en termes de stabilité, particulièrement adaptées aux usages fixes où la latence n'est pas un critère déterminant. À l'inverse, les solutions fondées sur des satellites en orbite basse dont les terminaux se connectent automatiquement au meilleur satellite dans le champ de vision à un instant donné sont très adaptées aux usages mobiles ou au déploiement rapide. Elles permettent de réduire significativement la latence, au prix toutefois d'une moindre stabilité.

Si cette différence de latence et cette faible mobilité ne posent pas de difficulté majeure pour la transmission d'ordres stratégiques ou d'informations confidentielles, elles deviennent en revanche déterminantes pour les besoins de combat réactif. Cela concerne notamment le **guidage en temps réel vers un objectif, la défense contre les chasseurs de drones lorsque le recours au guidage filaire est impossible**, ainsi que la **connexion des unités engagées sur le terrain**.

Cette dernière exigence implique une **connectivité granulaire**, à l'échelle d'une tranchée, d'un véhicule de première ligne ou d'un groupe de combat, ce qui soulève des enjeux cruciaux de connectivité dite *business to soldier* (B2S), visant à relier directement les soldats aux systèmes d'information. Enfin, les constellations en orbite basse présentent l'avantage d'être moins sensibles aux interférences et offrent

une meilleure protection contre les tentatives d'écoute et de brouillage que celles situées en orbite géostationnaire⁷¹.

Graphique n° 15 • Temps pris par différents signaux en millisecondes selon l'orbite



Source : ESOA, Financial Times.

Il convient également de souligner que le nombre de constellations de grande ampleur en orbite basse demeure intrinsèquement limité, en raison de plusieurs facteurs déterminants. Les investissements requis pour concevoir, déployer et maintenir plusieurs milliers de satellites sont extrêmement élevés – souvent chiffrés en milliards d'euros – ce qui restreint naturellement le nombre d'acteurs capables de porter de tels projets. Ces programmes exigent également une maîtrise technique poussée, à laquelle s'ajoutent des barrières réglementaires inhérentes, notamment en ce qui concerne l'attribution des fréquences, la gestion des débris spatiaux – la ressource spectre-orbite étant à la fois finie et strictement réglementée. Ce contexte limite considérablement l'émergence de nouveaux entrants sur ce marché stratégique, aujourd'hui dominé par quelques acteurs seulement, dont SpaceX (*Starlink*), Eutelsat (*OneWeb*), Amazon (*Kuiper*) et, dans une logique souveraine, la Chine. Cette rareté renforce la nécessité d'une réponse coordonnée à l'échelle

⁷¹ Steinger, P. (2024, juin). *Révolutions spatiales : De von Braun à Elon Musk, L'archipel*, p. 311.

européenne, si le continent souhaite préserver son autonomie technologique et sécuriser un accès indépendant aux capacités LEO.

Cette situation marquée par des lacunes capacitaires majeures et un risque croissant de dépendance stratégique à des acteurs non-européens a contribué à susciter une prise de conscience chez de nombreux décideurs européens. Thierry Breton, en sa qualité de commissaire chargé du marché intérieur, a notamment œuvré à l'émergence d'une réponse européenne sur ce sujet. Ces efforts ont débouché sur le lancement de la constellation IRIS², projet structurant destiné à combler ces lacunes, en s'appuyant sur un cahier des charges ambitieux qui conjugue exigences de souveraineté, de résilience et de services à double usage civil et militaire. Prévue pour être pleinement opérationnelle d'ici 2030, IRIS² comprend, selon le format actuellement retenu, 290 satellites répartis en orbite basse (LEO) et moyenne (MEO), autorisant une couverture étendue et une latence réduite.

Conçue comme une constellation multi-bande, elle permet d'articuler un cœur ultra-sécurisé en bande Ka militaire offrant une capacité limitée (quelques centaines de Gbps à l'échelle planétaire), avec une capacité commerciale en bande Ku disponible en plus grande quantité (1.5 Tbps). Ce modèle permet de mutualiser les investissements publics et privés, de démultiplier la capacité disponible en cas de crise, tout en maximisant le taux d'utilisation de l'architecture. Elle se conçoit fondamentalement comme une réponse aux perspectives de dépendances en matière de connectivité et constitue à ce titre une infrastructure critique. Cependant, trois éléments viennent questionner le déploiement du programme :

1. Le projet est **prévu à l'horizon 2030**. Il est aisé de comprendre que, dans la perspective d'un affrontement de haute intensité avant cette date, la constellation ne serait pas prête à temps pour subvenir aux besoins des armées européennes. Cet horizon s'explique par la complexité inhérente à un programme combinant plusieurs orbites et bandes de fréquence, ainsi que

par la nécessité pour les industriels partenaires de renforcer leurs capacités technologiques afin de combler l'écart observé avec les acteurs les plus avancés du secteur, à commencer par *Starlink*.

2. **Ces contours seront définitivement arrêtés en fin d'année**

2025. Le consortium chargé de la mise en œuvre du projet a évolué au cours de l'année 2024 du fait des choix stratégiques des partenaires industriels. Une fois clarifié le fait que ces derniers ne souhaitaient pas faire partie du consortium, les opérateurs et la Commission européenne se sont rapidement mis d'accord sur les modalités du projet et sur ses conditions de succès. Si les industriels européens restent au cœur du projet qui doit théoriquement leur permettre de rattraper leur retard technologique et d'adapter leurs méthodes de travail afin de gagner en agilité et en efficacité, leur prise de conscience de ses enjeux et leur volonté d'engager ces réformes restent à démontrer à ce stade. Des incertitudes demeurent ainsi quant au coût global du projet, à son calendrier d'exécution et à ses modalités de financement par la Commission et les opérateurs. Un point de rendez-vous en décembre 2025 doit permettre de clarifier et de fixer définitivement les contours du projet. Des retards, voire une remise en question du projet, ne peuvent être complètement exclus si tous les acteurs ne jouent pas le jeu.

3. **L'appui politique au projet des différents États membres**

pourrait vaciller, en particulier du côté italien où l'on a d'abord évoqué un accord avec *SpaceX* pour les communications sécurisées, avant que l'option ne soit peu à peu écartée au profit d'une potentielle solution nationale, mais également du côté allemand où l'on annonce une réflexion de la même teneur sur la possibilité de se doter d'une constellation en basse orbite⁷². Ces deux projets, loin de s'être encore matérialisés, envoient

⁷² *Handelsblatt*. (2024, 9 avril). *La Bundeswehr prévoit son propre système de satellites dans l'espace*.

un signal clair, si ce n'est de défiance à l'endroit du projet européen, au moins de relégation dans l'échelle des priorités.

Compte tenu de tous les impératifs en matière de connectivité, un besoin urgent s'avance pour les armées françaises et européennes : celui de **disposer à court terme de solutions complémentaires et autonomes en orbite basse. La seule option répondant à ces critères pour l'heure est celle de OneWeb**, la constellation opérée par *Eutelsat*, sous pavillon franco-britannique, qui compte pour l'heure 648 satellites. Cette constellation, capable de délivrer approximativement 1 Tbps de capacité à l'échelle mondiale, offre des performances comparables à celles de *Starlink* en termes de latence, de débit par terminal et de facilité d'utilisation, notamment pour les usages mobiles. D'ores et déjà déployée dans plus de 160 pays, la constellation fournira une couverture mondiale en 2026 une fois la totalité de son réseau sol déployé.

Plusieurs défis limitent actuellement la capacité des armées européennes et françaises de se tourner complètement vers *OneWeb*. Conçue comme un service *business to business* (B2B) dans lequel les fournisseurs d'accès assurent le service au client final, elle nécessite l'intervention de partenaires de distribution chargés notamment de l'installation et de la mise en œuvre de services additionnels à la seule délivrance de capacité. Les terminaux disponibles sont à date plus coûteux et moins mobiles que ceux de *Starlink* même si de nouveaux modèles (notamment une solution *manpack* portable) sont en cours de déploiement. Un terminal *Starlink* est ainsi commercialisé en moyenne à 589 dollars – qui ne représente probablement pas le coût réel, estimé bien plus élevé compte tenu de la sophistication technologique des équipements – avec un abonnement mensuel pouvant atteindre 440 dollars pour les offres grand public. À titre de comparaison, un terminal *OneWeb* est proposé à un coût compris entre 3 000 et 10 000 dollars, auquel s'ajoute également un abonnement mensuel⁷³.

⁷³ Poirier, C. *Orbit of Dependence: Ukraine's Space Challenge, CSS Analyses in Security Policy*, no. 361 (Zurich: Center for Security Studies, ETH Zürich, May 2025).

Eutelsat travaille à la réduction du prix de ses terminaux utilisateurs ainsi qu'à l'augmentation des capacités de production de ses partenaires. Il lui reviendra toutefois de s'assurer que des terminaux spécifiquement adaptés aux exigences des opérations militaires modernes puissent être développés, sous réserve d'une demande suffisante, tant en matière de terminaux que de capacité LEO afférente. Par ailleurs, des solutions techniques d'obfuscation et de résistance au brouillage existent et pourraient être intégrées selon les besoins exprimés.

La mise en œuvre à grande échelle de ses solutions nécessite des investissements supplémentaires que *Eutelsat* ne saurait assumer en sus des engagements financiers déjà consentis pour assurer le maintien en condition opérationnelle et la modernisation de la constellation actuellement en orbite, ainsi que des engagements pris dans le cadre du projet IRIS². **Si la dépendance aux solutions américaines devait être corrigée ou diminuée à court terme, il apparaît indispensable qu'*Eutelsat* bénéficie d'un soutien public.**

Ce soutien pourrait prendre la forme d'une **prise en charge par la puissance publique française ou européenne d'une partie de ses investissements**, notamment ceux permettant de préfigurer IRIS². De façon complémentaire, des **achats de capacités LEO à *Eutelsat*** par la France, la Commission européenne ou les États membres pour des usages militaires ou gouvernementaux pourraient partiellement dérisquer le plan d'affaires d'*Eutelsat* et ainsi maximiser sa capacité à auto-financer les investissements requis. Ce changement de modèle correspond à celui mis en œuvre aux États-Unis depuis une quinzaine d'années avec une volonté délibérée de s'appuyer sur des acteurs commerciaux pour fournir de façon efficiente de la capacité à faible latence aux armées américaines. Les soutiens publics dont ont bénéficié *SpaceX* et *Starlink* ont très largement contribué à leurs succès actuels en crédibilisant un modèle d'affaires à partir duquel Elon Musk a été en mesure de lever d'importants financements.

Il est enfin à noter que la latence et la connectivité ne sont pas les seuls enjeux afférents aux communications pour le spatial de défense. Un autre enjeu réside par exemple dans le volume d'informations qu'il est possible de transmettre par le biais des satellites de communication. À l'heure actuelle, **aucune force armée au monde ne dispose de capacités patrimoniales parfaitement dimensionnées pour assurer l'ensemble des besoins en matière de transmission**. L'utilisation de services commerciaux pour compléter les capacités patrimoniales réservées aux usages les plus critiques doit permettre d'assurer de la façon la plus efficiente possible une meilleure adéquation entre offre et demande. La décision française de renoncer au lancement de son troisième satellite de télécommunications Syracuse 4C constitue *de facto* un renoncement capacitaire dont le caractère opportun ou non dépendra de la capacité à effectivement mettre en œuvre ce changement de paradigme qui est au cœur du projet IRIS².

L'enjeu du C4OS

À la croisée du spatial et des systèmes d'information et de communication (SIC), l'usage croissant de capacités patrimoniales et de constellations privées pour les communications impose d'aller au-delà de la simple question des terminaux. Toujours à l'aune de cette hybridation des communications, le paysage technologique actuel interroge plus largement la gestion intelligente des transmetteurs et l'intégration des réseaux, qui intéresse par exemple la bascule entre signaux, la connaissance des moyens disponibles.

Cet enjeu, qui s'intègre à la confluence du domaine spatial et des opérations de commandement, appelle à une intégration du milieu spatial et à une acculturation à ses logiques bien plus profonde, tant chez les spécialistes des communications par

satellites qu'après du commandement militaire. Elle ne relève en effet pas de capacité au sens propre, mais d'une condition de leur pleine appropriation par les utilisateurs finaux. Dans le scénario que nous décrivons, où le spatial poursuit sa diffusion vers des niveaux tactiques, par exemple au moyen de drones aériens ou navals, ou de robots terrestres qui reposent essentiellement sur le milieu spatial pour la transmission, alors son intégration ne pourra plus rester cantonnée aux seuls spécialistes du CDE. Le spatial doit devenir une culture commune, pleinement intégrée aux opérations et pensée comme telle.

*Les architectures de défense européennes,
fortement dépendantes du GPS*

Le GPS (*Global Positioning System*) est le premier système de GNSS (*Global Navigation Satellite System*) au monde, mis au point par les États-Unis en 1978 et pleinement opérationnel en 1995. Il remplit une fonction dite de PNT, (*Position-Navigation-Temps*), qui fournit une information de géopositionnement en temps réel, à condition de disposer d'un terminal récepteur conçu pour recevoir le signal.

Le GPS s'appuie sur plusieurs générations de satellites, et sa vocation première est militaire. Bill Clinton choisit toutefois de le déclarer d'utilité publique et civile en 1996, ouvrant la voie à une généralisation gratuite de ses services au reste du monde, ce qui contribue rapidement à sa diffusion dans l'ensemble du tissu économique, en particulier occidental. Ce partage s'effectue cependant selon le bon vouloir des autorités américaines, qui n'ont jamais garanti la continuité et l'intégrité du signal civil. Cette absence d'engagement formel a rapidement ouvert les yeux des Européens sur les risques induits par ce manque d'autonomie, à l'aune d'une dépendance croissante de leurs économies aux services de géolocalisation.

En ligne avec cette prise de conscience, la Commission européenne entame des réflexions pour se doter d'un système de positionnement alternatif, qui deviendra en 1999 le programme *Galileo*. La gestion technique du programme est déléguée à l'ESA, avec l'obligation de se conformer aux règles de l'Union européenne, excluant par là même la règle du juste retour. Depuis fin 2016, certains services de *Galileo* sont opérationnels, dont le service ouvert gratuit, qui offre une précision de positionnement instantanée d'environ 1,5 mètre, supérieure à celle du GPS américain (2,5 à 3 mètres pour les récepteurs bi-fréquences), du système russe GLONASS et du système chinois *Beidou*. Malgré plusieurs retards, notamment un lancement *Soyouz* ayant placé deux satellites sur une orbite incorrecte et des problèmes techniques liés aux horloges atomiques embarquées, 32 satellites *Galileo* ont été lancés à date, pour 27 opérationnels. Six satellites supplémentaires sont arrivés au bout de leur fabrication et ont complété leurs phases de test. Ils sont à l'heure actuelle en attente de lancement par Ariane 6.

Malgré ces quelques déboires, le programme *Galileo* demeure une véritable réussite et l'une des manifestations centrales des compétences techniques européennes en matière spatiale. S'il fallait une preuve de la crédibilité acquise par *Galileo*, on peut s'en remettre à l'intégration généralisée des puces de géolocalisation au sein des téléphones portables contemporains. En effet, la majorité des dispositifs commercialisés sur le marché sont équipés de puces dites *GPS + Galileo*, aptes à traiter simultanément les deux signaux. Selon l'EUSPA, plus de quatre milliards de smartphones compatibles avec *Galileo* ont été vendus à ce jour, et tous les nouveaux modèles commercialisés au sein du marché unique européen sont désormais équipés pour exploiter ses services.

La réussite civile du programme, cependant, ne doit pas occulter la prégnance des enjeux militaires en matière de positionnement. Sur les sujets de défense, le GPS a historiquement joué un rôle central, et offre aujourd'hui aux utilisateurs militaires un accès au *M-Code*, un signal crypté réservé aux applications nécessitant une haute précision

et une plus grande résistance aux interférences. L'accès à ce service est conventionné par des accords bilatéraux entre les États-Unis et certains États européens.

Les forces armées françaises, à l'instar d'autres armées européennes, ont largement intégré le GPS dans leurs opérations militaires pour des fonctions variées. À titre d'exemple, il était estimé qu'en 2016, deux tiers des munitions guidées tirées par les forces françaises utilisaient le GPS⁷⁴. Ce guidage par GPS est notamment intégré à certains systèmes d'armes produits par MBDA, notamment les modules de guidage de type AASM, fondamentaux dans l'architecture de défense française. L'Armée de Terre utilise également des récepteurs DGAR, uniquement en mesure de recevoir un signal GPS⁷⁵.

Toujours dans une logique d'émancipation du GPS, *Galileo* s'est accompagné d'un service PRS (*Public Regulated Service*), réservé aux usages gouvernementaux, supposé offrir aux forces armées des États européens une capacité de positionnement autonome. Ce service crypté a été conçu pour être plus robuste, intégrant des mécanismes anti-brouillage et une détection fiable des problèmes, assurant ainsi une continuité de service même dans des environnements hostiles. Dans son *draft paper*, l'Union européenne prévoit d'ailleurs de donner l'accès aux signaux PRS pour la navigation ukrainienne⁷⁶, un geste fort, alors même que cette question s'était trouvée au cœur de tensions avec les autorités britanniques lors des négociations du *Brexit*.

Le PRS, bien que signalant une prise de conscience des enjeux de résilience et de souveraineté, n'est pas encore massivement disponible et ne se trouve encore qu'au début de sa phase de déploiement. En

⁷⁴ Becht, O. Trompille, S. (2019, janvier). *Le secteur spatial de défense, Rapport d'information n° 1 574*.

⁷⁵ Saint-Martin, A. Vignon, C. *Assemblée nationale*. (2019). *Les satellites : applications militaires et stratégies industrielles, (Rapport d'information n° 1 425)*. Commission de la défense nationale et des forces armées.

⁷⁶ *European Commission and High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy. Joint White Paper for European Defence Readiness 2030. Brussels, March 19, 2025.*

l'état, les premiers récepteurs PRS ont été certifiés en mars 2025 par le truchement de *Leonardo*⁷⁷. **La généralisation du service supposera ainsi une intégration poussée au sein des différents systèmes, ce qui représente un effort non négligeable.**

En parallèle, il convient de rappeler que les systèmes d'armes intègrent souvent des sources PNT multiples (systèmes de navigation inertielle, imageurs, *datalinks*). Si la dépendance peut ainsi être envisagée comme critique pour certains usages, elle n'est pas totale. La plupart des missiles de croisière de fabrication européenne peuvent ainsi se reposer sur leur système inertiel en cas de brouillage GNSS. **Le PRS de Galileo renforce la résilience, mais n'offre pas une solution complète de remplacement aux solutions de secours.**

En plus d'une dépendance pour ces composants, se pose la question de la fiabilité du système *Galileo* pour des usages aussi critiques que les applications militaires, qui supposent bien sécurité et continuité des services. En 2014, Laurent Collet-Billon, ex délégué général pour l'Armement, avait exprimé des doutes sur la sécurité et la robustesse du PRS, estimant qu'il ne garantissait pas un niveau équivalent au code militaire GPS⁷⁸. De plus, des interruptions de service ont souligné des problèmes de fiabilité, avec des pannes affectant la disponibilité du système.

Une nouvelle fois, la guerre en Ukraine permet déjà un premier retour d'expérience. Elle a notamment illustré le danger de se reposer exclusivement sur le guidage GPS, en raison des nombreuses opérations d'interférence observées, reposant sur deux méthodes : le brouillage (*jamming*), qui vise à saturer le système GNSS, et l'usurpation (*spoofing*), qui consiste à tromper le système par l'émission de faux signaux. Ces deux méthodes ont très largement émaillé la conduite des opérations, en particulier côté russe, de façon à entraver l'action de certains

⁷⁷ *Leonardo's PRS Receiver Achieves First Certification for Defence and Emergencies Throughout Europe*, 26 mars 2025.

⁷⁸ *De Selding, P. (2014, 28 juillet). France uncertain about adopting Galileo's encrypted service, Space News.*

matériels occidentaux guidés par GPS (HIMARS, ATACMS, GLSDB, JDAM-ER, SCALP-EG / *Storm Shadow*, etc.).

En l'occurrence, les services GNSS sont particulièrement vulnérables à la guerre électronique car les signaux qu'ils émettent sont généralement plus faibles, et sur des bandes de fréquences plus basses, que les satellites de télécommunications⁷⁹. La vulnérabilité démontrée de ces systèmes en Ukraine doit conduire à envisager la résilience des services de positionnement et de guidage dans le cadre des opérations militaires au-delà des systèmes spatiaux, et invite donc à **continuer de travailler sur des systèmes de PNT complémentaires**, ce qui est déjà fait dans une très large mesure, mais doit être intensifié, en partie vers des technologies à faible maturité comme le quantique.

Vers des constellations multi-capteurs

L'approche de notre travail a consisté à traiter les différentes capacités sous forme silotée. En réalité, en sus du maintien d'un cœur patrimonial sur un certain nombre d'entre elles, l'avenir de ces capacités devrait sans doute résider dans le **développement d'une constellation multi-capteurs et multi-orbites**, combinant optique visible, hyperspectral, radar (SAR) capteurs radiofréquence (RF), et capteurs infrarouges pour l'alerte avancée, ainsi que des capacités d'IA embarquée pour assurer un traitement immédiat de la donnée.

Ce type de système permettrait de s'appuyer sur les avantages des constellations en orbite basse qui existent pour la communication : une altitude moyenne faible (de l'ordre de 500 à 800 km) et un grand nombre de satellites (bus) sur lesquels déployer des charges utiles, disposant de capacités de relais des données vers les stations terrestres.

⁷⁹ Radin, A., Holynska, K., Tretter, C., & Van Bibber T. (2025, mai). *Lessons from the war in Ukraine for space: Challenges and opportunities for future conflicts (Research Report)*. RAND Corporation.

Ce type de système permettrait non seulement une **augmentation significative de la persistance et du taux de revisite**, mais aussi un enrichissement inédit de la donnée spatiale, en croisant des **sources complémentaires**. Enfin, il offre des **garanties de résilience par la multiplicité et la redondance des infrastructures qui la composent**.

De telles architectures actent en réalité le basculement vers une logique au sein de laquelle la performance unitaire d'un satellite n'est plus érigée comme une priorité, au profit d'une **valorisation de la diversité et de la complémentarité des capteurs, afin de répondre à un éventail de besoins opérationnels, tactiques et stratégiques**. Il incarne une approche résolument moderne du spatial de défense, fondée sur la réactivité, la modularité et l'autonomie décisionnelle à bord. Cette approche peut être mise en œuvre sur des infrastructures purement militaires, comme c'est le cas dans le modèle américain PWSA (*Proliferated Warfighter Space Architecture*) ou sur les infrastructures *Starshield*⁸⁰ auxquelles sont adjointes des capacités d'imagerie optique. Il est également possible et probablement plus efficace d'envisager de mettre en œuvre cette approche sur des infrastructures mixtes en embarquant sur des charges utiles secondaires sur une constellation commerciale permettant en cela de mutualiser les lancements et le réseau sol, primordial pour récupérer les données collectées. Le projet de constellation mixte civile et militaire à capteurs multiples en orbite basse formulé par *Leonardo* en Italie témoigne de l'émergence progressive de ces architectures.

Le projet *Starshield* lui-même s'appuie en partie sur cette logique puisqu'il bénéficie et réutilise les technologies développées pour *Starlink*. IRIS² pourrait également en être une préfiguration avec le déploiement d'une couche polaire en orbite basse ayant la capacité d'embarquer des charges utiles secondaires en plus des 290 satellites MEO/LEO aujourd'hui prévus. D'autres acteurs du secteur privé européen se sont déjà saisis de cette logique, comme en témoigne le partenariat entre

⁸⁰ Constellation de satellites militaires américains développées par SpaceX et directement dérivée de Starlink.

*Helsing et Loft Orbital*⁸¹, qui ont annoncé en avril 2024 le déploiement de la première constellation européenne de satellites multi-capteurs à intelligence artificielle embarquée dédiée à la défense et à la sécurité.

Reste à déterminer les types d'imagerie à prioriser dans ce cadre : l'Europe, et en particulier la France, accuse un **retard critique sur la composante radar et sur l'intégration algorithmique des données issues de capteurs hétérogènes**, domaine dans lequel les technologies d'intelligence artificielle deviennent essentielles. Accélérer le développement d'une telle constellation permettrait non seulement de combler des lacunes capacitaires, mais aussi de franchir un palier stratégique en matière d'autonomie et de supériorité informationnelle.

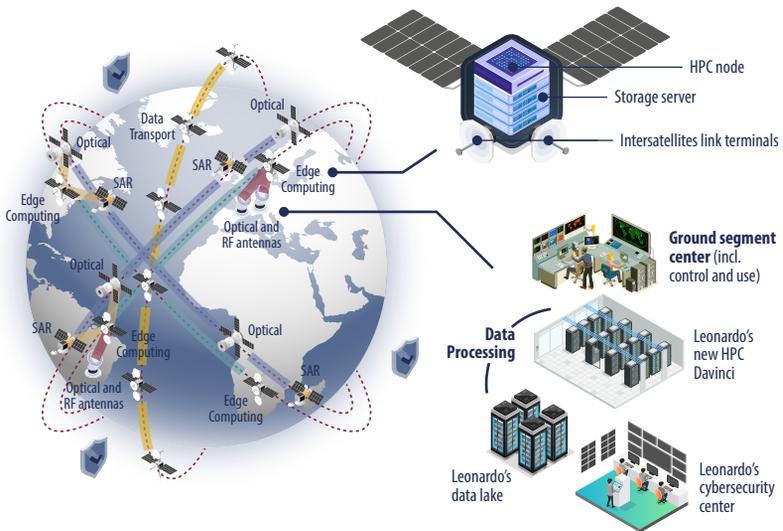
Une telle constellation viendrait se superposer aux efforts français effectués au niveau du cœur souverain, et concentrés sur une capacité optique et hyperspectrale et sur le projet IRIS² déjà engagé, dont la concrétisation demeure un enjeu critique pour l'Europe. Les constellations privées et les constellations hybrides (public, et public/privé) auraient vocation à agir de manière complémentaire, en fournissant les services souverains complétés par des acteurs privés et développant des activités commerciales, à l'image de *Galileo* et *Copernicus* aujourd'hui, sur d'autres segments.

D'ores et déjà, l'Union européenne a lancé le projet EOGS (*Earth Observation Governmental System*) dont la finalité serait de doter les États membres d'une capacité autonome de renseignement d'origine image. Les premières ébauches du projet ont abouti à une architecture en orbite basse composée de plus de 60 satellites, intégrant du multi-capteurs et des résolutions multiples pour à la fois répondre à des besoins de renseignement militaire tout en proposant des applications à visée commerciale, selon un modèle de partenariat public-privé (PPP).

⁸¹ *Helsing. (2024, 4 avril). Helsing et Loft Orbital s'associent pour déployer la première constellation européenne de satellites multi-capteurs à IA embarquée pour la défense et la sécurité, communiqué de presse.*

Le projet est actuellement dans sa phase de conception et s’apprête à entrer dans une seconde phase plus opérationnelle au cours du second semestre 2025, avec un segment initial du projet avant le MFF 2028-2034, puis un éventuel déploiement à pleine capacité pour le prochain cadre financier pluriannuel (MFF). L’objectif est de lancer un segment initial du projet en amont du prochain MFF, en mobilisant des financements intermédiaires, puis de déployer la pleine capacité grâce à un engagement renforcé lors du MFF suivant.

Graphique n° 16 • Le projet de constellation multi-capteurs de *Leonardo*



Source : *Leonardo: Technologies for a Safer Future, Industrial Plan 2025 Update (2025-2029).*

Recommandation n° 1

Faire du spatial un pilier opérationnel autonome de nos armées face aux menaces émergentes, en consolidant les moyens en matière d'observation, de communication, de navigation et d'alerte avancée dans une logique de réduction des dépendances stratégiques.

- 1.1.** En matière de capacités spatiales d'imagerie patrimoniale, qui répondent à un besoin central de renseignement, la France doit viser à la fois une **diversification des capteurs et un renforcement de la redondance orbitale, afin d'augmenter significativement le taux de revisite de ses outils**. Cela suppose notamment une densification des capteurs de très haute résolution (THR) du programme successeur de la composante spatiale optique actuelle (CSO).
- 1.2. Doter la France d'une capacité autonome d'alerte avancée**, afin de mieux maîtriser l'environnement stratégique dans un contexte de prolifération balistique et de menaces croissantes. L'alerte avancée étant la première brique de la défense antimissile balistique, elle permettrait par ailleurs de poser les bases d'une architecture européenne de protection collective, sur un socle français ou dans le cadre d'un partenariat franco-allemand. S'agissant des systèmes d'alerte avancée en orbite basse qui intéressent les capacités hypersoniques, nous proposons d'intégrer cette réflexion à l'échelle européenne dans le cadre d'un projet de constellation multi-capteurs en orbite basse (**Recommandation n° 2**).
- 1.3.** Notre dépendance à *Starlink* et les évolutions géopolitiques doivent conduire à reconsidérer très rapidement nos capacités de connectivité en orbite basse, en identifiant avec nos partenaires européens des solutions intermédiaires crédibles dans l'attente de la mise

en service de la constellation européenne IRIS² prévue à l'horizon 2030. Au vu des délais et des complexités européennes, s'appuyer sur *OneWeb*, opéré par *Eutelsat*, constitue aujourd'hui la seule alternative techniquement viable face aux opérateurs non-européens. Une stratégie efficace impliquerait un **soutien à cet acteur avec la mobilisation de fonds européens et d'une commande publique immédiate pour développer puis fortement accroître le nombre de terminaux disponibles, mais aussi par l'achat de capacités de connectivité par les États européens intéressés**. Au regard de l'actionnariat d'*Eutelsat*, un dialogue bilatéral avec le Royaume-Uni sur les efforts de soutien à *OneWeb* sera nécessaire.

1.4. La montée des intentions de nos voisins allemand et italien de créer des constellations nationales, basse et moyenne orbite, dédiées à la connectivité interroge le devenir d'IRIS². La mutualisation technologique, industrielle et financière qu'exige le déploiement d'une constellation à l'échelle européenne à même de servir le volume des armées européennes face à une guerre de haute intensité nous paraît donc indispensable. **Un sommet dédié doit être réuni en urgence par la France afin de garantir le déploiement du programme IRIS² et d'en clarifier la gouvernance politique et industrielle**, en s'assurant du soutien italien et allemand et de l'engagement réel des acteurs industriels.

1.5. Accélérer la montée en puissance opérationnelle du service PRS de Galileo afin de réduire, à moyen terme, la dépendance des systèmes d'armes européens aux signaux GPS américains. Cette accélération doit passer par une campagne coordonnée de généralisation du PRS, un signal renforcé à usage gouvernemental, visant à le rendre pleinement disponible et utilisable par les forces armées. Elle implique le renforcement immédiat des capacités industrielles pour la production de récepteurs PRS certifiés et des infrastructures de distribution de clés souveraines pour l'équipement des plateformes militaires (munitions, drones, systèmes de

commandement). En complément, l'Europe doit continuer d'investir dans des solutions de positionnement terrestres résilientes, incluant la navigation inertielle de haute précision, l'usage de signaux d'opportunité et le développement de technologies quantiques encore à faible maturité, afin d'assurer une redondance efficace aux infrastructures spatiales et une continuité des capacités PNT.

Recommandation n° 2

Faire émerger une constellation européenne multi-capteurs en mesure de conjuguer la diversité des besoins des armées européennes et d'assurer une forme de résilience dans un milieu spatial toujours plus contesté. Elle permettrait enfin de doter l'Europe d'un système souverain, accessible également aux États ne disposant pas de moyens patrimoniaux, et de renforcer l'autonomie stratégique de l'Union dans le domaine spatial.

En sus du bon déploiement d'IRIS² à l'horizon 2030, il apparaît opportun **d'élargir l'ambition européenne à une constellation multi-capteurs en orbite basse, intégrant aux capacités de connectivité des fonctions critiques en matière de renseignement d'origine image, d'alerte avancée, de positionnement (PNT), voire de surveillance de l'espace.** Tous les besoins provoqués par les nouvelles menaces – réactivité, diversification des capteurs, résilience, fusion et traitement algorithmiques des données par intelligence artificielle – trouvent une réponse pertinente dans des architectures en orbite basse, reposant sur un grand nombre de satellites dotés de capteurs complémentaires.

Cette extension, que l'on pourrait désigner comme une forme d'IRIS³, reposerait sur une seconde génération de satellites européens multi-capteurs. Il s'agirait ainsi de tirer pleinement parti des avantages structurels des constellations en orbite basse qui permettent une **fréquence de revisite élevée, une couverture étendue, la modularité des charges utiles**.

La France, avec ses partenaires européens et en lien avec les industriels pertinents, pourrait dès à présent engager une réflexion commune pour définir ses priorités capacitaires dans ce domaine, et prendre des décisions structurantes d'investissement dans le cadre du prochain MFF (2028-2034). Une première étape très concrète pourrait résider dans un engagement politique et budgétaire résolu des États membres en faveur d'EOGS, projet de constellation d'observation multi-capteurs européen en orbite basse, afin d'en garantir le financement ambitieux dans le cadre du prochain MFF.

Priorité n° 2
Garantir la sécurité et la résilience
des infrastructures spatiales

*Contexte général sur l'évolution
des menaces spatiales*

À mesure que les infrastructures spatiales se multiplient et deviennent centrales dans la panoplie capacitaire d'un État, leur protection s'avance comme un impératif stratégique. La multiplication des objets en orbite, l'incertitude quant à leur finalité véritable, l'hybridation grandissante des équipements et des usages, ainsi que le passage d'une capacité essentiellement tournée vers le renseignement à une dimension potentiellement létale interrogent directement la stratégie politico-militaire de la France et appellent à de nécessaires ajustements.

Les satellites sont désormais des actifs, et donc des cibles stratégiques, autant en période de conflit qu'en temps de paix ou de tension. Les actes hostiles pouvant les viser sont multiples, allant du brouillage et de l'espionnage jusqu'au déni d'accès, aux cyberattaques, voire aux dégradations physiques et cinétiques. Ce nouveau champ de risques impose donc d'abord de repenser la résilience des systèmes, notamment par des dispositifs anti-brouillage, une robustesse renforcée contre les cyberattaques, des capacités manœuvrantes ou un durcissement des plateformes orbitales. Enfin, une plus grande résilience suppose une redondance plus marquée des plateformes orbitales, tant pour anticiper les menaces que pour garantir une reconstitution rapide des capacités en cas d'attaque ou de dommage subi.

La protection des infrastructures orbitales doit également s'envisager à l'aune des risques accidentels liés à l'environnement spatial, à commencer par les phénomènes de météorologie spatiale, notamment les tempêtes solaires, susceptibles d'altérer gravement leur

fonctionnement. De la même façon, les débris constituent une menace croissante pour l'intégrité physique des satellites (cf. *supra*) et imposent de repenser les standards de sûreté et de mitigation des risques.

Cependant, l'efficacité de ces mesures de protection et de mitigation repose avant tout sur une connaissance fine et permanente de l'environnement spatial. La connaissance de la situation spatiale (*Space Situational Awareness*) répond à un certain nombre de ces impératifs, et permet de surveiller, de détecter et parfois de caractériser les menaces. Selon les besoins, elle offre ainsi la possibilité aux opérateurs de satellites, d'anticiper, de se protéger et, le cas échéant, de se doter des moyens de riposte dans une logique dissuasive dont la France maîtrise la grammaire sur Terre.

*La France à l'heure
du renversement doctrinal*

La perspective de voir le spatial devenir un champ de bataille à part entière a déclenché une profonde vague transformative au sein des grandes puissances spatiales. Ce mouvement a débuté par la décision très médiatisée du président Donald Trump de créer une sixième branche des forces armées américaines : la *Space Force*. En France, cette prise de conscience s'est matérialisée au sein de la Revue nationale stratégique de 2017.

Avant cette date, les documents stratégiques français se contentaient généralement d'évoquer des pesanteurs bien connues, témoignant d'une attention lacunaire portée au spatial au-delà de sa dimension tactique. La Revue nationale stratégique de 2017 marque ainsi une inflexion, reconnaissant explicitement la possibilité qu'un conflit futur puisse se dérouler *in situ*, et formulant en réponse le besoin pour la France de disposer de moyens adéquats.

Pour la première fois, la France dépasse le paradigme qui organisait son spatial de défense autour de trois capacités historiques : l'observation, les télécommunications et la navigation. Les réflexions qui font suite au souhait énoncé par le Président de la République en 2018 aboutissent rapidement à un consensus quant au besoin de se doter de moyens de défense active dans l'espace. Le franchissement de cette étape dans la posture et le discours des armées est alors perçu comme une réponse adéquate à la croissance des menaces, tout en demeurant cohérente avec le droit international et les engagements multilatéraux de la France.

En 2019, la première stratégie spatiale de défense énonce plusieurs priorités. Elle permet la création d'un commandement interarmées, le Commandement de l'Espace (CDE), faisant de la France la seconde nation occidentale après les États-Unis à se doter d'une pareille structure. Le CDE n'est pas complètement indépendant, comme l'est théoriquement la *Space Force*, mais rattaché à l'Armée de l'air, renommée Armée de l'air et de l'espace (AAE) pour l'occasion. Placée sous la double tutelle opérationnelle du chef d'État-major des armées pour le volet opérationnel et du chef d'État-major de l'AAE pour le volet organique, le CDE se compose de personnel venu de toutes les branches, comme pour mieux signaler le caractère transversal du spatial en matière de défense.

La feuille de route actuelle du CDE reflète ainsi l'évolution des menaces spatiales en fixant deux priorités majeures dans la loi de programmation militaire 2024-2030 : le **renforcement des capacités nationales de surveillance de l'environnement orbital et de poursuite spatiale grâce** à des systèmes au sol comme GRAVES, SATAM ou les télescopes TAROT, et le développement d'**initiatives autonomes de recherche**, en particulier les démonstrateurs YODA, directement opérés par les forces armées, rompant ainsi avec la tradition historique de délégation au CNES.

*Poser les bases d'une autonomie
en matière de surveillance de l'espace*

La surveillance de l'espace est une capacité stratégique essentielle : elle permet d'identifier les menaces, d'en déterminer l'origine et, le cas échéant, d'y répondre. Elle joue également un rôle clé dans la détection des débris et la prévention des collisions, enjeux de plus en plus critiques à mesure que certaines orbites se saturent (cf. *supra*). La notion de surveillance de l'espace recouvre essentiellement trois dimensions⁸² et peut être conduite depuis l'espace ou depuis la surface terrestre. On parle de segment sol, et de segment espace, chacun présentant des avantages et des limites.

**Tableau n° 7 • Les trois dimensions
de la surveillance de l'espace**

Notion	Finalité principale	Contenu
SST (<i>Space Surveillance and Tracking</i>)	Garantir la sécurité des opérations orbitales par une surveillance technique rigoureuse.	Détection, suivi, catalogage et prédiction des trajectoires d'objets spatiaux à l'aide de capteurs terrestres ou spatiaux.
SSA (<i>Space Situational Awareness</i>)	Offrir une vision élargie et intégrée de l'environnement spatial afin d'anticiper les menaces naturelles et anthropiques.	Intègre la SST, la surveillance des débris, la météorologie spatiale, les réentrées atmosphériques et les phénomènes de fragmentation.
SDA (<i>Space Domain Awareness</i>)	Permettre une appréciation autonome et stratégique de la situation spatiale en cas de menace ou de conflit.	Analyse comportementale des satellites adverses, attribution d'intentionnalité, veille tactique et appui à la posture de défense spatiale active.

⁸² Blanc, T. (2020). *La surveillance de l'espace : état des lieux et perspectives*, *Revue de défense nationale* n° 835.

Tableau n° 8 • Les deux segments concourant à la surveillance de l'espace

Segment sol	Segment espace
<ul style="list-style-type: none"> • Composé de radars ou de télescopes, et peuvent être complétées par des lasers ou des capteurs de signaux radiofréquence⁸³. • Ces capacités présentent l'avantage d'être peu onéreuses, facilement duplicables, et facilement réparables en cas de dommages ou d'interruption des services. • Elles sont cependant limitées par la couverture géographique, la météo pour les télescopes, et par la capacité à détecter certains objets en orbite haute, en particulier en orbite géostationnaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les satellites d'observation <i>in situ</i> peuvent détecter des approches rapprochées, des changements de comportement orbital, et permettent surtout une observation et une caractérisation plus fine des objets ou des débris en orbite. • Ses performances sont en principe, invariables, car indépendantes des conditions terrestres. • Les moyens du segment espace sont bien plus onéreux et complexes.

La France dispose aujourd'hui d'un ensemble de capacités régaliennes en matière de surveillance de l'espace, couvrant à la fois l'orbite basse et l'orbite géostationnaire. Sur le segment sol, ces capacités reposent notamment sur le système GRAVES (*Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale*), un réseau de radars bistatiques développé par l'ONERA pour le compte des armées françaises, permettant la détection radar d'objets en orbite. À cela s'ajoutent les radars de trajectographie SATAM, ainsi que des dispositifs contractuels comme *Helix* (anciennement *GEOTracker*) ou *Aldoria* qui fournissent de la veille et du suivi optique, ainsi que WETRACK, qui propose une géolocalisation par radiofréquence⁸⁴. Le CNES enfin, contribue à tous ces efforts par l'exploitation des télescopes TAROT (*Télescope à action rapide pour les objets transitoires*). Ces systèmes sont consolidés par les moyens du Commandement de l'Espace, chargé de centraliser les données issues de multiples capteurs, y compris dans le cadre de coopérations européennes.

⁸³ Steinger, P. (2024, juin). *Révolutions spatiales : De von Braun à Elon Musk, L'archipel*, pp. 55-56.

⁸⁴ *Ibid.* pp. 128-130.

Le système GRAVES constitue la pièce maitresse du dispositif français et confère à la France une capacité en matière de surveillance de l'espace unique en Europe. Il a notamment permis de révéler et caractériser certains objets secrets mis en orbite par les États-Unis, ouvrant la voie à une coopération bilatérale approfondie entre les deux puissances, notamment contre la promesse française de conserver certaines données confidentielles. Toutefois, malgré son utilité indéniable, GRAVES présente des limites notables qui en font une capacité incomplète :

1. D'une part, le système ne couvre que les objets en orbite basse, laissant un angle mort sur les satellites positionnés en orbite moyenne ou géostationnaire, où se situent pourtant des infrastructures critiques françaises comme les satellites de télécommunications militaires (Syracuse). Certaines orbites basses, notamment celles présentant une faible inclinaison, échappent également à la couverture de ce capteur unique.
2. Le système est limité dans la taille minimale de détection. En l'état, et autant que l'on sache, GRAVES ne détecte pas les objets inférieurs à 80 centimètres. Si l'on peut rester prudent sur un tel chiffre, on sait néanmoins que la précision du système n'est pas centimétrique, disqualifiant de fait la possibilité d'observer et de suivre des centaines de milliers d'objets, notamment des débris.
3. D'autre part, GRAVES est un système actif de veille continue, initialement conçu pour détecter des objets en orbite et corréliser leurs trajectoires. Cependant, il ne permet ni leur caractérisation fine ni l'identification précise de leurs intentions au-delà d'indicateurs sommaires comme leur trajectoire et leur section efficace radar. Il ne peut donc pas assurer de façon autonome une alerte avancée en cas d'action hostile (approche suspecte, brouillage, destruction d'un satellite, etc.).

4. Il s'agit pour l'heure d'un module unique, ce qui limite ses capacités de suivi de l'observation, et ne répond pas à un objectif de résilience. Il est ainsi possible de perdre la trace de certains objets pendant plusieurs dizaines d'heures.

Le système GRAVES est actuellement en cours de modernisation de façon à élargir sa capacité de détection et à améliorer sa précision, et devrait être remplacé par un nouveau système *Aurore* avec une mise en service prévue vers 2030. La modernisation en cours devrait permettre une augmentation certes **substantielle**, mais toujours **insuffisante**, d'environ 50 % des objets étudiés⁸⁵. Un rapport de l'Assemblée nationale soulignait déjà en 2019 la pertinence d'envisager la redondance du système en profitant des territoires ultramarins français, notamment de la Guyane, qui pourrait offrir un angle d'observation particulièrement intéressant pour les satellites ayant une faible inclinaison sur l'équateur⁸⁶.

La notion de redondance s'incarne de la même façon pour les systèmes en orbite, qui demeurent, si l'on regarde seulement les capacités patriotiques françaises, faibles en nombre, ce qui induit mécaniquement une valeur unitaire plus importante pour chaque satellite. L'intégration de moyens supplémentaires en matière de spatial de défense ne pourra ainsi se départir d'une approche plus agile en la matière, avec des **systèmes plus nombreux, davantage homogénéisés**. Une telle approche légitime au demeurant l'objectif de disposer d'une **constellation multi-capteurs en orbite basse**, comme avancé dans la **Recommandation n° 2** (cf. *supra*).

En orbite géostationnaire, la France n'est pas entièrement dépourvue de solutions et dispose de quelques capacités, principalement articulées autour du réseau de télescopes TAROT et du service *Helix* d'*ArianeGroup*.

⁸⁵ Tourneux, X. (2018, septembre). *Conflictualité dans l'Espace : enjeux et perspectives pour la France*, Cahier de la Revue Défense Nationale, n° 70, pp. 67-83.

⁸⁶ Becht, O. Trompille, S. (2019, janvier). *Le secteur spatial de défense, Rapport d'information n° 1 574*, pp. 124-125.

Ces deux solutions permettent une vue sur une partie importante de l'orbite géostationnaire, mais ne permettent toujours pas, à ce stade, la caractérisation fine ni l'attribution des actes dans l'espace.

Parallèlement, la surveillance de l'espace voit nettement son centre de gravité se déplacer vers la sphère commerciale. On y compte notamment de grands *primes* historiques (cf. *supra*), mais également des start-up émergentes telles qu'*Aldoria* ou *LookUp Space*, qui investissent également dans ce champ stratégique, en développant respectivement des solutions fondées sur des télescopes, des radars ou des satellites. Ces acteurs privés viennent compléter, et parfois même surpasser, les capacités de l'État dans certains domaines.

Enfin, les capacités françaises sont complétées par le radar allemand TIRA (*Tracking and Imaging Radar*), qui fournit des images précises des objets détectés. D'autres télescopes optiques, notamment ceux opérés par l'AAE viennent renforcer cette surveillance au sol. Enfin, il existe le programme européen EU-SST (*EU Space Surveillance and Tracking*), consortium européen dont l'objectif est de mutualiser les capacités de surveillance dans l'espace. En l'espèce, les capacités européennes d'EU-SST reposent sur un réseau de capteurs nationaux, incluant les radars GRAVES (France) et TIRA (Allemagne), ainsi que plusieurs télescopes optiques italiens et espagnols. L'Espagne contribue également avec un ou deux radars S3TSR, tandis que l'Italie mobilise ses propres moyens, notamment BIRALES et Croce del Nord. **Ces capacités ne permettent guère de cataloguer davantage que 20 % des objets de 10 centimètres en orbite basse, et 40 %, pour les objets de taille égale ou supérieure à 35 centimètres sur les orbites moyennes et géostationnaires.** Depuis novembre 2024, l'EU-SST achète également des données commerciales, ce qui a permis d'améliorer la couverture orbitale et la capacité de suivi.

Ces deux lacunes empêchent la France d'avoir une vision complète et proactive des activités spatiales adverses, pourtant un besoin critique à mesure que l'espace s'arsenalise. Par ailleurs, la **SSA se conçoit comme un levier diplomatique majeur, dans la mesure où il n'existe pas d'instrument légal international contraignant en cas de conflit dans l'espace**⁸⁷.

Malgré l'EU-SST et ses capacités propres, la France demeure donc largement dépendante des capacités américaines, tant pour l'acquisition de données que pour l'évaluation des menaces potentielles.

Le *Space Surveillance Network* (SSN) américain, placé sous l'autorité de l'*United States Space Command* (USSPACECOM), constitue aujourd'hui le système de surveillance spatiale le plus avancé au monde. S'appuyant sur un réseau de 26 capteurs terrestres, comprenant des radars de pointe comme le SSPARS et des télescopes optiques comme le GEODSS, répartis stratégiquement aux États-Unis, en Australie, à Hawaï et à Diego Garcia. Le SSN assure le suivi précis de plus de 45 000 objets, y compris des débris de 10 cm en orbite basse (LEO) et de 50 cm en orbite géostationnaire (GEO). Il s'appuie sur des radars comme l'AN/FPS-132 (radar UHF à balayage électronique), et en partie sur le nouveau *Space Fence*, un radar *S-band* capable de suivre jusqu'à 200 000 objets dont une majorité de taille inférieure à 10 cm, opérationnel depuis 2020.

La France et l'EU-SST s'appuient sur les données du *Space-Track* pour compléter leurs propres observations, car GRAVES et les capteurs européens ne couvrent pas toutes les orbites ni tous les objets. En l'état, une majorité des informations utilisées par EU-SST proviennent indirectement des États-Unis. Mais, à l'image des réalités que nous avons décrites plus haut pour ce qui relève de l'alerte avancée, **les États-Unis conservent une absolue maîtrise quant aux éléments qu'ils ouvrent au grand public et donc aux acteurs européens**. Logiquement, ils en

⁸⁷ Sainjon, B. (2022, juin). *Les technologies aérospatiales comme marqueurs de puissance des États*, *Revue Défense Nationale* n° 851, pp. 49-56.

excluent les identifications les plus sensibles, celles concernant leurs propres objets, mais également des objets étrangers pouvant renseigner sur l'étendue de leurs propres capacités. Le catalogue *Space-Track* est ainsi une version filtrée, ne comprenant aucun élément pouvant directement affecter la sécurité nationale américaine.

Au-delà des enjeux capacitaires liés à la couverture orbitale par les capteurs européens, la dépendance se décline également au niveau des **capacités de commandement et de contrôle (C2) et de fusion des données multi-capteurs**, critique pour les besoins d'attribution et de caractérisation des événements spatiaux. Précisément, le réseau actuel, qui souffre d'un manque de coordination entre les opérateurs et les autorités compétentes, ne permet pas de corrélérer efficacement les lancements terrestres avec les objets ensuite observés en orbite.

*Space Domain Awereness : une dimension
encore hypothétique pour la France et l'Europe*

Les capacités de surveillance *in situ* relèvent de solutions plus récentes et, par voie de conséquence, de technologies bien plus avancées. Elles reposent sur des satellites et des capteurs spécifiquement conçus pour observer l'espace depuis l'espace. Elles offrent, comme l'on pouvait s'y attendre, un degré de précision plus important, tant en matière d'identification et d'attribution des objets spatiaux qu'en détection d'éléments de plus petite taille. Seuls la Chine, la Russie, et les États-Unis, comptent à l'heure actuelle des flottes de ces petits satellites patrouilleurs-guetteurs. En la matière, les États-Unis déploient des satellites dédiés à la surveillance. On compte par exemple :

- Les GSSAP (*Geosynchronous Space Situational Awareness Program*), lancés en 2014 et 2016, qui surveillent les objets en orbite géostationnaire avec une capacité d'imagerie et de détection active.
- Le programme SBSS (*Space-Based Space Surveillance*) qui utilise des

satellites comme SBSS-1 (lancé en 2010) pour suivre les objets en LEO depuis l'espace, et permettent une moindre dépendance aux capteurs au sol.

La France et l'Europe ne disposent pas de capacités de surveillance dans l'espace ou de plateformes satellitaires spécifiquement conçues pour la surveillance de l'espace. Des programmes comme *Galileo* et *Copernicus* dépendent de la surveillance externe pour leur protection, et ne contribuent pas directement à la SSA. Des projets comme le satellite TARANIS – lancé en 2020, mais perdu après un échec – ont témoigné d'un intérêt porté à la météorologie spatiale, sans que cet intérêt n'aille jusqu'au suivi des objets dans l'espace. Ces capacités dans l'espace ne sont pas substituables par des moyens au sol et sont les seules en mesure de permettre une attribution précise des menaces. En 2017, la tentative d'espionnage du satellite franco-italien *Athena-Fidus* par un satellite russe (*Louch-Olymp*), révélée publiquement, avait mis ces questions au centre du débat. Cette insuffisance a ouvert la voie à deux programmes particulièrement ambitieux côté français :

- Le programme YODA, qui prévoit le déploiement de **deux démonstrateurs de nano-satellites patrouilleurs capables d'assurer une veille active en orbite géostationnaire**. Ces démonstrateurs ont toutefois pris un retard dans leur déploiement, notamment en raison de l'absence momentanée d'accès européen à l'espace (cf. *supra*).
- Le programme TOUTATIS, quant à lui, vise à doter la France d'un **capteur optique agile destiné à renforcer ses capacités de détection et d'attribution dans l'espace proche**. Ce système, qui devrait être mis en orbite d'ici la fin de la décennie, permettra un suivi fin, à haute cadence, des objets spatiaux, et constituera un outil de renseignement crucial en orbite basse comme en orbite géostationnaire.

Ensemble, ces deux capacités doivent préfigurer le programme EGIDE, dont le nom évoque de façon à peine voilée le bouclier d'invulnérabilité des dieux, à l'horizon 2030. Il porte l'ambition de permettre à la France de bâtir une architecture de connaissance de la situation spatiale à la fois autonome, robuste et réactive. **En creux, il s'agit là de donner à la France une capacité dissuasive dans le milieu spatial dont elle maîtrise la grammaire sur Terre.**

Malgré ces projets, il convient de rappeler que, s'agissant du segment espace, un développement capacitaire est plus complexe. Il suppose à la fois des **compétences techniques** et un **volume d'investissement conséquent**. En tout état de cause, nous estimons que le développement d'une telle capacité doit s'appuyer **prioritairement sur un volet national pour la maîtrise fondamentale des briques technologiques**, essentiellement autour du programme EGIDE.

Plusieurs voix auditionnées ont pu signaler la pertinence d'ouvrir une réflexion à l'échelle européenne sur la création d'une constellation spécifiquement conçue pour la surveillance *in situ*, à l'image des programmes américains GSSAP ou SBSS, en avançant les convergences évidentes avec le programme de surveillance de l'environnement *Copernicus*, selon une double continuité technologique et politique.

Sans contester la validité d'une telle réflexion, une approche plus pragmatique nous paraît souhaitable, au regard du coût très important d'un tel programme et des contraintes techniques, politiques et industrielles qu'il pourrait faire peser sur d'autres priorités. **Elle pourrait en outre s'appuyer sur des projets de mitigation des débris dont les finalités opérationnelles et la technologie rejoignent, pour partie d'entre elles, les capacités de défense active.**

Enfin, la poursuite d'une autonomie relative ne doit pas faire perdre de vue l'importance et la criticité des logiques de coopération. Les États-Unis demeurent à ce titre un partenaire de confiance et de premier plan

en matière de surveillance de l'espace, avec lequel la France entretient des liens historiques et privilégiés, ce dont la dernière conférence de *Colorado Springs* a du reste pu témoigner, puisque la France a été la seule nation explicitement désignée comme un partenaire de confiance.

Cette coopération s'avance comme d'autant plus nécessaire que les intérêts de toutes les puissances spatiales convergent vers la durabilité du domaine spatial, et qu'aucune ne peut assurer seule une gestion du trafic.

La France gagnerait ici à défendre une réglementation internationale adaptée en matière de SST, au bénéfice de l'ensemble des acteurs. Toutefois, sur ce sujet comme sur d'autres, la capacité prescriptrice d'un État, et sa faculté à peser dans les négociations procèdent avant tout de la **crédibilité de ses moyens souverains**, ce qui plaide encore davantage pour des efforts soutenus au niveau français et européen.

Il convient également de noter que la protection des moyens en orbite ne peut s'exonérer de mesures de protection contre les cyberattaques. La cyberattaque ayant visé le satellite ukrainien KA-SAT (cf. *supra*) illustre que c'est d'abord la donnée qui constitue la cible des intentions hostiles. Si des moyens cinétiques existent pour la neutraliser, elle peut également l'être par le truchement du cyber, touchant aussi bien les segments sol que les segments espace. Tout comme sur Terre, le seuil d'acceptabilité sans doute plus élevé pour ce type d'actions, ainsi que la difficulté d'attribution, les rendent probablement encore plus menaçantes que d'autres formes d'agression, et doivent être, en tout état de cause, pleinement intégrées à la réflexion de défense.

Recommandation n° 3

Garantir la sécurité, la résilience et la disponibilité des infrastructures spatiales en poursuivant un objectif d'autonomie en matière de surveillance de l'espace, véritable clé de voûte de la souveraineté dans le domaine spatial, tout en améliorant la capacité d'identifier, d'attribuer et de dissuader des actes hostiles.

- 3.1.** La surveillance de l'espace commence d'abord par une chaîne de commandement et de contrôle (C2) au sol qui soit adaptée aux besoins futurs. Il convient donc d'envisager la **mise en place d'une architecture C2 patrimoniale qui permette d'évoluer de façon incrémentale et interopérable avec l'ensemble des acteurs et des services.**
- 3.2.** En matière de capacité propre de surveillance, la France doit viser une réduction de la dépendance qu'elle entretient au *Space Surveillance Network* (SSN) américain. À cette fin, il convient de poursuivre une diversification des capteurs qui permettent de cartographier la situation spatiale, ce qui implique de disposer de radars, télescopes, et capteurs radiofréquences. En particulier, il faut songer à **renforcer les capacités nationales patrimoniales de SSA, en particulier sur le segment sol**, en prévoyant le déploiement et la redondance du successeur de GRAVES (Aurore), à la fois en métropole et sur un territoire ultramarin, idéalement en Guyane, afin d'en accroître la résilience et les capacités d'observation. Un maillage de capteurs complémentaires dans les territoires ultramarins pourrait être envisagé.

- 3.3.** Si la poursuite des efforts sur le segment sol demeure souhaitable, il convient néanmoins de préciser que la nouvelle génération du système GRAVES n'épuise pas à elle seule les besoins opérationnels à venir. Dès lors, des **solutions complémentaires sur le segment espace** doivent être envisagées en complément de l'effort national. Cette stratégie suppose d'abord de se donner les moyens de garantir une opérationnalité du programme EGIDE dès 2030, en dépit des retards rencontrés par les démonstrateurs YODA et TOUTATIS, de façon à préserver un noyau souverain sur ce segment critique et à développer les compétences techniques de manœuvrabilité, indispensables à la mise en œuvre de moyens d'action plus pérennes en orbite. En parallèle, il convient de privilégier une approche pragmatique en matière d'acquisition de données complémentaires, notamment par l'achat de services et de données à des fournisseurs externes lorsque cela est pertinent.
- 3.4.** La France doit désormais s'attacher à **clarifier et à structurer une commande publique dédiée à la surveillance de l'espace, afin de soutenir durablement le développement des capacités offertes par le secteur privé**. Plusieurs acteurs industriels et *start-ups* proposent déjà des réseaux de capteurs et des services innovants ; toutefois, en l'absence d'une commande publique suffisamment importante et clairement organisée, ce marché peine à devenir viable. L'État doit donc s'engager à long terme, en garantissant des volumes de commandes publiques adaptés, tout en maintenant des exigences fortes en matière de tenue des délais, de coûts, et de qualité des prestations fournies
- 3.5.** L'intégration croissante de données commerciales au sein du système EU-SST marque une évolution majeure, dépassant le simple cadre intergouvernemental pour amorcer une logique pleinement européenne. Cette dynamique doit être poursuivie par la **consolidation d'EU-SST comme programme spatial à part entière de l'Union européenne sous contrôle étroit des États membres**

et en collaboration avec les autorités nationale. Une telle intégration permettrait de franchir un nouveau seuil, en consacrant l'EU-SST comme un programme flagship de la politique spatiale européenne, à la hauteur des enjeux de sécurité orbitale et d'autonomie stratégique.

Priorité n° 3 **Consolider les solutions européennes** **d'accès à l'espace**

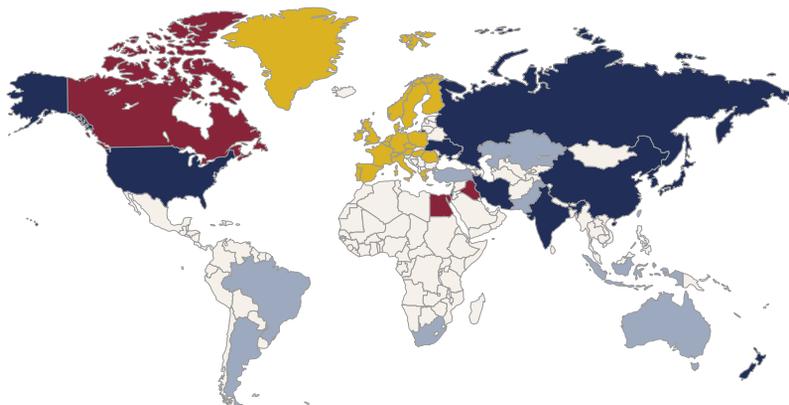
*L'accès à l'espace comme
condition stratégique*

La liberté d'accès à l'espace est un préalable à toute stratégie spatiale⁸⁸. Tous les usages que nous avons listés dépendent ainsi et avant tout des lanceurs. Parfois désignés sous le vocable de *fusées* par le grand public, les lanceurs se propulsent et s'arrachent à l'attraction terrestre, et permettent de placer les satellites en orbite ou de lancer des missions d'exploration humaine et scientifique. Les lanceurs ne composent pas la majorité de l'économie spatiale, mais conditionnent donc *l'accès à l'espace*, à savoir la capacité à placer des charges utiles en orbite. Il faut du reste disposer d'un pas de tir, c'est-à-dire une infrastructure dédiée au lancement des fusées, comprenant une aire de préparation, une table de lancement, des systèmes de ravitaillement, de guidage et de sécurité, afin de parfaire et de compléter cet accès à l'espace.

En cela, l'accès à l'espace est un paramètre de souveraineté fondamental et un élément clé de la puissance d'un État, dont l'écrasante majorité ne dispose d'ailleurs pas. Il est ainsi tout à fait possible de développer des satellites d'observation, à des fins de renseignement par exemple, mais de devoir faire appel à un tiers pour les placer en orbite, ce qui ne constitue donc qu'une souveraineté partielle. À la date de novembre 2021, dix pays ainsi qu'une organisation intergouvernementale, l'ESA, disposent d'une capacité de lancement orbital.

⁸⁸ Steining, P. (2019). *Dix propositions à considérer pour une stratégie spatiale de défense*, Salon du Bourget 2019.

Graphique n° 17 • Capacités à lancer un satellite à l'échelle mondiale



- Pays capable d'un lancement de satellite
- Membres de l'organisation intergouvernementale ESA, qui a lancé des satellites
- Lancement de satellites en développement ou prévu
- Lancement de satellites sans succès et abandonné

Ariane 6 : un lanceur stratégique et critique pour les besoins souverains de l'Europe

Ariane 6 a été conçue comme le successeur d'Ariane 5, un lanceur historiquement fiable, mais faiblement adapté aux mutations du paysage spatial, tant selon des déterminants financiers que de flexibilité. La décision de concevoir un nouveau lanceur est entérinée en 2014 à l'occasion de la conférence ministérielle de l'ESA. Son développement a connu de nombreuses difficultés, en particulier au niveau **politique**, qui a vu s'affronter Français, Italiens, et Allemands sur l'architecture du lanceur, notamment au niveau de la propulsion. Prévu initialement pour 2020,

le vol inaugural d'Ariane 6 est reporté à plusieurs reprises et n'intervient finalement qu'au milieu de l'année 2024. Ce retard, imputable à de multiples causes, a participé à plein à la crise des lanceurs européens (cf. *supra*). Elle a par exemple décalé le lancement de CSO-3 pendant plusieurs années, occasionnant un important trou capacitaire.

L'annonce d'Ariane 6 a présenté le lanceur comme une infrastructure modulaire, capable de desservir toutes les orbites, et proposant une baisse des coûts notable par rapport à ses prédécesseurs.

Toutefois, la baisse de demande consécutive au déclin du marché géostationnaire (cf. *supra*) n'a pas été anticipée, tout comme l'arrivée de Falcon 9, avec son modèle compétitif intégré décrit précédemment, et qui a absorbé l'essentiel du marché commercial. Encadré strictement par les règles de la coopération de l'ESA et devant supporter une structure de coûts fixes sous-optimale, le lanceur Ariane 6 devra désormais bénéficier du soutien public à l'exploitation de 340 M€ décidé par les États participant à Séville pour équilibrer son exploitation dans la durée. La France, historiquement premier pays contributeur du programme Ariane, est donc appelée à financer 50% de ce soutien public. Paradoxalement, cela suscite la défiance des partenaires européens qui continuent d'envisager Ariane comme un lanceur français, parfois au mépris de la contribution industrielle des douze autres pays. Cette situation n'empêche pas que le lanceur Ariane 6 demeure **la seule solution souveraine et fiable** – avec le lanceur léger Vega – dont dispose l'Europe pour assurer son accès à l'espace. Un arrêt du soutien des États européens à Ariane 6 sans solution de repli aurait des conséquences dramatiques en matière d'autonomie stratégique européenne et n'est donc pas à remettre en cause.

L'équation pour Ariane 6 est relativement simple. Le lanceur souffre de la compétition avec *SpaceX*, en particulier sur les prix. Mais, comme nous l'avons mis en exergue à plusieurs reprises, s'il est le critère dominant, le prix n'est pas le seul paramètre qui motive le choix d'un lanceur, ce qui laisse de nombreuses opportunités pour Ariane 6 de continuer à exister

au-delà des seuls marchés institutionnels européens. **En tout état de cause, la capacité d’Ariane 6 à proposer le prix le plus compétitif possible dépendra de sa capacité à lisser ses coûts fixes en réalisant des économies d’échelle, ce qui passera inévitablement par une cadence de tir poussée au maximum de ses capacités.**

La brique technologique de la réutilisabilité : au-delà des débats économiques, une capacité indispensable

La fiabilité du lanceur Ariane 6, ainsi que la promesse de son exploitation plus pérenne, ne signifient pas pour autant qu’il faille abandonner d’autres perspectives de développement à terme, bien au contraire, mais à condition de développer une **stratégie cohérente qui prenne en compte les besoins et les contraintes.**

En l’occurrence, la France a apporté un soutien marqué à ses projets de mini-lanceurs, dans le sillage du plan France 2030 depuis 2023, puis plus récemment du *European Launcher Challenge*. Coordonné et financé par l’ESA, ce dernier organise une forme de compétition à l’échelle européenne entre les différents acteurs souhaitant se positionner sur le segment.

Un certain nombre de ces projets ne répondent en l’état à aucun cahier des charges institutionnel ou opérationnel et la question de leur positionnement commercial reste une question ouverte. De fait, à ce jour et au niveau mondial, les mini-lanceurs existants – la charge utile placée en orbite ne dépasse généralement pas 500 kg – ne semblent pas avoir trouvé une place propre sur le marché, les acteurs existants ayant plutôt tendance à itérer des lanceurs lourds à partir de leurs lanceurs légers initiaux.

Pourtant, il est clair que les projets de mini-lanceurs français (*MaiaSpace, Latitude, HyPrSpace, Sirius*) et européens (*Isar Aerospace, RFA, PLD Sace*, etc.) peuvent servir deux objectifs : d’une part, **consolider**

le socle technologique de lanceurs plus lourds lorsque se posera la question du remplacement de la flotte européenne actuelle (Ariane 6 et Vega) ; d'autre part, **servir de banc d'essai au développement de nouvelles technologies**. L'un des critères supplémentaires pour le routage des financements vers le secteur des lanceurs doit ainsi absolument s'appuyer sur des technologies différenciantes.

Deux exemples de technologies différenciantes dans le secteur des lanceurs

La combustion étagée (FFSC) : des gains énergétiques substantiels

La technologie de la combustion étagée (*Full-Flow Staged Combustion Cycle*, FFSC) envisage, à l'inverse d'un cycle classique où seule une partie des ergols est préalablement gazeifiée, une pré-combustion du carburant et du comburant avant leur injection dans la chambre principale. Ce procédé permet notamment aux turbopompes de fonctionner à des températures plus modérées, augmentant leur durée de vie. Le moteur *Raptor* développé par *SpaceX* et qui équipe le lanceur *Starship* est actuellement le seul exemple opérationnel de cette technologie, bien que d'autres acteurs testent progressivement des modèles similaires. La Chine en a par exemple fait un objectif pour son lanceur Long March 9.

Les principaux apports de la combustion étagée relèvent du gain énergétique et de la robustesse : deux composantes essentielles du nouveau paradigme capacitaire décrit plus haut⁸⁹.

⁸⁹ *Rocket Factory Augsburg. (2023, 14 juillet). RFA successfully tests full-scale staged combustion engine.*

Elle est en effet particulièrement pertinente pour des applications militaires, où la rapidité de relance et la fiabilité sont critiques. En Europe, aucun programme FFSC n'a été engagé à date⁹⁰, au profit de cycles classiques, et pour cause, son développement suppose des investissements conséquents, avec un résultat incertain.

Les ergols HEDM : un fort potentiel de dualité

Les ergols HEDM (*High Energy Density Materials*) offrent une autre voie technologique de rupture, avec un potentiel d'application immédiat, et foncièrement dual. Comme leur nom l'indique, les ergols HEDM augmentent la densité énergétique, ce qui permet en retour de concevoir des lanceurs plus compacts ou dans le cas de missiles longue portée, de disposer d'une plus forte poussée. Les apports d'une telle technologie de propulsion sont importants et concernent tout autant les contraintes logistiques que la réactivité des applications spatiales ou hypersoniques.

Les États-Unis, *via* DARPA, et la Chine mènent des recherches avancées, tandis qu'en Europe, le projet HISP, financé par FP7, a développé des propergols solides à haute performance en utilisant l'oxydant ADN, le liant GAP, et des combustibles comme l'hydrure d'aluminium, atteignant des impulsions spécifiques améliorées. Une fois encore, ce programme illustre le réservoir de compétences scientifiques européen, mais son absence de mise à contribution sur des secteurs à forte potentialité de rupture.

⁹⁰ Des entreprises comme RFA ont testé des moteurs à combustion étagée, mais pas selon une logique full-flow.

L'avenir des mini-lanceurs passera vraisemblablement par une phase naturelle de rationalisation qui verra l'arrêt de plusieurs projets en Europe et en France. Dans le cadre d'une stratégie nationale, les pouvoirs publics français seront donc tenus d'acter le bon moment pour concentrer leurs efforts sur le ou les projets les plus prometteurs, **en assumant cette décision comme la résultante d'un chemin industriel et économique sain, et non comme un échec techno-industriel**. Ils pourront d'ailleurs utilement accompagner ce mouvement en facilitant le transfert des compétences et talents vers les projets restants, en France voire en Europe.

Au-delà du segment large des micro et mini-lanceurs, **c'est bien sur la réutilisabilité des lanceurs que se manifestent les enjeux stratégiques les plus importants**. À ce jour, cette question est encore incomplètement tranchée dans l'écosystème français comme européen. Seul le lanceur *Maia* développé par *MaiaSpace* assume aujourd'hui en Europe le développement de cette technologie à des fins commerciales. Propulsé par le premier moteur européen fonctionnant au méthane liquéfié et à poussée variable, *Prometheus*, il se positionne en haut du segment des lanceurs légers⁹¹.

Nombre d'acteurs continuent de fait de douter de l'intérêt de la réutilisabilité d'un lanceur : si impressionnante soit-elle au plan visuel et de la maîtrise technologique qu'elle traduit, les experts concluent avec des arguments solides qu'elle n'a de sens au plan économique qu'à partir d'une certaine cadence de lancements annuels, permettant de répartir les coûts de développements et les coûts fixes associés et de dégager une marge. Ainsi, il est aujourd'hui très largement reconnu que *SpaceX* a su faire de son cheval de trait Falcon 9 un lanceur peu cher essentiellement grâce au très grand nombre de lancements assurés pour *Starlink*⁹² et aux importants besoins institutionnels, les lancements uniquement

⁹¹ 500 kg en mode réutilisable, et plus en mode consommable lorsque le premier étage n'est pas récupéré.

⁹² Besoin interne de 60 à 80 lancements par an.

commerciaux demeurant à un niveau moindre, plus proches des volumes constatés en Europe.

De nombreux observateurs concluent ainsi qu'en l'absence d'un projet similaire en Europe, disposer de lanceurs réutilisables autochtones n'est pas pertinent d'un point de vue économique. De fait, même si *Amazon* et la Chine ambitionnent des constellations similaires à *Starlink*, la nouvelle génération de *OneWeb* ou le programme *IRIS²*, qui envisagent chacun quelques centaines de satellites, n'atteindra pas, en l'état, un tel volume de lancements.

Il apparaît légitime dans ce cadre, que la France et l'Europe examinent la pertinence d'un fléchage budgétaire vers les technologies de réutilisabilité. À cet égard, l'Institut Montaigne avait déjà conclu au succès probable de la stratégie industrielle, commerciale et technologique de *SpaceX⁹³*. Il continue de penser, près de sept ans après cette note et alors que les risques de déclassement se sont depuis matérialisés, **que cette technologie doit impérativement être maîtrisée, pour de nombreuses raisons.**

Il s'agit tout à la fois d'une technologie incontournable pour le futur du lancement orbital, avec des implications en matière de défense : la réutilisabilité est à date la seule technologie de lancement capable d'obtenir simultanément des **baisses de coûts notables par lancement et des cadences de tir élevées sans avoir besoin de démultiplier la base industrielle sous-jacente⁹⁴**.

Le fait que l'Europe ne rencontre pas aujourd'hui de tels besoins de lancement ne change pas le fait que **la réutilisabilité constitue le futur horizon technologique des lanceurs**. Les grandes puissances

⁹³ Institut Montaigne. (2017). *L'Europe contre-attaque*.

⁹⁴ Certes, à l'apogée de la guerre froide, les États-Unis et la Russie avaient su lancer beaucoup et peu cher (*Soyouz*, notamment), mais dans un contexte de grande mobilisation budgétaire et industrielle différent d'aujourd'hui.

spatiales des décennies à venir disposeront par principe de cette technologie, pour des raisons qui touchent au prestige, mais également à la sécurité.

Enfin, les ramifications en matière de défense de la réutilisabilité ne sont certes pas centrales à très court-terme, mais elles ne sont pas à négliger. Elles intéressent :

- la maîtrise balistique et le contrôle de la rentrée atmosphérique pour les missiles hypersoniques, par exemple ;
- la capacité à se poser et à déployer des équipements partout sur Terre en moins de 90 minutes ;
- la capacité de réponse à un besoin urgent d'entretien ou de remplacement de satellites de défense ou de positionnement (cf. *infra*).

Par ailleurs et surtout, disposer de la réutilisabilité pourrait permettre de répondre rapidement à un besoin immédiat d'augmentation des cadences, par exemple selon un effort poussé en matière de défense tel que nous l'avons avancé plus haut. La France et l'Europe pourraient ainsi tout à fait faire face à un besoin de lancements annuel passant de 10 à 50 – le cas le plus envisageable étant une possible décision de lancer une constellation européenne à l'architecture plus proche de *Starlink*, *Kuiper* ou *Guowang*, qui impliquerait des milliers de satellites notamment pour mettre fin à une dépendance stratégique.

Ne pas avoir anticipé suffisamment tôt le développement de la réutilisabilité entraînerait, en cas de besoin urgent, un retard incompressible avant d'en maîtriser effectivement la technologie. Il a fallu entre cinq et sept ans à *SpaceX* pour la maîtriser, tandis que la Chine s'y attelle actuellement avec plusieurs acteurs publics et privés impliqués. Si demain l'Europe, dans un contexte géopolitique incertain (cf. *supra*), décidait d'augmenter ses cadences, elle ne pourrait pas le faire sans doubler ou tripler ses usines de production de lanceurs, induisant un coût très important (potentiellement plus élevé encore d'ailleurs que

l'investissement requis pour maîtriser la réutilisabilité, cf. *infra*). C'est d'ailleurs pour se mettre en capacité de combler cette lacune que l'ESA et *ArianeGroup* ont anticipé dès 2015 le développement du moteur *Pro-metheus*. **Cette logique doit maintenant être suivie pour les autres briques qui composent la technologie réutilisable**, qui comprennent notamment la maîtrise des différentes phases de vol ou la remise en état des étages avant d'être relancés.

Enfin, il convient de noter que la **réutilisabilité s'avance comme moins onéreuse et moins sujette à incertitudes qu'auparavant**, le précédent *SpaceX* en ayant largement dérisqué le développement et abaissé significativement les coûts. Bien que le montant n'ait pas été vérifié de manière indépendante, l'investissement initial consenti par la société d'Elon Musk aurait avoisiné le milliard de dollars, avant de parvenir à une maîtrise suffisante des phases de retour et à la remise en vol des premiers étages. Pourtant, ce qu'a réalisé *SpaceX* – en passe d'être rejoint par *Blue Origin* – permettra aux entreprises européennes de dupliquer en l'adaptant une technologie certes couverte par le secret industriel et commercial – voire de la défense – mais dont les principes et beaucoup de données sont désormais publics.

Enfin, elle constituerait **un facteur d'activité supplémentaire à Kourou**, et de lancements à impact environnemental plus faible : plus mineurs, ces avantages ne sont pas à négliger. Le surcroît d'activité lié à l'arrivée de projets de mini-lanceurs au CSG est essentiel pour sa pérennité, après plusieurs années de faible activité liée à la crise des lanceurs (cf. *supra*). Précisément, les essais et le lancement de lanceurs réutilisables rendus possibles par Maia, notamment, promettent de consolider le futur du site.

L'argument parfois avancé d'une incidence environnementale plus faible est en revanche moins évident, l'absence de déchet dans l'océan avec la perte du premier étage étant compensée au moins en partie par d'autres facteurs, mais il mérite d'être considéré, ne serait-ce que

comme élément de communication à destination du public européen, attentif aux enjeux environnementaux.

Au niveau européen, rester sur un raisonnement malthusien de court terme consistant à ne pas développer activement cette technologie pour cause de demande insuffisante est éminemment risqué. Il obère l'avenir comme notre capacité à répondre à des besoins urgents pouvant se manifester dans un contexte incertain, sauf à accepter de dépendre alors de nouveau de capacités étrangères; alors qu'à l'inverse, cette technologie est déjà largement balisée, dérisquée, et de plus en plus adoptée chez les grandes nations spatiales.

Dans le cadre d'une stratégie spatiale cohérente, la France doit faire preuve de vision à moyen et long terme et activement poursuivre le développement de la technologie de la réutilisabilité. À notre sens, elle devrait le faire, y compris si d'autres mini-lanceurs européens sont poursuivis, voire remportent au détriment des projets français les compétitions actuelles menées au niveau européen. Il y a au moins trois raisons à cela :

1. pour la France, d'une part, il est fort probable que le successeur d'Ariane 6 – quel qu'en soit le schéma industriel futur, mais qui devra impliquer notre pays au premier rang – soit doté de cette capacité (*ArianeGroup* développant d'ailleurs le démonstrateur *Themis*);
2. les enjeux de défense et d'évolution des capacités de pilotage et de rentrée atmosphérique trouveront à utiliser les avantages de cette technologie; il est également possible de faire le lien avec l'action dans l'espace où il est question d'aller vers, circuler dans et revenir de l'espace;
3. s'agissant du CNES, l'excellence et le soutien à l'industrie doivent être maintenus également par ce biais – ce qui pourrait d'ailleurs impliquer une rationalisation des efforts.

*Réactivité et résilience : vers un nouveau
paradigme capacitaire*

La notion d'accès à l'espace est bijective. Elle n'intéresse pas seulement la notion d'accès en tant que telle, mais la rapidité de celle-ci.

Le spatial de demain a toutes les chances de devenir un secteur où priment l'agilité et la réactivité. La multiplication des lancements aux quatre coins du globe ira de pair avec un accès à l'orbite bien plus immédiat, avec des chaînes industrielles plus courtes et des opérations de lancement raccourcies. Cette vision trouve son application dans une situation de conflit, au cours de laquelle des capacités en orbite pourraient être détruites, et qui appellerait au lancement d'une solution de remplacement en urgence sous un très court préavis, et que l'on désigne comme *capacité de lancement réactif*.

Ce besoin se fait d'autant plus net que la flotte de satellites militaires patrimoniaux est petite. En cas de conflit de haute intensité, la neutralisation d'une majeure partie de ces capacités en un temps très court ne devrait pas poser de problèmes à un acteur capable.

D'ores et déjà, les États-Unis et la Chine ont laissé entrevoir des capacités très avancées en matière de lancement réactif. Aux États-Unis, la mission TacRS 3 menée le 15 septembre 2023 par la *start-up* texane *Firefly Aerospace* a permis de placer en orbite un satellite de surveillance pour l'*US Space Force* et la *Defense Innovation Unit* avec 27 heures de préavis. Il s'agissait alors de la troisième démonstration de la sorte. Les Chinois ne sont pas non plus en reste avec une gamme de lanceurs capables de placer des charges utiles en orbite rapidement, s'appuyant sur des modes de propulsion et des chaînes logistiques pensés pour cela⁹⁵.

⁹⁵ Schumacher, T. (2024, 8 juillet). *Microlanceurs : lancements réactifs et solutions pour la défense*, *Areion 24 News*.

Face à ces enjeux, la France explore différentes options. Historiquement, la capacité de lancement réactif a longtemps été envisagée par le truchement du lancement aéroporté, notamment le démonstrateur *Aldébaran*, qui visait à tester un potentiel de lancement aéroporté pour des microsattellites de moins de 300 kg en orbite héliosynchrone (SSO). Conçu comme un démonstrateur de technologies innovantes, il cherchait à offrir une alternative flexible et réactive aux méthodes de mise en orbite traditionnelles, en s'affranchissant des contraintes imposées par les pas de tir fixes.

Aujourd'hui, les ambitions françaises de lancement réactif pourraient s'appuyer sur certaines de ses *start-ups* les plus prometteuses comme *Latitude*, dont les méthodes de production et d'assemblage répondent parfaitement avec l'objectif général de réactivité. *HyprSpace* de son côté développe et offre de très nombreux avantages en matière de capacités techniques et s'est vu offrir un soutien de la *DGA Essais Missiles*⁹⁶. Ces deux alternatives offrent à la France un éventail de choix stratégiques dont il convient de prendre pleinement la mesure, en ce qu'il pourrait influencer son modèle de lancement réactif pour les années à venir. **Cet élément confirme une nouvelle fois que le secteur des minilanceurs doit se concevoir comme stratégique, malgré les débats économiques qui l'entourent.**

Toutefois, la réactivité ne peut en aucun cas se voir réduite à la question d'une disponibilité de lanceur et d'une mise en orbite sur préavis court. Elle renvoie à une notion plus large, et véritablement industrielle, qui suppose que l'ensemble de la chaîne opérationnelle soit elle-même structurée autour de cette exigence : de la conception des satellites, qui implique notamment une standardisation des plateformes, des interfaces et des formats, à leur production en série, leur stockage, voire leur prépositionnement stratégique, jusqu'à la disponibilité des pas de tir. Cette approche n'est pas exclusive d'un besoin en lancement rapide, mais elle en constitue un complément stratégique.

⁹⁶ *Ibid.*

Le lancement réactif gagne ainsi à être compris et envisagé comme un système d'ensemble, ce qui plaide d'ailleurs en faveur du développement et de l'usage d'un lanceur lourd, capable de déployer des grappes de satellites en une seule mission. Au demeurant, si la pertinence commerciale du lanceur demeure incertaine, les dynamiques géopolitiques à l'œuvre pourraient néanmoins offrir des opportunités. Dans un contexte de résurgence des nationalismes, des logiques impériales, des prises de position politiques ou commerciales volatiles de certains opérateurs, l'Europe pourrait se positionner comme une alternative stratégique pour des nations cherchant à éviter de renforcer les industries duales des grandes puissances. À défaut d'être totalement compétitive, une solution de lancement européenne souveraine et flexible pourrait devenir un choix privilégié.

Enfin, si la question de l'accès à l'espace, et sa compréhension comme un déterminant majeur de souveraineté n'est plus à remettre en cause côté européen, son approche est souvent réduite à la question des lanceurs. Elle élude par là même l'importance du pas de tir, sans lequel aucun lanceur ne peut accomplir sa mission. L'absence d'une telle infrastructure contraint un pays ou une entreprise à dépendre de bases étrangères, exposant ainsi ses activités à des aléas géopolitiques.

Dans le domaine des infrastructures de lancement, les États-Unis se distinguent par un réseau dense et diversifié de sites, publics ou privés. La Chine et la Russie disposent également de bases spatiales conséquentes, leur offrant une flexibilité stratégique en cas de défaillance d'un site. L'Inde et le Japon comptent également au moins deux solutions pour leurs lanceurs moyens et lourds. **En comparaison, l'Europe repose exclusivement sur la base de Kourou en Guyane française pour les lanceurs moyens et lourds.**

Le Centre Spatial Guyanais (CSG) est un atout stratégique, notamment grâce à son positionnement géographique optimal pour des services de lancement, proche de l'équateur, comme l'infrastructure civile

très complète à Kourou, et son écosystème d'industriels du spatial. Il n'existe pas d'équivalent en termes de systèmes de lancement européens. Mais cette dépendance unique pourrait exposer l'Europe en cas de neutralisation du CSG, quelle qu'en soit la cause (catastrophe naturelle majeure, crise sociale d'ampleur, frappe, voire même un déni d'accès par voie maritime, etc.). **Cette situation plaide *a minima* pour une réflexion stratégique sur la résilience des systèmes de lancement européens.**

À l'heure actuelle, l'Europe continentale accueille quelques bases spatiales – notamment à Andøya en Norvège – particulièrement utiles pour les lancements de fusées sondes et de micro-lanceurs, mais qui ne sont toutefois pas dimensionnées pour des capacités plus importantes. Dupliquer un site comme celui du CSG serait extrêmement onéreux, techniquement peu pertinent, et ne constitue donc pas une solution viable. **En lieu et place, la réflexion pourrait utilement porter sur une évaluation affinée des risques d'indisponibilité du site guyanais, à la fois selon la probabilité et la potentielle incidence.** Cette évaluation pourrait, le cas échéant, ouvrir la voie à des mesures de renforcement de la résilience du CSG et des systèmes de lancement européens.

Recommandation n° 4

Renforcer la pertinence des solutions de lancement européennes déjà existantes.

4.1. Pour Ariane 6, viser une utilisation maximale des lignes de production jusqu'à atteindre la capacité annuelle maximale, qui se situe autour de 9 à 10 lancements, afin de permettre une cadence industrielle élevée et une réduction des coûts unitaires

de fabrication du lanceur. La France doit peser de tout son poids politique pour faire voter une préférence européenne souhaitée de longue date pour les lancements institutionnels européens, laquelle n'existe toujours pas en pratique et dont l'*EU Space Act*, attendue dans le courant de l'année 2025, pourrait en être le vecteur juridique privilégié.

4.2. Lancer une mission d'évaluation du risque d'indisponibilité du CSG de Kourou, afin d'apprécier la probabilité et les conséquences d'un scénario de rupture capacitaire. Cette évaluation, couverte par le secret de la défense nationale, pourrait croiser des facteurs de risque selon des déterminants techniques, climatiques, sociaux et géopolitiques, et permettre d'objectiver le niveau de résilience et de préparation des pas de tir et des systèmes de lancement. Cette mission pourrait également couvrir les autres infrastructures spatiales situées au sol (téléports, infrastructures C2) et, en fonction de ses conclusions, ouvrir la voie à l'examen de solutions de renforcement de la résilience des actifs et d'options complémentaires.

Recommandation n° 5

Clarifier la stratégie nationale en matière de lanceurs en fixant deux objectifs clairs et réalistes : conserver un leadership français pour la prochaine génération de lanceurs tout en affichant une ambition renforcée sur les plans technologique et commercial.

5.1. Cette approche requiert **un mini-lanceur opérationnel et évolutif d'ici 2030**. Cela implique des choix pour les financements publics, en priorisant rapidement les projets les plus prometteurs au sein

du programme France 2030, en maintenant le soutien par le CNES à des technologies différenciantes notamment en matière de propulsion. La traduction concrète de cette orientation passe par l'affirmation claire de l'objectif de maintien du *leadership* français conçu pour évoluer vers des capacités plus lourdes ; par le renforcement de l'exigence de résultats, en conditionnant les soutiens publics à l'atteinte d'objectifs chiffrés ou de performances identifiées ; et enfin, par la fin des soutiens à des projets peu concluants, au bénéfice de mécanismes plus sélectifs.

5.2. La stratégie nationale en matière de lanceurs doit également **poursuivre résolument le développement de la réutilisabilité**, en inscrivant l'objectif d'une pleine maîtrise technologique à l'horizon 2030, dans la mesure où il s'agit d'une brique indispensable pour concilier hausse des cadences de lancement, réduction durable des coûts, et montée en puissance capacitaire.

AXE N° 2 FAIRE DU SPATIAL FRANÇAIS UN SECTEUR PORTEUR POUR LA RECHERCHE ET L'INDUSTRIE

Priorité n° 4 Reconstruire le récit spatial européen autour de l'exploration

Si l'espace cultive le rêve, c'est d'abord au détour de deux sujets que sont l'exploration et le vol habité. Or, pour l'un comme pour l'autre, l'autonomie européenne est loin d'être assurée. Cette situation n'a cependant rien d'une fatalité, et l'Europe pourrait parfaitement décider de suivre une voie qui lui soit propre, et sans y engager des budgets démesurés.

En matière d'exploration, l'histoire récente regorge de missions où l'Europe a su faire la démonstration de sa maîtrise technique, comme *Philae*, qui avait réussi la prouesse de poser un atterrisseur sur une comète, ou encore la participation au programme d'exploration du système martien américain *Perseverance*. L'Europe dispose non seulement des compétences, mais également de la base industrielle. **Encore faut-il qu'elle y consente politiquement et financièrement à court et long terme, dans une démarche qui n'a rien d'anecdotique et constitue, elle aussi, un signal stratégique.**

Récemment, l'ambition exploratoire de l'Europe semble s'être essouffée, particulièrement sur le **terrain lunaire**, que l'Europe n'a jamais – ou quasiment – investi en dehors de grands programmes de coopération, et sur le **vol habité**, où la fin annoncée de la Station spatiale internationale (ISS) la condamne à une alternative existentielle.

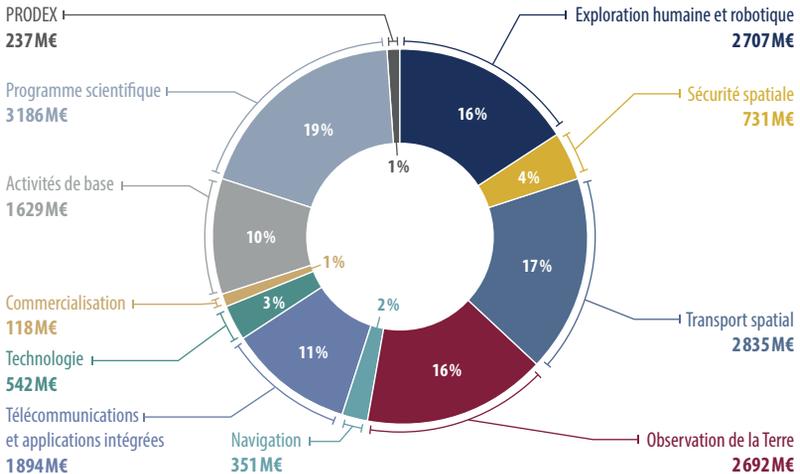
La logique coopérative européenne atteint du reste ses limites, subissant notamment les contrecoups de la situation géopolitique. Les coopérations avec la Russie (hors ISS) ont connu un coup d'arrêt brutal avec

l'invasion de l'Ukraine, y compris une mission russo-européenne d'exploration robotisée de la surface martienne (*ExoMars*) particulièrement structurante. Du côté américain, les baisses proposées du budget de la NASA mettent en péril les participations européennes au retour sur la Lune (*Artemis*) et aux missions scientifiques conjointes. Le Congrès doit encore se prononcer sur les budgets définitifs qui pourront être alloués à la NASA, un processus tortueux. Indépendamment des décisions qui pourraient advenir et partiellement sauver certains, notamment liés à Artemis, l'incertitude règne.

Alors même qu'il est dit *optionnel*, l'ensemble des pays membres de l'ESA participe aujourd'hui au programme robotique et d'exploration, ce qui témoigne d'un intérêt manifeste pour ces thématiques, bien que ce consensus s'arrête généralement aux seuls enjeux budgétaires. Sur la période récente, le sommet de Séville, qui s'est tenu en novembre 2023, a notamment permis d'acter le développement d'un véhicule d'acheminement de fret en orbite de quatre tonnes de capacité, première étape concrète, même si très embryonnaire et peu engageante, d'une ambition européenne en quête de renouvellement.

Graphique n° 18 • Répartition des allocations budgétaires

(Conseil des ministres, ESA, 2022)



Source : ESA.

Dans ce contexte, le programme d'exploration *Terra Nova*⁹⁷ s'est vu financé à hauteur de 2,7 milliards d'euros sur la période triennale en cours, dont environ 300 millions d'euros par an dédiés au vol habité ; un montant incomparablement moins élevé qu'aux États-Unis, où il atteint près de 13 milliards par an pour ces seules activités.

La Chine et l'Inde se montrent également particulièrement volontaristes, la première ayant assemblé sa propre station spatiale habitée en permanence (*Tiangong*), la seconde développant activement une capsule de vol habité dont le développement doit se poursuivre vers une station spatiale similaire à l'horizon 2035. Chacune des deux puissances asiatiques a lancé et planifié des missions robotisées vers la Lune et Mars, la Chine ayant déjà réussi vers ces deux destinations des missions de haute complexité, en particulier *Chang'e 5* qui est parvenue à ramener des échantillons de roches lunaires, une première depuis 1976.

⁹⁷ Vols habités et robotiques en orbite basse, vers la Lune et Mars.

La **marque des puissances spatiales** américaine, chinoise et indienne s'exprime au plus fort dans la façon de **ne pas traiter de manière cloisonnée ni les grandes destinations** – orbite terrestre, Lune, Mars, autres planètes, observations de l'Univers – **ni les missions robotisées et habitées, tout en maîtrisant les capacités de transport de fret et d'astronautes**. Leurs stratégies d'exploration se veulent transversales et envisagent des synergies entre les missions, les technologies développées et les récits, marqueurs de puissance.

À cette aune, outre un budget faible, **l'Europe a fait le choix de concentrer ses missions autonomes d'une part sur l'exploration des planètes et les sciences de l'Univers et, d'autre part, sur l'observation et les sciences de la Terre**, avec de très notables réussites et démonstrations technologiques pour chacun de ces segments. On compte notamment *Copernicus* en matière d'observation de la Terre, mais aussi la récente mission *Gaïa* de cartographie des étoiles de notre galaxie; sans équivalent et jusqu'à présent particulièrement probante en matière scientifique. **Il apparaît comme essentiel de conserver cette spécificité du spatial européen, a fortiori à l'heure des réorientations américaines, qui ne font pas mystère d'un recul des ambitions scientifiques.**

Depuis près de trente ans, s'agissant de **l'exploration lunaire, martienne** et des **vols habités**, l'Europe s'est majoritairement positionnée comme partenaire secondaire au sein de programmes ambitieux pilotés par d'autres puissances spatiales, malgré quelques initiatives propres :

- **Elle est présente en orbite terrestre** à bord de la Station spatiale internationale (ISS), qui accueille régulièrement ses astronautes. Toutefois, cette présence demeure limitée (8% des droits d'utilisation de la station) et surtout marquée par une dépendance complète vis-à-vis des États-Unis ou de la Russie pour l'accès et le retour, faute de disposer de capsules ou de combinaisons spatiales intra et extra-véhiculaires autonomes.

- **Pour la Lune**, l'Europe est également partie prenante du programme *Artemis* emmené par les États-Unis, mais les déboires techniques et les incertitudes politiques actuelles conduisent à envisager son annulation, ou tout au moins son redimensionnement, sans doute aux dépens des contributions européennes. Récemment, l'Europe a toutefois progressé en affichant l'ambition de se positionner stratégiquement sur le volet logistique, en développant avec *Thales Alenia Space* le module cargo lunaire baptisé *Argonaut*. Ce véhicule, capable d'acheminer jusqu'à quatre tonnes de matériel sur le sol sélénite, a été conçu pour répondre à une gamme variée de missions, couvrant les besoins de ravitaillement des équipages à la surface et la livraison d'instruments scientifiques ou de robots exploratoires.
- **S'agissant enfin de Mars**, l'Europe contribue à *Mars Sample Return*, une mission ambitieuse conjointe avec la NASA dont l'objectif est de parvenir à ramener sur Terre des échantillons de roches et de poussière martienne. Ici encore, la contribution européenne est réelle, mais entièrement conditionnée à l'ambition des États-Unis. Cette dernière pourrait également faire les frais d'une baisse du budget scientifique 2026 de la NASA, encore en débat à la date de publication de cette note. L'autre grand programme de rover martien européen, *Rosalind Franklin* (programme *ExoMars*), demeure lui aussi entouré d'incertitudes, depuis la suspension de la coopération avec la Russie en 2022 et besoin, toujours non satisfait, de redéfinir un calendrier et des partenariats viables.

Cette stratégie de partenaire *junior* des États-Unis place l'Europe en mauvaise posture sur le vol habité et l'exploration lunaire et martienne, comme détaillé ci-après. Cette absence d'autonomie intervient alors que **l'exploration est appelée à gagner en intensité**. Selon le cabinet *Euroconsult*, nombre de missions d'exploration, comprenant les missions de recherche en astrophysique, en astronomie, en physique solaire, ainsi que celles à destination de l'espace lointain, de Mars ou de la Lune, devrait connaître une **croissance significative au cours de la prochaine décennie**.

Choisir de rester en retrait dans ce contexte induirait des conséquences stratégiques durables. Qu'on l'estime justifiée ou non, l'exploration, y compris habitée, de notre environnement spatial est appelée à devenir **un fait majeur du rapport de puissance à l'échelle mondiale.** Même si les idéaux de coopération pacifique y restent un élément saillant, l'espace continue pour l'essentiel de refléter les affaires terrestres. Ainsi, les paramètres politiques de l'exploration n'ont pas fondamentalement changé depuis la course à l'espace des années 1960, contrairement à ses acteurs et à ses modalités. Les États-Unis, la Chine et l'Inde⁹⁸ visent à **conforter voire rehausser leur statut, à influencer sur les règles même du jeu spatial et à construire un récit d'excellence scientifique et technologique.**

Le spatial se conçoit en effet comme un **théâtre d'expression d'un futur technologique et d'une identité scientifique**, similaire en cela à d'autres champs parmi lesquels l'Europe pourrait choisir de se positionner ou de se renforcer, comme les biotechnologies et le quantique. Le spatial de façon générale, et l'exploration en particulier, ne font pas exception et s'avancent comme des champs de progrès, car les exigences qui leur sont relatives, en matière de résistance, de capacités lointaines, d'autonomie, sont vraisemblablement celles qui permettront d'ouvrir la voie à des nouvelles technologies.

Dans le prolongement de ces constats, la faiblesse des dépenses en matière de R&D consentie à l'échelle européenne est également au cœur de l'analyse proposée par le rapport Draghi, et le spatial n'échappe pas à la règle. Il est notamment fait le constat que les investissements cumulés des institutions européennes et des principaux États membres dans le domaine spatial se sont élevés en moyenne à 2,8 milliards d'euros par an entre 2020 et 2023. Un effort significatif, mais qui demeure en retrait par rapport aux niveaux atteints sur la même période par les États-Unis (7,3 milliards d'euros). Cet écart n'est pas neutre, car c'est bien la R&D qui permet de se donner les moyens d'une rupture dans un certain nombre de technologies spatiales (cf. *infra*). **Elles agissent aussi comme des**

⁹⁸ La Russie étant devenue un acteur relativement mineur dans le champ de l'exploration.

dépenses fiables, dans un contexte d'incertitudes marquées. Si des dépenses européennes devaient être libérées par une interruption de certains programmes contre sa volonté, une redirection des budgets pourrait se porter vers certains programmes de R&D.

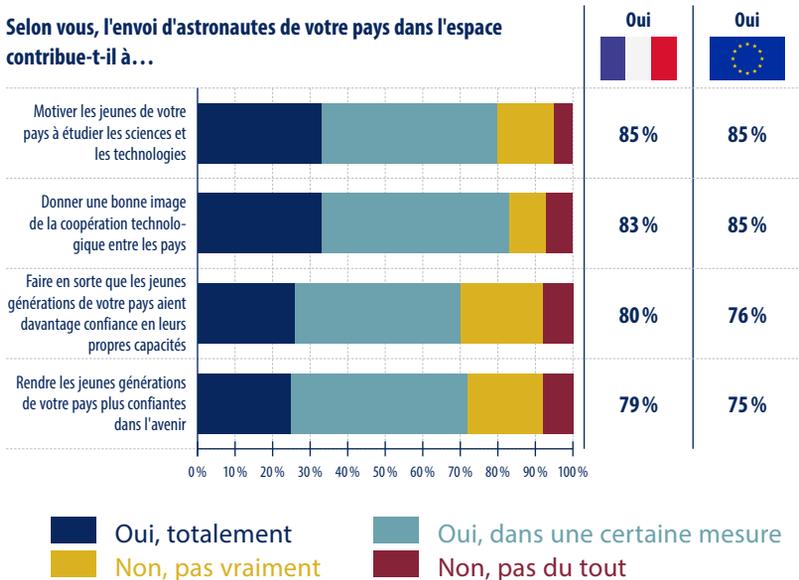
Les enjeux de défense, longuement évoqués dans le premier axe de ce travail, ne sont également jamais très éloignés du chemin technologique de l'exploration. Ils s'inscrivent désormais dans une logique d'ensemble, où l'absence sur un segment revient à consentir à une forme de marginalisation stratégique. **Il ne s'agit donc pas tant de faire du vol habité que de reconnaître en lui, et dans l'exploration dans son ensemble, un vecteur par lequel s'affirme la prééminence technologique, industrielle et scientifique d'une puissance.** C'est à cette aune que l'Europe doit repenser ses ambitions.

Dans ce contexte, l'alternative qui se présente à l'Europe est claire : suivre la route des autres **puissances capables d'écrire le récit spatial du XXI^e siècle, ou consentir à n'en être que spectatrice.** Ce débat excède ainsi le seul registre technologique ou industriel. Il interroge la capacité de l'Europe à porter une voix politique qui lui soit propre à l'échelle internationale, dans le sillage d'une recomposition durable, marquée par les épisodes du *Brexit*, la guerre en Ukraine, l'urgence climatique et la montée des populismes dans les démocraties occidentales.

À cet égard, le spatial offre à l'Europe une opportunité de redonner souffle à un récit commun. Or, **l'exploration constitue un champ incontournable dans lequel la France et l'Europe peuvent et doivent porter une voix singulière, conforme à leurs valeurs humanistes, universalistes et consciente des limites planétaires.** Ce récit proprement européen est d'autant plus crucial qu'il diffère de ce qui est aujourd'hui proposé outre-Atlantique, où le vol habité croise les ambitions transhumanistes et futuristes de certains, ou encore en Chine ou en Inde, où le discours invoque d'abord l'ambition de prééminence nationale, et dans lesquels la dimension scientifique est souvent secondaire.

Il convient en outre de ne pas minorer le succès populaire que constituent les missions de leurs astronautes, mais aussi la **conscience largement majoritaire que cette activité contribue à projeter nos jeunes générations vers le futur de manière positive** – comme en attestent les sondages d’opinion réalisés par l’ESA sur le sujet. Une stratégie d’exploration spatiale pourrait se faire dans le creuset de ce qui confère à l’Europe sa singularité et lui permettre de redevenir une terre de progrès. Sans cela, le *Vieux Continent* est sans doute condamné à le rester, aussi bien dans les faits qu’aux yeux de ses propres citoyens.

Graphique n° 19 • Une opinion publique franco-européenne convaincue de l’utilité du vol habité selon des déterminants scientifiques, diplomatiques et sociaux



Source : ESA

En définitive, la renationalisation croissante des programmes spatiaux invite l'Europe à trancher rapidement sur la place qu'elle entend occuper dans les domaines du vol habité et de l'exploration lunaire. En la matière, ne pas choisir, c'est encore choisir – faute de se positionner activement, l'Europe se trouve en voie de relégation. Pour déterminer une stratégie, il convient de distinguer vol habité et exploration, même si ces sujets **s'intègrent dans un seul continuum allant de l'orbite terrestre à Mars, en passant par la Lune.**

*Le vol habité, une clé du récit spatial franco-européen
et un enjeu politique majeur*

La thématique du vol habité fait l'objet de nombreux débats au sein de la sphère spatiale, et se trouve régulièrement présentée comme une sorte de *lubie* géopolitique, parfois la source d'un gaspillage de ressources sans intérêt évident. Pour aborder la question de manière rationnelle, il s'agit donc en premier lieu de **(i)** dresser un court état des lieux, de **(ii)** démêler ensuite les différents enjeux autour de l'opportunité de poursuivre un programme européen, avant de **(iii)** dessiner des voies possibles.

Les faits : le risque d'un arrêt effectif du programme européen à l'horizon de la fin de la décennie, sans stratégie claire à ce jour, y compris au niveau français. Pour s'en convaincre, il convient d'abord retracer à grands traits les événements marquants des deux dernières décennies en analysant la stratégie de l'ESA dans le contexte international le plus récent.

Le vol habité demeure l'un des rares segments de l'industrie spatiale que l'Europe ne maîtrise pas en autonomie. Le grand public se trouve souvent induit en erreur par les images des astronautes français et européens se succédant au sein de l'ISS, mais convoyés à son bord par des moyens étrangers. Pourtant et de manière paradoxale, l'Europe dispose

a priori de beaucoup des éléments nécessaires à la concrétisation de solutions autonomes de vol habité.

Elle **maîtrise ou a maîtrisé plusieurs des compétences et technologies nécessaires au vol habité** : son lanceur et ses systèmes de lancement offrent des garanties de sûreté, elle a développé une capacité cargo pressurisée lancée par Ariane 5 et capable de s'amarrer à la station, sous la forme de l'*Automated Transfer Vehicle* (ATV) jusqu'en 2014.

Elle dispose également d'une **expérience riche accumulée au cours des missions accomplies** depuis plusieurs décennies, d'ingénieurs spécialisés (notamment son centre spécialisé *European Astronaut Centre* à Cologne), d'un corps d'astronautes, mais aussi de la capacité à construire et assembler des modules spatiaux en orbite, portée aujourd'hui en particulier par *Thales Alenia Space* dans son usine de Turin.

En revanche, l'Europe ne dispose **en l'état pas de certaines grandes briques technologiques nécessaires à l'accomplissement d'un vol habité dans l'espace** : Ariane 6 et son pas de tir ne sont pas encore qualifiés pour le vol habité, elle ne dispose pas de capsule capable d'embarquer des astronautes, c'est-à-dire équipée à la fois d'un système d'éjection d'urgence, de dispositifs de contrôle de l'environnement et de survie, ainsi que d'une capacité de retour sur Terre, notamment par l'intégration d'un système de rentrée atmosphérique contrôlée – par exemple un bouclier thermique.

Pour répondre à ses besoins, elle se trouve donc entièrement dépendante de capacités américaines (*Crew Dragon*), ou russes (*Soyouz*). Elle ne dispose pas non plus de combinaisons nécessaires au vol habité, ce qui semble parfois anecdotique, mais qui constitue bel et bien une dépendance cruciale. Pour répondre à cette lacune supplémentaire, le CNES a d'ailleurs lancé une étude conjointe avec *Decathlon* et *Spartan Space*.

Tableau n° 9 • Capsules habitées opérationnelles en 2025

PAYS	RUSSIE	CHINE	ÉTATS-UNIS	ÉTATS-UNIS	ÉTATS-UNIS/UE
Nom	Soyuz	Shenzhou	Dragon	Starliner	Orion
Fabricant	Energia	Cast	SpaceX	Boeing	Lockheed/Airbus
1 ^{er} vol	1966	1999	2019	2019	2014
1 ^{er} vol habité	1967	2003	2020	2024	Net2025
Lanceur	Soyuz-2. 1A	Long March 2F	Falcon 9 B5	Atlas V N22	SLS Block 1
Pleine activité					
Silhouette					
Volume (m³)	8,5	14	9,3	≈11	≈8,9
Poids (Kg)	≈7 100	≈7 800	≈12 500	≈12 000	≈25 900
Hauteur (m)	≈7,5	≈9,25	≈8,1	≈5	≈7,3
Tour de sauvetage	Tour d'éjection	Tour d'éjection	Propulseur	Propulseur	Tour d'éjection

Source : Agnaton, Spaceships, Wikimedia Commons (octobre 2024).
Traduction faite par l'auteur.

Ce paradoxe européen – entre dépendance persistante et maîtrise à portée de main – trouve ses racines dans une histoire marquée par des divisions stratégiques. D'un point de vue historique, **le vol habité a toujours suscité la discordance, régulièrement sujet à des désaccords politiques**, comme en témoigne l'échec du programme de navette spatiale Hermès dans les années 1990, trop chère, trop complexe, et intervenu alors que s'avancait l'opportunité de participer au projet ISS

avec les Américains, les Russes, les Japonais et les Canadiens, à un coût très nettement inférieur.

Portée par un certain équilibre entre coûts maîtrisés et retombées fortes, notamment sur le plan de l'image, **l'approche européenne qui prévalait jusque maintenant s'est rapidement grippée** dans un contexte de raidissement géopolitique, accéléré par la fin programmée de l'ISS en 2031, alors que la Station arrive en fin de vie technique, avec des coûts de maintenance très élevés et une inflexion des priorités vers la Lune.

L'Europe, en partie consciente des difficultés à venir, a semblé reconsidérer la perspective du vol habité au sortir de la crise pandémique, avec un **surplus de budget dû à la présence du secteur spatial dans les différents plans de relance et une volonté politique réaffirmée.**

En France, lors de son discours à Toulouse en février 2022, Emmanuel Macron a ouvert la porte à cette option, en souhaitant que les Européens s'emparent du sujet : *« L'ESA a déjà identifié des pistes en matière de science spatiale et de vols habités. (...) Et je propose que nous puissions accompagner cet élan, en travaillant dans le cadre que l'ESA définira d'ici l'été prochain, pour formuler des propositions sur nos ambitions européennes en matière d'exploration, de vols habités, pour pouvoir éclairer les décisions stratégiques que nous aurons ensuite à prendre »*⁹⁹. Cette ouverture a cependant été rapidement balayée par la guerre en Ukraine, la crise des lanceurs (cf. *supra*) et la systématique opposition allemande.

En parallèle et toujours en prévision de la fin de l'ISS, **l'ESA et les industriels européens se sont positionnés vis-à-vis des projets de stations orbitales publiques/privées**, portés par exemple par la société américaine *Axiom*, *Voyager Technologies* ou *Blue Origin* qui commercialise déjà des vols pour des touristes spatiaux. À ce stade, plusieurs entreprises européennes sont engagées comme partenaires dans les consortiums

⁹⁹ Emmanuel Macron. (2022, 16 février). *Stratégie spatiale européenne : le discours du Président Emmanuel Macron depuis Toulouse.*

américains développant chacun leur concept de station spatiale, sous contrat avec la NASA. Ces initiatives ne sont pas sans mérite et représentent une demande supplémentaire pour justifier le développement de capacités industrielles de production de modules spatiaux et donc un moyen de répartir les coûts associés à l'image d'Ariane 6, conjuguant missions institutionnelles et lancements commerciaux.

Pour l'ESA en revanche, le partenariat signé en 2023 offre une possibilité – et une tentation – de faire voler des astronautes sur des missions courtes sans visée scientifique significative. Dans un contexte de remise en cause des missions institutionnelles et si par ailleurs aucun programme autonome n'est développé, cette approche court le risque de ramener l'Europe à un vol habité au *rabais*, sans retombées réelles, et peu visible – voire difficilement acceptable – pour le grand public.

Les enjeux immédiats pour l'ESA dans un contexte incertain

En mars 2025, l'ESA a publié sa stratégie pour 2040¹⁰⁰. Il comporte un volet *Explorer et découvrir* dont le point 2.2 s'inscrit dans la continuité de la coopération internationale emmenée par les États-Unis, notamment l'architecture *Artemis*. S'agissant de l'orbite basse terrestre, il confirme la volonté de développer des moyens de transport de fret puis d'équipages tout en réduisant la dépendance à des prestataires non européens et en favorisant l'autonomie stratégique européenne. Le chemin technique et le calendrier ne sont toutefois pas précisés.

¹⁰⁰ European Space Agency. (2025). *ESA Strategy 2040*.

Au printemps 2025, la stratégie de l'ESA est rendue très incertaine par les récents revirements américains. Un scénario se dessine dès lors : la fin de l'ISS programmée pour 2031, avec une baisse d'intensité de mission dès 2026, en fonction de la NASA. Les menaces qui planent sur le programme *Artemis*, laissent craindre que l'Europe n'ait plus la capacité de faire voler son corps d'astronautes, d'abord avec un retard dans les calendriers de vol, avant de connaître, vers 2030, un arrêt complet. Si ce scénario advenait, la perspective de renouer avec le vol habité pourrait attendre plusieurs décennies, et dans ce scénario, on ne peut exclure que l'astronaute français appelé à succéder à Sophie Adenot ne soit pas encore né.

En tout état de cause, ne pas débattre de ce risque, pour *a minima* en anticiper les conséquences sur l'industrie spatiale européenne et le statut de l'Europe spatiale, constituerait une faute majeure. Dans ces conditions, la prochaine conférence ministérielle de l'ESA en novembre 2025 s'avance comme le rendez-vous de la dernière chance, pour prendre acte des risques imminents qui pèsent sur le vol habité et discuter des mesures à prendre à court terme, de la vision que l'Europe souhaite porter et des projets qui doivent être développés en conséquence. L'ESA elle-même a d'ores et déjà décidé de mettre le sujet à l'ordre du jour de sa conférence de juin 2025, en prévision de cette échéance¹⁰¹.

¹⁰¹ *European Space Agency. (2025, 5 mai). ESA Director General reaction to a reduced budget proposal for NASA.*

*Des enjeux d'abord politiques
et technologiques*

Une fois ce diagnostic posé, **la perspective de voir l'Europe maintenir, voire développer, le vol habité de manière plus autonome interroge légitimement** : comment justifier une telle aventure, alors même que les contraintes budgétaires et industrielles sont fortes, et que les priorités en matière de défense et de sécurité s'imposent avec acuité ?

Souvent mis en avant auprès du grand public, **les apports scientifiques et technologiques du vol habité sont réels**. La première phase du vol habité a ouvert la voie à des innovations bien connues, comme le revêtement anti-rayures, d'abord appliqué aux casques et maintenant aux lunettes des astronautes, les textiles ignifugés, les aliments lyophilisés, les pompes à insuline implantables ainsi que de nombreuses avancées en imagerie médicale.

Ils **demeurent cependant limités**, notamment au regard de ce que des budgets équivalents pourraient produire sur Terre, d'autant qu'une part des technologies effectivement issues du vol habité dans la période plus récente sont souvent récursives, au sens où elles intéressent surtout le vol habité en lui-même (survie dans l'espace, etc.)¹⁰². De plus, il a longtemps été vrai de dire qu'un humain est difficile à faire vivre dans l'espace ou à la surface d'un corps céleste, tout en restant bien plus efficace qu'un robot – comme en témoignent les centaines de prélèvements d'échantillons par les astronautes de la surface lunaire durant le programme *Apollo*. Cependant, ce paradigme pourrait durablement changer avec le développement rapide de la robotique associée à l'intelligence artificielle. Dès lors, si les enjeux scientifiques restent un facteur important, ils ne sont pas l'argument décisif.

¹⁰² Regnauld, I. Saint-Martin, A. (2024, février). *Une histoire de la conquête spatiale : Des fusées nazies aux astrocapitalistes du NewSpace*, pp. 75-76.

Inversement, il doit être rappelé que le **budget consacré au vol habité** – même s’il devait augmenter de 300 à 500 millions d’euros par an – resterait **en-deçà d’un euro annuel par habitant des pays membres de l’ESA**. Un tel investissement constitue en tout état de cause une part minoritaire du budget spatial européen total, de sorte que sa suppression ne libérerait pas à elle seule de nouvelles marges de manœuvre majeures. C’est donc au-delà des enjeux scientifiques et des enjeux budgétaires qu’il faut s’interroger sur l’opportunité pour l’Europe de s’y investir.

De fait, les arguments les plus convaincants en faveur du développement du vol habité sont en réalité de quatre ordres.

En premier lieu, une **dimension technologique et de défense** : il existe un **potentiel réel de synergies avec le monde de la défense**. MBDA mène actuellement des essais sur la protection thermique développée pour les véhicules de rentrée atmosphérique. Ils ont pour but d’évaluer l’intérêt pour les engins hypersoniques, avions ou planeurs, pour lesquels la maîtrise de la réentrée est ici une brique technologique critique. Un second domaine de dualité est celui de la maîtrise et de la fiabilisation des opérations d’amarrage entre véhicules spatiaux (*docking*), critique pour d’éventuelles missions d’inspection ou de renseignement auprès de satellites étrangers. Pour le dire autrement, une part du budget consacré au vol habité contribue plus ou moins directement à financer des dépenses de R&D en matière de défense, en particulier pour la manœuvrabilité en orbite.

En deuxième lieu, une **dimension industrielle** : un programme de vol habité autonome justifie, d’abord, d’acheter des vols aux lanceurs européens, à commencer par Ariane 6, permettant de rehausser la cadence de tir et de compenser en partie les subventions d’exploitation consenties ; ensuite, il permet de soutenir, voire de préserver, les expertises des centres historiques allemands et italiens face aux conséquences de la fin de l’ISS et de la remise en cause de la station lunaire *Gateway*, tout en offrant des perspectives à la base industrielle européenne de sous-traitants.

D'ailleurs, on ne peut exclure – avec la prudence qui s'impose – l'apparition, à moyen terme, d'opportunités commerciales pour une capacité européenne. Il ne s'agirait pas de se lancer ici dans le tourisme spatial, les équipages transportés étant exclusivement composés de scientifiques et d'ingénieurs dûment formés, mais de répondre aux ambitions formulées par de nombreuses puissances spatiales émergentes d'être en mesure de faire voler leurs propres astronautes dans l'espace.

En parallèle, *SpaceX* a annoncé la fermeture prochaine des lignes de production de la capsule *Crew Dragon*, laissant à moyen terme *Starliner* de *Boeing* et *Starship* comme seules options occidentales. Or la première a accumulé les déboires aussi bien techniques que financiers, tandis que la seconde reste, comme la navette en son temps, un saut technologique majeur en tant que véhicule de vol habité, en tout cas long à fiabiliser¹⁰³. Il y a donc une opportunité à saisir pour l'Europe.

Ensuite et en troisième lieu, le vol habité a toujours répondu à une **dimension politique**. Durant la Guerre froide, les programmes habités soviétiques et américains sont d'abord des outils et des programmes pragmatiques, dont l'existence ne procède pas tant d'un regard passionné vers les étoiles que d'une approche utilitaire, mue par des considérations stratégiques et de puissance. Aucun des dirigeants, soviétiques comme américains, pas même Kennedy dont les discours sont fréquemment pris à témoin pour baliser de nouvelles aventures spatiales, ne s'est ainsi départi de cette vision des choses. Ce dernier ne s'engage résolument dans la voie de l'exploration lunaire qu'après en avoir identifié les gains politiques pour l'Amérique à long terme dans le cadre de l'antagonisme qui sous-tend la guerre froide. Le raisonnement se tient pareillement pour Richard Nixon quelques années plus tard, qui estime lui que le programme *Apollo* n'offre plus les mêmes gains politiques. Il prend la décision *politique* d'y mettre un terme.

¹⁰³ *Le Starship n'est pas équipé de tour d'éjection et nécessite encore de démontrer une très grande fiabilité avant d'y placer des astronautes.*

Ce travail considère justement qu'un programme de vol habité européen répond à un objectif politique. Nous l'avons évoqué, l'absence d'un récit clair en matière de spatial fragilise l'engagement citoyen autour du secteur et démobilise les nouvelles générations sur des projets d'avenir.

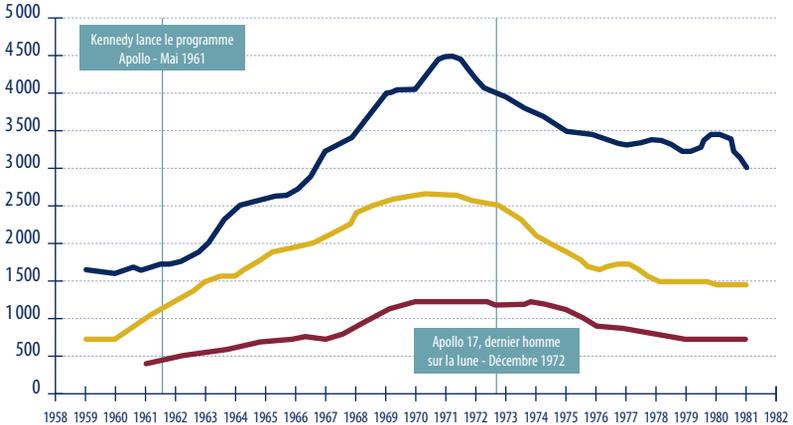
Il est ainsi difficile de vouloir prétendre conserver les talents, attirer les jeunes, jouer sur l'acceptation sociale des citoyens si un récit spatial fédérateur n'existe pas. S'agissant de la France, ce récit s'est en partie incarné dans la figure de Thomas Pesquet, médiatique ambassadeur pour le domaine spatial, dont la mission doit être continuée par Sophie Adenot en 2026. Mais ces figures, qui ne sauraient porter seules l'aventure politique et scientifique de tout un pays, pourraient bien être les dernières. Or, à l'inverse, une aventure spatiale humaine ambitieuse peut relever la vocation scientifique d'un pays comme le nôtre, *a fortiori* alors que la France voit chaque année ses compétences en mathématiques baisser¹⁰⁴ et ses besoins en matière d'ingénieurs non atteints¹⁰⁵.

¹⁰⁴ Institut Montaigne. (2024, septembre). *Mathématiques à l'école : résoudre l'équation.*

¹⁰⁵ Institut Montaigne. (2025, mai). *Métiers de l'ingénieur : démultiplier nos ambitions.*

Graphique n° 20 • Le programme Apollo a suscité un effet d'entraînement absolument considérable sur les orientations en matière scientifique

Nombre de doctorats obtenus



- Doctorats en sciences physiques
- Doctorats en ingénierie
- Doctorats en sciences mathématiques

Source : Siegfried, W. H. (2003). *Space Technology and Applications International Forum*.

Sans prétendre à un tel effet pour la France et l'Europe tant les facteurs sont nombreux (rémunération des chercheurs, impact des réseaux sociaux, etc.), il est **raisonnable de penser qu'un programme de vol habité européen contribuerait à favoriser les parcours scientifiques ou a minima dans le secteur spatial lui-même au sein duquel il continue de susciter les vocations**. Ce renouveau du récit scientifique européen pourrait du reste s'envisager dans un ensemble plus large, aux côtés d'autres projets fédérateurs comme la lutte et l'adaptation

au changement climatique. Ces projets ne sont d'ailleurs pas contradictoires, à condition toutefois que l'Europe porte sur ces sujets une vision qui lui soit propre et les érige ensemble comme les piliers complémentaires d'une coopération internationale articulée autour des grands défis partagés de l'humanité.

Enfin et en quatrième lieu, une **dimension géopolitique**. À l'heure actuelle, **la prétention de l'Europe à figurer parmi les grandes puissances spatiales reste incomplète tant qu'elle ne dispose pas d'une capacité autonome en matière de vol habité**. Dès lors que la Chine, les États-Unis, la Russie et l'Inde disposeront tous de cette capacité, c'est à ce club de puissances que reviendra la décision de permettre au reste des nations d'être présentes en orbite, – et selon quelles règles, ces dernières ayant d'ailleurs vocation à être réécrites dans les prochaines années, à l'image des *Accords Artemis*.

Croire que cette barrière peut être surmontée ou contournée par des programmes seulement robotiques ou par l'achat de tickets quasi-touristiques à des fins d'affichage risque de ne pas survivre à l'expérience de la réalité. Car, outre que les robots ne peuvent encore se substituer à l'homme sur certaines tâches, la présence de l'humain emporte avec elle une dimension symbolique, et donc politique, irremplaçable. Dès lors, la **présence de l'Europe dans le vol habité se présente, elle aussi, comme un enjeu de souveraineté** en ce qu'elle détermine sa capacité à décider des règles du jeu et à faire entendre sa voix.

Si, dans ce contexte, la France et l'Europe (notamment l'Italie et l'Allemagne) parviennent à établir un consensus fort pour maintenir et développer leurs capacités de vol habité, reste à voir les options qui s'offrent à elles.

*Déterminer la meilleure approche pour
le développement incrémental d'une
capacité de vol habité européen*

L'essentiel, à ce stade, est que la stratégie française **ne ferme pas la porte à un vol habité européen**, et qu'elle puisse même, dans une approche plus ambitieuse, en faire un axe fort, en articulation avec sa volonté de faire du spatial un levier central de sa stratégie de défense intégrée (cf. Axe I *supra*).

Une fois ceci posé en objectif, reste à déterminer l'option la plus crédible à porter au niveau européen, seule échelle pertinente pour un tel programme. Outre la perspective d'un abandon assumé du vol habité européen, il convient d'écarter deux autres options parfois envisagées :

- **L'achat ou le troc de places** sur des missions américaines, chinoises, indiennes ou russes. Outre les incertitudes économiques¹⁰⁶ et géopolitiques qui pourraient barrer la voie à certaines de ces options, il est déjà évident que ce chemin n'est pas bon marché dans la mesure où les places devraient être facturées autour d'une centaine de millions d'euros tous frais compris. Cet état de fait conduirait inévitablement à augmenter les budgets ou à réduire le nombre et l'ambition des missions. Surtout, elle est antithétique avec un récit *positif* tenant à la participation pleine et entière d'astronautes européens à un projet international de coopération. Pire, elle risquerait de fragiliser l'existence du programme de l'ESA, en éloignant les citoyens européens voire en suscitant un rejet fort (refus de devenir le *client* d'une puissance spatiale, refus de missions médiatiques, critiques d'une empreinte climatique injustifiée, etc.) ;

¹⁰⁶ S'agissant des initiatives commerciales, à commencer par les projets 'CLD' de la NASA, aucune viabilité technologique ou économique n'est aujourd'hui démontrée. Il s'agit donc, à ce stade, d'une option plus qu'incertaine.

- **Station européenne en orbite basse** : parfois avancée, cette option se heurte à des obstacles majeurs, à commencer par son coût. L'ESA a envisagé une autre voie, celle d'une station internationale où l'Europe prendrait le *leadership* sur certains modules, mais continuerait de dépendre d'acteurs tiers pour l'accès habité. Cette voie, également coûteuse et peu pertinente d'un point de vue souverain, signifierait au demeurant que le coût d'exploitation de la station viendrait en priorité rémunérer des entreprises étrangères à l'écosystème européen.

On pourrait également imaginer une voie de coopération avec l'Inde, dans le sillage de l'accord signé (MoU) en mai 2025 entre l'ESA et l'agence spatiale indienne (ISRO). L'Inde ayant un projet de station habitée et l'Europe disposant, en cas d'arrêt du programme de la station lunaire *Gateway*, de modules non utilisés, des combinaisons sont possibles. La France pourrait s'y montrer d'autant plus favorable qu'elle entretient avec ce pays une relation proche au plan industriel et militaire. Un tel projet est cependant secondaire par rapport à celui de disposer d'une capacité de vol habité autonome. En outre, les cycles de coopération qu'il engage se comptent en décennies. Dès lors, toute incertitude géopolitique peut conduire à apprécier prudemment chaque perspective de collaboration.

À l'aune de ces options à écarter, on peut dresser une synthèse des options possibles pour ensuite se concentrer sur la plus prometteuse.

Tableau n° 10 • Les options pour le vol habité européen, dont le rôle de la France

Options	Avantages/gains	Inconvénients/risques	Bilan
1. Fin du programme vol habité ESA et CNES	<ul style="list-style-type: none"> • Crédits supplémentaires à allouer à d'autres activités. • Concentration des efforts industriels vers des segments considérés comme plus <i>utiles</i> (dont exploration robotique). 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte des compétences en matière de vol habité. • Perte d'un générateur majeur de soutien au spatial dans l'opinion publique. • Absence de capacité à peser au plan international sur les développements et règles du vol habité. 	Risque majeur d'affaiblissement général du spatial européen
2. Maintien uniquement par achat/échange de places auprès d'acteurs tiers publics ou privés	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien du centre européen des astronautes et de certaines compétences. • Effet d'affichage possible à destination du grand public. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilise la base industrielle européenne. • Perte de compétences et technologies. • Aucune garantie d'économies substantielles par rapport à une solution autonome. • Absence de retombée industrielle et économique. 	Risque fort d'affaiblissement du spatial européen
3. Vol habité autonome en LEO d'ici 2035	<ul style="list-style-type: none"> • Principales briques technologiques maîtrisées. • Maintien/développe la BITD européenne. • Effet symbolique et politique fort, catalyseur pour le soutien du public au spatial européen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capsule à développer, mais technologiquement peu risqué (cargo puis habité, expérience ATV). • Programme complexe, à risque de dépassement de délais/coûts. 	Solution réaliste au plan technique et financier
4. Vol habité autonome sur capacité « corps portant » d'ici 2040	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité technologique duale pouvant aussi servir des besoins défense. • Effet symbolique additionnel par l'aspect fortement innovant. • Nombreuses commonalités avec l'option n° 3. 	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie de corps portant encore non maîtrisée • Risque coûts/délais plus important qu'option 3 et incertitude sur capacité à mobiliser industriels suffisamment. 	Solution attractive avec conditions (si développée en parallèle de l'option n° 3)
5. Modules permanents européens en LEO et au-delà	<ul style="list-style-type: none"> • En cas d'arrêt de la <i>Gateway</i>, il serait possible de (i) constituer une station européenne sur cette base ou (ii) contribuer à une station internationale (par exemple indienne). • Assure à l'Europe un rang de grande puissance spatiale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût additionnel (vs. option 3) en milliards d'euros (investissement puis maintenance). • Peu de consensus politique à date pour une station européenne. • Incertitudes à court terme sur les options de coopération. 	Trop ambitieux/coûteux, mais développements possibles à moyen-terme

Il convient dès lors, dans la perspective de la stratégie spatiale française puis des échanges à l'ESA au cours de l'année 2025, de **dégager et préciser une voie médiane autour de cette option n° 3, fondée sur une ambition technologique et des moyens financiers mesurés, cohérents avec ceux que l'Europe consacre actuellement, de l'ordre de 300 millions d'euros par an.**

Cette voie incrémentale que pourrait favoriser la France auprès de l'ESA et de ses partenaires européens consisterait en **deux grandes étapes** inspirées dans son architecture technique et contractuelle par ce qu'a mené à bien la NASA depuis la fin des années 2000 :

Étape n° 1 : le plein développement d'une capacité de transport de fret (cargo) à destination de l'orbite basse, selon une architecture ouvrant la voie à une déclinaison habitée. Ce chemin a d'ores et déjà été engagé par l'ESA en en 2023 avec son programme LEO *Cargo Return Service* visant à ouvrir la voie à un ravitaillement de l'ISS avant sa fin programmée, en sélectionnant deux entreprises (*The Exploration Company* et *Thales Alenia Space*) qui travaillent actuellement à des projets de capsules. Il ne s'agit pas d'un véritable contrat de services, mais de développement, pour des montants très limités : 25 millions d'euros par entreprise, assortis d'un objectif de démonstration d'ici 2028 vers l'ISS. *Thales Alenia Space* développe une capsule de 4,5 m de diamètre, à la silhouette type *Apollo*, dont la structure est d'emblée pensée pour évoluer ultérieurement en version habitée, et *The Exploration Company* avance un projet de capsule baptisée *Nyx*, dont un prototype suborbital (*Bikini*) a participé au vol inaugural d'Ariane 6.

Ces deux projets ouvrent la voie aux technologies du vol habité dont ils préfigurent la première brique, tout en laissant d'autres options ouvertes. Ils pourraient par ailleurs, en attendant de disposer d'une capsule habitée, se voir valorisés dans le cadre d'échanges sur un pied d'égalité, selon un principe de réciprocité : *transport contre participation à des missions habitées*. Ils s'ajoutent aux travaux déjà réalisés au cours

de la dernière décennie, comme le démonstrateur de rentrée atmosphérique *IXV* (vol suborbital réussi en 2015) et son successeur opérationnel *Space Rider* (mini-navette automatique actuellement en phase finale de développement), dont le vol inaugural, d'abord envisagé entre 2023 et 2025, est finalement reporté à 2027¹⁰⁷.

Étape n° 2 : le développement d'une architecture complète de vol habité, dont la pièce maîtresse serait une capsule apte au vol habité développée sur la base de la capsule cargo actuellement favorisée par l'ESA. Les difficultés rencontrées par *Boeing*, avec le développement de sa capsule *Starliner*, sans passer par une première étape cargo démontrent au demeurant la pertinence de ce chemin technologique et industriel.

En l'absence de décision politique immédiate pour l'étape n° 2, poursuivre le développement d'une capacité de cargo permettra au moins de dérisquer les technologies et les briques du vol habité.

Un exemple de voie concrète : une capsule européenne pour le vol habité

Un chemin pragmatique et réaliste pourrait passer par le développement d'une capsule, un véhicule spatial modulaire et adaptable, qui pourrait jouer un rôle clé dans les futures missions habitées. Cette approche, déjà étudiée par de nombreux travaux¹⁰⁸, repose sur quatre leviers techniques principaux :

¹⁰⁷ Parsonson, A. (2025, 25 janvier). *ESA Member States to Vote on Future of Space Rider in November, European Spaceflight*.

¹⁰⁸ Voir notamment l'étude "*Human spaceflight from Guiana Space Center*", C. Bonnal et. al, *Global Space Exploration Conference (GLEXP 2021)*.

1. La qualification du lanceur Ariane 64 pour des vols habités et l'adaptation du pas de tir ELA4 à Kourou. Cela inclut les enjeux de fiabilisation pour atteindre le niveau de sécurité attendu pour le vol habité, dont la redondance de certains composants, le développement d'adaptateurs pour accueillir une capsule et le module de service.
2. La conception d'une capsule habitable compacte et sécurisée incluant une tour d'éjection, capable d'accueillir trois astronautes, de s'approcher puis de se connecter à d'autres modules spatiaux.
3. Le développement d'un scaphandre capable de protéger les astronautes en phases critiques (lancement, retour, rendez-vous), voire de permettre des sorties extra-véhiculaires.
4. La mise en place de moyens propres de suivi (communications) et de récupération des astronautes (probablement en mer).

Ce chemin ne rencontre pas d'obstacle technique particulier. La capsule est un objet bien connu et dérisqué, employé depuis les années 1960 et encore aujourd'hui. Il constitue pour l'Europe le seul véritable défi avec des enjeux de maturité technologique (TRL) ; les autres composantes s'inscrivant dans des logiques d'ingénierie et d'interface maîtrisables. Certes, Ariane 64 se situe à la limite de sa capacité d'emport pour des missions en orbite basse étendue (LEO+), mais cette contrainte demeure gérable avec une optimisation adéquate de la masse et des capacités de la capsule et de son module de services.

Enfin, la maîtrise de ces technologies rend possible, si les Européens le souhaitent, le développement de technologies et de capacités plus ambitieuses (corps portant (cf. *infra*), station européenne, vaisseau vers la Lune, vaisseau réutilisable à atterrissage propulsé sur le modèle du *Starship* de *SpaceX*).

*La difficulté : les modalités de mise en œuvre
et le portage politique*

Même si elle s'appuie sur des bases solides, une capacité de vol habité reste un défi majeur pour l'écosystème spatial européen. De manière cruciale à cet égard, **l'architecture contractuelle d'un vol habité européen durable devra s'inspirer du retour d'expérience de la NASA**, y compris pour en éviter les écueils. Ce retour d'expérience plaide pour une architecture contractuelle garantissant au prestataire une visibilité suffisante sur le volume de missions attendues, assortie d'engagements clairs sur les coûts et les délais, mais aussi d'une marge d'autonomie dans les choix techniques.

L'attention portée à l'ingénierie contractuelle et aux meilleures techniques de partenariat public-privé (PPP) sera d'autant plus importante que le programme devra **tenir compte des spécificités du modèle européen en termes d'organisation du secteur spatial et de moyens**.

1. Les enjeux contractuels et de commande publique

S'agissant d'abord du volet contractuel, il convient d'élaborer **un contrat adapté dans lequel l'ESA jouera le rôle de client d'ancrage**. Il s'agit d'un objet juridique complexe, sur le modèle des contrats de la NASA jouant le rôle de client. Cette complexité peut se gérer, en premier lieu, en s'attardant sur les contrats de la NASA et les rapports de ses auditeurs internes, ces éléments étant en partie publics. Le type de contrat utilisé par l'agence américaine est à coûts fixes, ce qui signifie qu'hors causes attribuables au gouvernement – par exemple, un changement des besoins –, c'est au partenaire d'assumer les surcoûts. La NASA a attribué en 2010-2011 une série de premiers contrats visant au développement du système, puis, après évaluation, elle a confié en 2014 de premiers contrats (CCtCap) portant sur la qualification puis les vols de services à destination de l'ISS.

Dans le contexte européen, un schéma comparable inclurait donc, dans un premier volet, le développement et la qualification du vaisseau, qui devraient selon toute vraisemblance s'étendre sur une période allant de 8 à 10 ans. Dans un second temps, un volet viendrait s'ajouter pour en préciser les conditions d'exploitation, c'est-à-dire les missions, incluant le lancement, le retour et potentiellement la réutilisation d'une flotte de vaisseaux. Sur ce dernier point, il est par exemple possible d'envisager un schéma qui fonctionne selon des plages de cinq ans, avec un objectif de deux à trois vols par an, emportant trois astronautes.

S'agissant ensuite de la sélection du prestataire et de son pilotage, il conviendra de **faire émerger rapidement un prestataire compétent, motivé et capable de s'engager sur le temps long**. Les acteurs européens ont souvent fait preuve d'une posture passive, conditionnant leur engagement sur des programmes à la fourniture de subventions, en refusant d'assumer une partie significative du risque financier.

Trouver le bon partenaire sera d'autant plus important que **l'ESA ne disposera vraisemblablement que d'un seul et unique prestataire de vol habité**. Là où les États-Unis ont tenu au départ à avoir au moins deux prestataires pour assurer la continuité stratégique des missions d'acheminement des astronautes vers l'ISS, l'Europe peut n'en retenir qu'un à l'issue d'une phase compétitive. D'ailleurs, l'Inde et la Chine n'ont également recours qu'à une seule plateforme, et les États-Unis pourraient y être contraints au vu des déboires rencontrés par *Boeing*. Pour le dire dans des termes plus économiques, le *business case* risque de ne se matérialiser que pour une seule solution européenne.

Disposer d'un unique prestataire n'est cependant pas sans risque, notamment car cela diminue le pouvoir de négociation de l'ESA y compris en cas de retard ou de surcoût. Mitiger ce risque implique donc, d'une part, de sélectionner le meilleur prestataire (*preferred bidder*), ayant démontré sa capacité à gérer la complexité du programme en respectant l'enveloppe déterminée (spécifications techniques, coûts et

délais); d'autre part, un contrat correctement structuré, avec notamment des pénalités et une rémunération incitative à la performance. De même, il est impératif que **l'architecture permette à l'ESA de ne pas appliquer les règles du retour géographique**, radicalement incompatibles avec l'efficacité industrielle et financière requise.

Par ailleurs, l'agence (et/ou le prestataire, si ce dernier a la charge d'assurer le lancement, comme c'est le cas aux États-Unis) aurait nécessairement à négocier avec l'opérateur d'Ariane 6, seul lanceur disponible, et avec le CSG de Kourou. Ce monopole devra être fortement encadré par les pouvoirs publics – dont le CNES, en charge du CSG – pour pousser les opérateurs à ne pas générer de complexité et de surcoûts inutiles.

En termes de gestion globale, il est essentiel que, sur l'ensemble de ces éléments, **l'agence européenne soit leader et dotée des ressources nécessaires en interne pour la gestion et le suivi du contrat**, et ce sans éclatement injustifié des responsabilités et compétences avec les agences nationales. L'ESA sera en contrepartie tenue de la bonne exécution vis-à-vis des États membres. Une telle centralisation des responsabilités suppose d'ailleurs que l'ESA rende des comptes clairs aux États membres et fasse preuve d'une transparence exemplaire, notamment sur les aléas techniques ou budgétaires, dans un souci d'amélioration par rapport aux lacunes constatées sur certains programmes antérieurs.

2. Les enjeux et questions budgétaires

Le **budget européen, même renforcé, est nettement plus limité que celui de la NASA**. On notera sur ce point que les programmes comparables font apparaître des éléments encourageants et des points d'attention.

Comparatif des coûts de développement d'un système de vol habité

Les États-Unis, la Chine, la Russie et bientôt l'Inde disposent de systèmes de vol habité. Un comparatif des coûts associés n'est pas aisé, en raison d'abord de la faible transparence des budgets nationaux en Chine et en Russie. On peut toutefois présenter quelques éléments de cadrage s'agissant des programmes américains et indiens.

Aux États-Unis, *SpaceX* a réussi à développer la capsule *Crew Dragon* sur une décennie pour un coût estimé par la NASA à environ 1,2 milliard de dollars¹⁰⁹ entre 2011 et 2020. Ce montant couvre les travaux menés jusqu'à la qualification de la capsule, comprenant deux missions vers l'ISS ainsi que les lancements associés. Il exclut le développement de la capsule cargo, réalisé dans le cadre d'un contrat signé en 2006, ainsi que les missions ultérieures vers la station. Pour ces dernières, le coût estimé par siège était d'environ 55 millions de dollars pour *SpaceX*. Dans le cas de *Boeing*, qui a rencontré de nombreuses difficultés, le coût total de développement s'élevait à 2,2 milliards de dollars, pour un coût par siège estimé à 90 millions de dollars.

¹⁰⁹ Dans un rapport de 2019 "NASA's Management of Crew Transportation to the International Space Station", l'office de l'inspection générale de la NASA a procédé à une évolution des coûts pour conclure : "As of May 2019, Boeing and SpaceX's contracts were valued at \$4.3 billion and \$2.5 billion, respectively. Of those amounts, Boeing's costs for development and test flights were \$2.2 billion, while SpaceX's were \$1.2 billion. For crewed missions to the ISS, NASA awarded each contractor six round-trip missions. Assuming four astronauts per flight and using publicly available information, the estimated average cost per seat is approximately \$90 million for Boeing and approximately \$55 million for SpaceX, potentially providing cost savings over current Soyuz prices".

Le chiffre de 3 à 4 milliards de dollars, fréquemment avancé en France à propos de la capsule habitée développée par *SpaceX*, correspond en réalité au montant total des engagements contractuels souscrits par la NASA auprès de l'entreprise. Il inclut à la fois les coûts de développement initiaux, estimés à 1,2 milliard de dollars, et l'ensemble des missions ultérieures acquises par l'agence spatiale américaine, soit quatorze missions au total, dont plusieurs restent encore à exécuter.

En ce qui concerne l'Inde, les rares informations disponibles suggèrent que le coût initial du développement de sa capsule habitée, couvrant la phase de qualification – avec un vol test habité et deux vols d'essai sans équipage – avait été évalué à environ 1,2 milliard de dollars. Ce montant a été révisé à la hausse en février 2025, atteignant désormais 2,3 milliards de dollars, en intégrant deux vols habités ainsi que six missions sans équipage¹¹⁰.

Chiffrer le prix du développement d'un service complet de vol habité dans le contexte européen n'est pas aisé. On peut ainsi citer des facteurs favorables et défavorables pouvant faire varier l'enveloppe.

- **Facteurs favorables** : l'Europe dispose déjà, hors exceptions mineures, de l'ensemble des briques nécessaires au vol habité à l'exception de la capsule. Contrairement à l'Inde, l'Europe dispose également du retour d'expérience de ses astronautes sur les missions américaines et russes.

¹¹⁰ Reuters. (2025, février). "India raises budget for Gaganyaan human spaceflight mission to \$2.32 billion".

- **Facteurs défavorables** : la pression politique risque de s'exercer pour imposer une forme de retour géographique et/ou modifier les paramètres du contrat. L'absence d'expérience comparable en matière de gestion des contrats complexes devra être surmontée.

Ainsi, et avec toutes les précautions d'usage, **rien n'interdit que le coût pour qualifier un système de vol habité en Europe soit de l'ordre de 1,5 à 2 milliards d'euros sur 8 à 10 ans**, incluant les coûts des systèmes annexes nécessaires (adaptation du lanceur et du CSG). Tenir une telle enveloppe imposera toutefois une gestion particulièrement rigoureuse.

Il s'agit donc d'étudier comment ce budget pourrait être dégagé rapidement pour entamer les travaux, en partant du budget actuel et en tenant compte des contraintes. Schématiquement, cela nécessite *a minima* de pouvoir rediriger rapidement vers 2030 environ 200 millions d'euros par an du budget actuel de l'ESA sur le vol habité (environ 300 millions, les 100 millions par an restants étant nécessaires au fonctionnement des services et de l'infrastructure au sol, dont d'entraînement). Notre analyse se fonde ici uniquement sur des grandes masses aux fins du raisonnement, sans tenir compte des chiffres réels (qui varient de façon frictionnelle d'une année sur l'autre) ni des mécanismes complexes de financement de l'ISS et du programme *Artemis*. En réalité, le calendrier budgétaire ne serait pas autant linéaire : les trois premières années sont marquées par une montée en charge modérée liée aux phases d'étude, suivies d'une accélération nette au démarrage de la production. Cette phase est ensuite suivie d'une chute brutale des besoins financiers, partiellement compensée par le premier vol et les coûts récurrents liés à l'exploitation.

Il apparaît qu'à budget strictement constant, tout effort significatif de développement d'un vol habité autonome ne pourrait démarrer (hors projets limités, par exemple au cargo) qu'après la fin de l'ISS en 2030, les marges disponibles permettant de dégager des budgets significatifs qu'à compter de 2031. Ceci retarderait d'autant le programme. Même des pistes d'optimisation peuvent être imaginées, notamment

si l'activité de l'ISS est réduite de manière accélérée, comme semble l'envisager la NASA. Inversement, augmenter le budget total par an permettrait non seulement d'assurer la contribution européenne à l'ISS, mais encore de dégager des budgets dès 2026.

3. Les enjeux décisionnels et de portage politique

C'est à la fois le plus urgent et le plus difficile. Pour engager le processus, **la France pourrait ainsi porter auprès de l'ESA dès juin les décisions suivantes** à prendre lors de la conférence ministérielle de l'ESA en novembre 2025 :

- la confirmation du programme LEO *Cargo Return Service* incluant au moins deux ou trois vols vers l'ISS (en fonction de l'état de la station d'ici à 2030), avec sélection rapide d'au moins un prestataire d'ici à fin 2026 ;
- une intention de conclure un contrat de préfiguration pour une qualification au vol habité d'Ariane 6, y compris les évolutions à apporter au pas de tir ELA4 du CSG ;
- la décision d'entamer la définition de l'architecture d'un contrat de développement et multi-missions de vol habité, à conclure idéalement dans le courant de l'année 2026 pour ses premières phases.

Pour obtenir ces décisions au niveau intergouvernemental de l'ESA, **la France devra être en mesure de construire un consensus auprès de ses partenaires** européens, en premier lieu l'Italie, l'Allemagne, mais aussi le Royaume-Uni.

L'**Italie** a démontré un intérêt fort pour la thématique de l'exploration, encore renforcé par les incertitudes américaines, mais qui pourrait hésiter à assumer publiquement un recentrage de ses efforts sur un programme européen¹¹¹.

¹¹¹ Elle sera attentive à pérenniser le projet 'SpaceRider' d'acheminement de cargo, porté notamment par Avio.

L'**Allemagne** a historiquement manifesté un certain intérêt pour le vol habité, mais a montré, dans la période récente, des réticences à l'endroit d'une voie plus autonome : le nouveau gouvernement pourrait, là encore dans le contexte actuel, se montrer plus ouvert, d'autant que les sites allemands d'*Airbus* et des *start-ups* actives outre-Rhin sur ce segment y trouveraient une place de choix. Enfin et surtout, la stratégie allemande récente s'est très largement expliquée par la place structurante qu'occupait la participation européenne au programme *Artemis*, érigée comme une priorité. Maintenant que la participation européenne semble compromise, la fenêtre d'opportunité pour convaincre nos partenaires allemands semble se rouvrir.

Le **Royaume-Uni**, de son côté, pourrait voir dans ce programme une opportunité de rapprochement avec le continent. La nature duale de la solution capsule pourrait du reste constituer un facteur d'intérêt supplémentaire.

La France pourrait dans ce cadre :

- **Consentir à laisser l'Italie et l'Allemagne jouer un rôle de *leaders***. Elle en retirerait de nombreux bénéfices stratégiques, qui pourraient venir soulager les tensions politiques qui émaillent la coopération spatiale européenne, mais aussi budgétaires et industriels, puisque l'on rappelle le regain d'activité que de tels programmes d'exploration pourraient permettre, sans même oublier les lancements à partir d'Ariane 6. Le vol habité pourrait faire œuvre, contrairement aux difficultés qu'il laisse parfois augurer, d'aventure rééquilibrante pour un secteur européen dans la tourmente politique et industrielle.
- Appeler à **faire de l'UE, pour la partie civile, l'acheteur des services subséquents**. Ce rôle est cohérent avec la montée en puissance de l'Union européenne et de l'EUSPA dans la lignée de *Galileo* et d'IRIS² en permettant, en outre, de s'affranchir de la contrainte du retour géographique. Cependant, pour qu'un tel financement

puisse être consenti, il est impératif qu'un programme de financement du vol habité et des technologies associées soit inscrit, même de manière sommaire, dans le programme du prochain cadre pluriannuel financier de l'Union (MFF 2028-2034).

En conclusion, il ne faut pas nier les complexités d'un programme autonome de vol habité, appelé à s'étaler sur 10 à 15 ans au moins. En revanche, les arguments techniques et stratégiques se précisent et façonnent une nouvelle approche du vol habité, qui n'est plus qu'un simple luxe redondant, mais bien un facteur de puissance et un catalyseur de technologies duales. L'Europe dispose désormais de lignes de force identifiées, d'atouts industriels majeurs et d'un corpus technologique éprouvé ou en maturation. Il s'agit du reste d'une décision politique, dont la nature consistera à choisir entre **la mort à plus ou moins brève échéance du vol habité européen ou sa renaissance en un projet fédérateur** pouvant infléchir le destin spatial européen.

*Vers une plateforme Européenne duale
de corps portant*

L'option d'une capsule balistique est la voie privilégiée pour un vol habité autonome européen, mais elle présente deux désavantages :

- Si elle est une technologie connue et donc moins risquée, elle trace de ce fait un chemin faiblement innovant, y compris en comparaison avec les autres puissances spatiales. Même maîtrisée en Europe, elle ne placerait pas notre continent à la pointe de l'innovation.
- Le capsule admet des éléments de dualité civil/militaire (systèmes d'approche et de rendez-vous automatiques, par exemple, permettant de s'approcher et d'observer des objets en orbite) mais ces gains sont limités.

C'est pour dépasser ces limites qu'il est possible **d'envisager dès à présent le développement en Europe d'une plateforme duale à haut niveau d'innovation et à fort potentiel dual. La technologie de choix de ce point de vue est celle dite du corps portant** : elle permet d'utiliser la structure de l'objet spatial pour générer de la portance (et non ses ailes, lesquelles équipaient par exemple la navette américaine) et donc de s'appuyer sur l'atmosphère pour se diriger à haute vitesse (au-delà de Mach 5).

Ainsi, un tel corps portant peut servir à développer des missiles hypersoniques (à tête nucléaire ou conventionnelle), très difficilement interceptables avec les moyens actuels. Les États-Unis, la Chine et la Russie en disposent, mais pas la France qui cherche à s'en doter ; d'autre part, ce corps portant peut être équipé de systèmes de vol habité et ainsi revenir se poser au sol de manière précise. Une capsule à l'inverse, se pose en mer, avec souvent peu de marges de précisions, et d'importants efforts logistiques pour être récupérée.

Au vu de ce potentiel intéressant, la France pourrait porter dès à présent ce projet, en parallèle d'un programme de capsule. À cet égard, **l'Europe pourra s'appuyer sur de nombreux acquis, tant au niveau de l'ESA que des industriels :**

- L'agence européenne dispose des acquis des programmes passés comme l'IXV (*Intermediate eXperimental Vehicle*), démonstrateur de rentrée atmosphérique contrôlée testé en 2015, et par le futur véhicule *Space Rider* porté par TAS et l'Italie, prévu pour effectuer des missions orbitales réutilisables dès 2026.
- D'autres industriels européens comme *Dassault Aviation*, ou ADS ont déjà participé à des projets explorant cette technologie. *Dassault* a notamment proposé le concept VEHRA, un véhicule spatial à lancement aéroporté réutilisable, et a contribué à la définition aérodynamique du programme américain X-38 imaginé par la NASA comme véhicule de secours pour l'ISS.

Le groupe a d'ailleurs récemment réaffirmé sa volonté de porter un tel projet, et dispose de fait d'importantes réserves financières en raison du succès du Rafale à l'export.

Le développement d'une telle plateforme pourrait se faire progressivement, en commençant par une version non habitée à vocation expérimentale ou tactique. Pour la **transformation vers le vol habité, une partie significative des développements** pourrait être mutualisée avec ceux de la capsule habitée, notamment en matière de systèmes de guidage, de protection thermique, de logiciels critiques et de certification humaine.

Développer une telle plateforme, modulaire et évolutive, comporte bien sûr un coût qu'il est possible de situer autour du milliard d'euros, sur la base des programmes comparables (IXV, *Space Rider*, X-37B américain). **Compte tenu de sa portée stratégique, un cofinancement par l'Union européenne serait pleinement justifié**, en particulier *via* les fonds consacrés à la défense pour les applications militaires, mais aussi les programmes de recherche comme *Horizon Europe* pour les usages civils et institutionnels. Ce programme représenterait ainsi un saut qualitatif stratégique pour l'autonomie technologique et spatiale de l'Europe.

Enfin, **l'approche parallèle entre capsule et corps portant limite les risques de disponibilité** : en effet, si ce second programme devait connaître des difficultés ou être arrêté, la capsule serait prête à donner à l'Europe la capacité de vol autonome recherchée. Inversement, si la version habitée du corps portant devait porter ses fruits, la capsule pourrait être arrêtée après un nombre limité de vols de qualification.

*La Lune, horizon immédiat
de la conquête spatiale*

La Lune s'est réinvitée dans les agendas stratégiques des puissances spatiales depuis une décennie. Ce regain d'intérêt se trouve notamment cristallisé par le programme chinois ILRS (*International Lunar Research Station*) et le programme américain *Artemis*, le premier mesurant la valeur symbolique de se poser sur notre satellite naturel 80 ans après l'anniversaire de la révolution¹¹², le second répondant à un enjeu industriel et, désormais, de puissance¹¹³. Les succès chinois pour ses missions robotiques est largement reconnu – tenue des délais, réussite des missions, cohérence globale de l'architecture – et contraste avec les hésitations américaines.

La rapidité de déploiement de ces deux programmes et leur signification politique masquent cependant un **mouvement généralisé de retour vers la Lune**. Il associe aussi des puissances plus discrètes, comme le Japon ou l'Inde, qui semblent inscrire l'objectif d'une exploration lunaire dans leur feuille de route à moyen terme (années 2040), mais aussi des entreprises privées étroitement associées au programme américain.

Récemment, plusieurs missions à destination de la Lune ont illustré ce retour. On compte, par exemple, la mission indienne *Chandrayaan-3* en août 2023, qui a permis à l'Inde de devenir la quatrième nation à se poser à la surface lunaire et la première à accomplir pareil exploit au pôle sud. La Chine a poursuivi son chemin de démonstration technologique en devenant, en mai 2024, la première nation à rapporter des échantillons lunaires depuis plusieurs décennies avec *Chang'e 6*. Le Japon a démontré un haut niveau de précision avec sa mission SLIM en janvier 2024. Du côté américain, la mission *Nova-C d'Intuitive Machines* (IM-1) a marqué en février 2024 le premier alunissage réussi par une entreprise privée. Cette dynamique s'est poursuivie avec la mission

¹¹² La date de 2029 pour un alunissage chinois est régulièrement évoquée.

¹¹³ « D'une course à la Lune à l'autre », *Space International*, n° 7, octobre 2024, pp. 48-53.

IM-2, qui a été conçue pour tester un système de détection de glace et un foreur robotisé, mais avortée au bout de quelques heures à la surface, et avec le succès de *Blue Ghost*, opéré par *Firefly Aerospace*, qui a livré plusieurs charges utiles scientifiques sur le sol lunaire.

Dans ce contexte et jusqu'à présent, **l'Europe n'a pas fait de la Lune une priorité et s'est largement contentée d'un appui au programme américain *Artemis***, en espérant décrocher à terme un siège sur l'une des missions pour ses astronautes. Cet appui s'est concentré sur deux aspects :

1. L'ESA est responsable de la fourniture du module de service du vaisseau Orion, inspiré du véhicule européen ATV et essentiel pour la propulsion, la navigation et le support de vie des astronautes durant leur transit vers puis autour de la Lune. Plus de vingt entreprises de dix pays européens sont impliquées dans ce projet en tant que sous-traitantes.
2. L'ESA contribue également à la station *Gateway*, une station imaginée pour orbiter la Lune, et servir de porte d'entrée vers elle dans le cadre d'une présence permanente. Ses caractéristiques en faisaient un successeur naturel de l'ISS, bien que pour des fonctions totalement différentes. L'Europe était notamment chargée de développer deux modules clés : l-Hab (module d'habitation) et ESPRIT (module de ravitaillement et de communication).

Cette coopération assumée n'a toutefois pas empêché l'Europe de se positionner sur des segments hors du strict cadre du programme *Artemis*, mais complémentaires avec lui.

- L'Europe a notamment cherché à se rendre indispensable sur le **segment logistique**, par exemple en développant avec *Thales Alenia Space* le module cargo *Argonaut*. Conçu pour livrer jusqu'à 4 tonnes de matériel à la surface lunaire, ce véhicule est destiné à une grande variété de missions, allant de

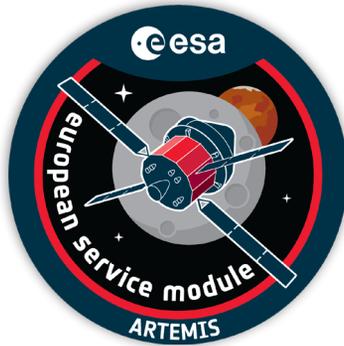
l'acheminement de vivres pour les astronautes à l'acheminement de charges utiles scientifiques ou robotiques. *Argonaut* est un atterrisseur de taille moyenne, ce qui lui confère des capacités très nettement inférieures à celles de ses homologues américains. Il n'est ainsi pas indispensable au point de constituer un maillon critique des futures chaînes d'approvisionnement de la présence humaine sur le sol lunaire, mais devrait en revanche s'imposer comme un moyen privilégié pour atteindre certains terrains plus difficiles d'accès ou jugés comme trop risqués pour des atterrisseurs habités. *Argonaut* pourrait ainsi se concevoir comme une future solution complémentaire aux autres programmes d'exploration lunaire¹¹⁴.

- Parallèlement, l'Europe travaille sur le programme *Moonlight*, une constellation de satellites en orbite lunaire dédiée aux services de **télécommunication et de navigation pour les missions vers la Lune**, avec un déploiement initial prévu en 2028 et une pleine capacité opérationnelle à l'horizon 2030.

Ces deux projets voient simultanément leur pertinence économique diminuée par le possible redimensionnement d'*Artemis*, ou, pour le dire autrement, assistent à une remise en question de leur *business case*. Ils n'empêchent qu'ils constituent l'un comme l'autre, une possibilité de se positionner sur des segments stratégiques et par ailleurs à absolument maîtriser en vue de futures missions d'exploration. La raison d'être de tels projets devient alors politique et stratégique plus qu'économique.

¹¹⁴ Association Nationale de la Recherche et de la Technologie, *GT Objectif Lune. (2022, septembre). Pour une constellation lunaire européenne : L'Europe au service de la Lune, le savoir-faire européen au service de la coopération spatiale.*

La participation européenne à la capsule Orion



Copyright : European Space Agency – ESA.

À toutes ces contributions s'ajoute la coopération bilatérale entre la NASA et l'agence spatiale italienne (ASI), autour de la fourniture d'un module habitable destiné à la surface lunaire. Cette coopération, dont l'avenir est au moins aussi incertain que celui des briques européennes, avait placé l'Italie aux avant-postes pour prétendre à l'hypothétique représentation européenne sur la Lune dans le cadre du programme. La proximité politique entre le gouvernement italien actuel et l'administration américaine pourrait toutefois permettre de préserver une partie de cet accord.

Ce cas illustre, en creux, le risque croissant de voir certains États membres adopter une stratégie en cavalier seul, privilégiant des partenariats bilatéraux avec les États-Unis au détriment d'une approche collective européenne. Un tel mouvement menacerait inévitablement la cohérence des efforts européens en matière d'exploration. Ce danger dépasse d'ailleurs le seul champ de l'exploration lunaire, ainsi que les négociations avec SpaceX (cf. *supra*) ont pu en attester. Ce risque n'est pas sans rappeler la possible fragmentation de l'unité européenne à raison de la tension commerciale avec l'administration américaine, chaque État membre cherchant à négocier individuellement un traitement de faveur.

Dans une logique similaire, **l'Europe s'est ralliée, sans concertation aucune entre ses membres**, aux *Accords Artemis* (cf. *supra*), un cadre international consistant en un ensemble d'accords bilatéraux, établi par la NASA pour promouvoir, selon cette dernière, une exploration spatiale pacifique et coopérative. Parmi les signataires figurent la France, l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, les Pays-Bas, la Belgique, la Suède, la Suisse, la Roumanie, la Pologne, la République tchèque, la Slovaquie, la Lituanie, l'Estonie, le Danemark, l'Autriche, la Finlande et la Grèce. Il est important de noter que la signature de ces accords n'est pas une condition préalable à la participation au programme éponyme. Ainsi, certains États européens peuvent contribuer au programme par le biais de l'ESA sans être signataires des accords.

Graphique n° 21 • Pays signataires
des Accords Artemis¹¹⁵



¹¹⁵ À la date de parution de la note.

Or, dans un contexte en évolution rapide, les **efforts européens en lien avec la Lune pourraient s'avérer être un bien mauvais calcul**. Déjà, aucune de ces participations n'a jamais garanti qu'une place soit réservée à un astronaute européen dans un module lunaire à destination de la surface. Premièrement, par principe de réciprocité, les États-Unis peuvent faire valoir que les participations européennes ne concernent que les infrastructures habitées en orbite vers et autour de la Lune, et non à sa surface. Ainsi, le 10 avril 2024, **le président Biden a confirmé que le premier non-Américain sur la Lune serait Japonais**, soulignant à la fois l'engagement technologique du Japon, fournisseur d'un habitat lunaire mobile, et l'impératif géopolitique visant à équilibrer la concurrence chinoise dans la course actuelle.

Comme évoqué au début de cette partie, l'arrivée aux affaires de la seconde administration Trump généralise l'incertitude géopolitique en matière de coopérations et a récemment recadré le programme *Artemis*. À court ou moyen terme, les baisses proposées du budget de la NASA laissent entrevoir la possible annulation du lanceur SLS (*Space Launch System*), compromettant par là même les possibilités de lancements des capsules *Orion* avec le module de service européen et de la station *Gateway* dans sa version plus puissante (Block 1B) après *Artemis III*, et donc la participation technique et stratégique européenne à *Artemis*.

Un temps envisagé comme nouvel administrateur de la NASA avant d'être disqualifié, Jared Isaacman, a certes confirmé dans son audition du 10 avril 2025 que recouvrer la capacité à envoyer un humain sur la Lune restera la priorité de l'agence à court terme tout en maintenant l'objectif martien – mais il est de plus en plus probable que, dans ce domaine, les partenaires soient exclus. Ainsi le programme *Artemis* s'oriente-t-il vers un redimensionnement plutôt qu'une annulation, l'enjeu immédiat se cristallisant autour de la course contre la montre pour devancer le programme chinois. Cette réorientation des priorités implique bien évidemment une simplification du schéma des missions *Artemis*, justement critiqué pour sa complexité en comparaison de son

programme rival chinois, ironiquement très inspiré par la première aventure américaine vers la Lune (*Apollo*).

Ce nouveau budget, tout comme le redimensionnement du programme *Artemis*, n'a pas encore été définitivement validé et devra être soumis à l'approbation du Congrès. Le Sénat, particulièrement composé d'intérêts liés aux chaînes industrielles du programme *Artemis*, pourrait tenter de politiquement pousser un maintien du schéma existant, au moins jusqu'à *Artemis V*. Indépendamment de son vote qui pourrait remettre en cause tout ou partie des coupes envisagées, le contexte actuel contribue à entretenir un climat d'incertitude dans lequel l'Europe peine à définir une stratégie autonome et durable.

Cette situation n'est pas qu'une déconvenue industrielle pour les Européens. Comme évoqué plus haut, elle compromet d'abord les perspectives de vol habité au-delà de 2031 et de désorbitation de l'ISS, car même en l'absence de garanties pour une présence à la surface, les Européens avaient d'ores et déjà sécurisé plusieurs missions à destination de la *Gateway*.

Programme Artemis : le retour impossible ?

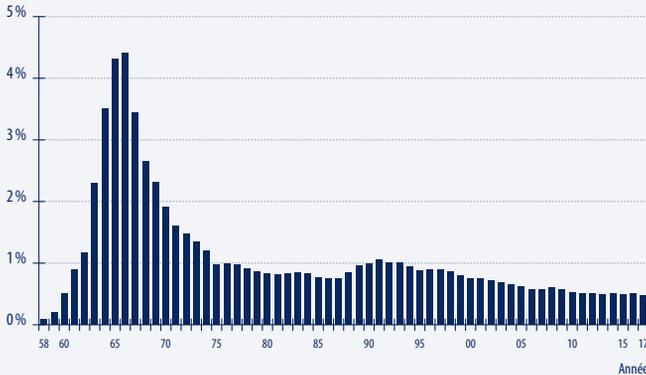
La course à l'espace est une manifestation centrale de la Guerre froide. Au pic de dépenses, en 1966, le budget de la NASA correspond à 4,41 % du budget fédéral. Dans le sillage de la *Détente*, le secteur spatial, en particulier aux États-Unis, connaît un désengagement progressif des grandes missions d'exploration. L'importance des dépenses consacrées à la course à la Lune¹¹⁶ abîme l'acceptabilité sociale des programmes, en particulier une fois

¹¹⁶ Au pic de dépenses, en 1966, le budget de la NASA correspond à 4,41% du budget fédéral.

que l'objectif lunaire est atteint. Les deux dernières missions *Apollo* sont annulées faute de crédits suffisants. Ce désinvestissement du spatial se justifie d'autant plus que la fin des années 60 et les années 70 voient se juxtaposer les crises, qu'elles soient de nature géopolitique, économique ou sociale. La NASA est contrainte de revoir sa stratégie et se tourne vers le développement de la navette spatiale, un véhicule réutilisable conçu pour réduire les coûts des lancements et faciliter l'accès régulier à l'orbite terrestre.

Graphique n° 22 • Budget annuel de la NASA en part du budget fédéral

Part du budget fédéral



Cependant, cette stratégie se révèle un échec relatif. Les accidents tragiques des navettes *Challenger* (1986) et *Columbia* (2003) mettent en lumière les faiblesses du programme et freinent les ambitions de la NASA, qui ne souhaite pas mettre en danger des vies humaines pour le déploiement de satellites commerciaux. Par ailleurs, le coût d'exploitation des navettes s'avère bien plus élevé que prévu, et la promesse de vols fréquents et bon marché

ne se matérialise pas. Le programme est progressivement clôturé à partir de 2004 par George W. Bush, qui annonce que les missions iront jusqu'au terme de l'assemblage de la Station Spatiale Internationale (ISS). Le dernier vol a lieu en 2011.

Le retour américain sur la Lune est cependant resté un objectif régulièrement programmé et déprogrammé à Washington durant ces trente dernières années. La *Space Exploration Initiative* lancée en 1989 par le président George H. W. Bush a échoué en 1993 au Congrès, et le programme *Constellation* du président George W. Bush a été annulé par l'administration Obama en 2010, six ans à peine après son début. Le fait que ces projets aient tous été à l'initiative de présidences républicaines s'explique par le symbole culturel et politique qu'est devenue la Lune dans le récit conservateur. Il permet de mobiliser le discours d'une Amérique qui ayant reculé, et désormais tenue de renouer avec l'esprit pionnier à l'origine de son exceptionnalisme et de sa puissance. De leur côté, les Démocrates tendent à favoriser des plans martiens à long terme, dans la logique d'un esprit pionnier plus centré sur un exceptionnalisme politique de valeurs philosophiques.

Preuve tout de même de l'importance du sujet pour les États-Unis, *Artemis* est le premier programme lunaire habité depuis *Apollo* à avoir été maintenu malgré une alternance politique. Le plan actuel se compose schématiquement de trois éléments : le *Space Launch System* (SLS) de la NASA qui doit assurer le transport de l'équipage vers la Lune, deux *Human Landing System* (HLS) pour l'alunissage, et une station internationale baptisée *Gateway* pour assurer une présence permanente en orbite lunaire.

Il faut cependant s'attendre à des retards et des changements dans cette architecture. Le premier élément, le SLS, est critiqué

pour son prix¹¹⁷. En toute vraisemblance, les entrées en service de *Starship* de *SpaceX* et de la *New Glenn* de *Blue Origin* pourraient même remettre en question son utilité.

Ensuite, le *Starship HLS*, le vaisseau lunaire dérivé du *Starship* conçu par *SpaceX* pourrait ne pas être prêt d'ici 2028 du fait de sa complexité et de sa masse. Le module *Blue Moon*, construit par *Blue Origin*, pourrait devenir l'atterrisseur principal du programme tandis que le *Starship* serait réorienté vers l'objectif martien. Enfin, la station *Gateway* est critiquée pour la pression financière, matérielle et programmatique qu'elle fait peser sur *Artemis*. Jugée non indispensable face au programme chinois, son avenir est aujourd'hui incertain.

Surtout, cette situation place les Européens en situation d'être totalement exclus d'une course à l'exploration intimement liée à la définition même des principes de gouvernance du spatial, des règles de la présence humaine dans notre système solaire, et ce pour les décennies à venir et même au-delà. D'ores et déjà, les *Accords Artemis* illustrent bien à quel point la Lune se conçoit comme le fondement de la diplomatie spatiale, en proposant une réinterprétation du droit de l'espace essentiellement articulée autour d'une vision américaine centrée sur l'exploitation des ressources et l'utilisation exclusive de zones, en contradiction assez large avec les principes fondateurs du traité de 1967.

L'enjeu des ressources est également bien réel, mais souvent exagéré, ou *a minima* soumis à de nombreuses incertitudes. Il s'incarne surtout

¹¹⁷ Certaines estimations placent le coût de développement de la fusée et de sa capsule Orion à 43 milliards de dollars, soit presque la moitié de ce qu'a coûté Apollo ajusté à l'inflation. Le prix unitaire de la fusée se situe quant à lui autour de 2 milliards de dollars. Enfin, le budget de la tour de lancement représente, à lui seul, 2,7 milliards de dollars. De fait, la soutenabilité du lanceur peut être questionnée.

dans la possibilité de fabriquer du carburant par électrolyse pour les éventuelles infrastructures spatiales qui y opéreront, que l'on dénomme parfois sous le terme ISRU (*In-Situ Resource Utilization*).

En tout état de cause, la Lune pourrait servir d'avant-poste et de base de ravitaillement pour un ensemble d'activités spatiales. Ces enjeux n'apparaissent pas comme immédiats, mais pourraient se révéler cruciaux à un horizon de plusieurs décennies. Ces éléments plaident au moins pour que **l'enjeu lunaire fasse l'objet de réflexions approfondies au niveau européen et, le cas échéant, d'une stratégie claire.**

Ainsi, faute pour la France et l'Europe de développer une vision autonome du retour vers la Lune et des enjeux de gouvernance associés, elles **se condamnent actuellement à être spectatrices d'un jeu dont les règles seront fixées par d'autres.** Car si les temps actuels semblent nous rappeler les années de la Guerre froide, la course qui s'y joue est de nature différente. La Lune n'est plus une fin en soi, ou un simple lieu de passage à des fins de démonstrations technologiques et politiques, mais est appelée à accueillir une présence humaine permanente, et à servir de banc d'essai aux voyages plus longs vers Mars qui se dessinent.

Ainsi n'est-il pas question que l'Europe se jette dans la course lunaire par mimétisme ou par répliation d'un modèle de puissance, mais qu'elle affirme vouloir prendre part au futur de l'exploration spatiale. Si la Lune est amenée à devenir le lieu premier de détermination des équilibres de puissance dans le spatial, alors elle doit y trouver une place. Les missions conduites par *Intuitive Machines*, qui a récemment fait alunir une sonde pour un budget modéré de 70 millions de dollars, ou *Firefly Aerospace*, montrent d'ailleurs qu'une approche agile et ciblée est possible.

Tableau n° 11 • Liste des missions lunaires, succès et échecs confondus (recensée sur le site de la NASA)

	1958-1979	1980-2010	2011-Aujourd'hui
Chine	0	2	7
Corée du Sud	0	0	1
Emirat Arabe Unis	0	0	1
Europe	0	1	0
Inde	0	1	2
Israël	0	0	1
Japon	0	2	2
URSS / Russie	50	0	1
USA	39	5	7

La question cruciale est donc celle du positionnement stratégique de l'Europe et de la France dans ce cadre : veulent-elles et peuvent-elles se doter d'une autonomie dans certains segments de la conquête lunaire ? L'option maximaliste consisterait à se structurer comme un pôle lunaire autonome, intégrant un programme complet avec lanceur, atterrisseur et infrastructures dédiées. On peut saluer les apports d'un tel projet en matière de souveraineté technologique et politique, mais il se heurte pour l'heure à de trop nombreuses divergences, qui tiennent aussi bien aux limites financières qu'à l'absence de consensus européen sur le sujet. Des options plus réalistes et moins coûteuses, en revanche, sont tout à fait envisageables à court terme, sans fermer aucune porte à plus long terme.

Parmi les initiatives réalistes, le **lancement d'une sonde lunaire dans un horizon proche** pourrait constituer une étape importante. Pour maximiser son utilité, cette mission pourrait être dotée d'outils scientifiques

innovants ou servir de démonstrateur technologique, notamment dans le domaine énergétique. Une option plus ambitieuse encore pourrait relever d'un **retour d'échantillons lunaires provenant de couches profondes**. Les enjeux scientifiques qui tiennent à l'exploration de la Lune, parfois escamotés du débat public, intéressent en réalité des pans entiers de la recherche fondamentale. La Lune conserve les traces des premiers âges du système solaire et du couple Terre-Lune, précieuses pour comprendre leur formation et l'évolution de l'une et de l'autre. Les missions robotiques actuelles ne permettent d'en explorer que les couches superficielles, alors qu'un retour ciblé d'échantillons pourrait livrer des informations d'utilité scientifique.

Une autre piste serait de se positionner uniquement sur des **services orbitaux lunaires**, tels que le transport de fret ou l'établissement d'un système avancé de communication exploitant les données de l'espace cislunaire, qui pourraient elles-mêmes être enrichies par des technologies de rupture comme l'IA ou la cryptographie quantique, dont les applications et les retombées pourraient finir par bénéficier à l'ensemble du tissu européen.

Une troisième option, qui emporte la préférence de cette réflexion, est de **proposer une véritable vision stratégique et prospective de l'exploration lunaire, en envisageant dès la prochaine ministérielle de l'ESA un programme d'exploration lunaire non habitée**. Cette approche permettrait à l'Europe de se différencier en revalorisant le volet scientifique de l'exploration lunaire. En effet, le probable redimensionnement du programme *Artemis*, en ligne avec les annonces plus larges de la NASA, se fera très certainement au détriment des objectifs scientifiques, au profit d'un recentrage sur la rapidité d'exécution du retour sur la Lune, afin de devancer les missions chinoises.

Ce retrait américain comporte évidemment de très lourdes conséquences pour l'ambition européenne d'exploration lunaire et compromet également de nombreux ouvrages industriels. Il pourrait néanmoins

ouvrir un espace pertinent pour l'Europe, en lui permettant de s'avancer vers une identité lunaire qui lui soit propre, et qui se conçoive comme un chemin mixte, faisant à la fois le choix de la démonstration technologique et de la pertinence scientifique.

On voit bien du reste comment toutes ces briques composent le fondement d'un programme habité d'exploration lunaire par des Européens, si celui-ci devait un jour advenir. En l'occurrence, ce travail ne prend pas position en faveur d'un tel programme, mais considère *a minima* que cette porte doit être laissée ouverte pour les futures générations si celles-ci décidaient de s'engager sur une voie plus ambitieuse.

L'Europe dispose d'atouts indéniables pour emprunter un tel chemin. Son histoire l'a démontré, l'Europe spatiale sait parfois maîtriser ses coûts, permettant d'envisager des missions robotiques ciblées, peu capitalistiques mais porteuses d'un véritable intérêt stratégique. Les compétences dont elle fait la démonstration sur Terre en matière de robotique avancée laissent envisager des applications particulièrement pertinentes. Pour autant, un programme lunaire européen pertinent, selon les éléments que nous décrivons, devra maîtriser la chaîne de valeur suivante :

- La **mobilité cislunaire** est un préalable à toute stratégie d'exploration de la Lune. La mobilité cislunaire recouvre l'ensemble des capacités nécessaires pour effectuer des trajets entre la Terre et la Lune, dans les deux sens, avec des charges variables, qu'elles soient habitées ou logistiques. Elle suppose la maîtrise de trajectoires diversifiées, économes et sûres, ainsi que l'utilisation de lanceurs puissants, de véhicules de transport capables d'alunir et de revenir sur Terre, ainsi que d'infrastructures orbitales et de soutien au sol¹¹⁸. Dans son prolongement, la mobilité cislunaire renvoie à un objectif plus vaste de maîtrise des usages du domaine lunaire.

¹¹⁸ Laurent, J. (décembre, 2024). *La capacité de mobilité cislunaire : Un préalable au destin lunaire de l'Europe. Space International n° 07.*

- La **maîtrise de la chaîne logistique** est un autre élément central d'une trajectoire d'exploration. En l'occurrence, des capacités de déploiement automatique devront être privilégiées pour le transport et la livraison de matériel à la surface lunaire. Cela va sans dire, mais il est évidemment impossible de se poser précisément à côté d'un habitat de surface, ou de faire atterrir un cargo à trop grande proximité d'une présence humaine. Celle-ci n'est qu'embryonnaire, mais la capacité logistique devient essentielle dans la maîtrise de l'environnement lunaire. À court terme, l'enjeu pour l'Europe sera celui de pouvoir sécuriser un accès autonome à la Lune, pas encore acquis, loin s'en faut. Une fois le projet *Argonaut* finalisé, il constituera la base d'une solution européenne pérenne d'accès à la Lune. La continuité logique entre l'impératif d'une solution cargo et les futures ambitions lunaires européennes devient alors évidente.
- La **connaissance du terrain lunaire** est un autre préalable de l'exploration lunaire. À ce titre, l'Europe pourrait déployer des capacités en orbite cislunaire pour assurer une surveillance environnementale. Cette perspective semble d'autant plus cohérente qu'elle pourrait être croisée et alimentée par les compétences européennes en matière d'observation de la Terre. De telles capacités devraient au demeurant permettre de répondre à des besoins essentiels en matière de cartographie et de relevé topographique lunaire, préalables indispensables à toute mission scientifique ultérieure¹¹⁹. Par ailleurs, cette option suscite un intérêt marqué de la part des petits et moyens États membres de l'ESA, ce qui pourrait permettre de rapidement susciter un consensus politique.
- Une **mobilité de surface avancée** intégrant sans doute des outils d'intelligence artificielle. Cette mobilité, outre son intérêt technologique, permettra d'assurer des missions de reconnaissance

¹¹⁹ Association Nationale de la Recherche et de la Technologie, *GT Objectif Lune. (2024, octobre). L'empreinte environnementale des activités spatiales et lunaires. Dessiner la feuille de route européenne sur Terre et dans l'espace.*

indispensables à la future implantation d'habitats mobiles. Elle facilitera également l'exigence en matière de logistique une fois le module cargo posé sur le sol lunaire, comme *Argonaut*. Enfin, dans le prolongement du besoin de connaissance du terrain lunaire tel que nous l'avons avancé, cette mobilité permettra à des *rovers* lunaires européens d'agir comme des sherpas pour une éventuelle présence humaine, européenne comme étrangère.

- Enfin, la **survie lunaire**, et donc les **gains énergétiques**, constituent un autre domaine stratégique à développer prioritairement, puisque les missions lunaires devront être capables de survivre à la nuit lunaire, capacité sans laquelle leur durée de vie sera trop courte pour espérer réellement accomplir des missions d'intérêt, et justifier de ses coûts de développement du reste. Le nucléaire, en particulier, est appelé à jouer un rôle pivot dans la capacité européenne à subvenir aux besoins d'alimentation énergétique des infrastructures lunaires et des missions lointaines.

À cet égard, soutenir l'émergence d'une filière européenne de générateurs radio-isotopiques (RHU pour la chaleur, RTG pour l'électricité) n'est pas seulement stratégique, mais aussi nécessaire si l'Europe veut pouvoir mener des missions d'exploration en véritable autonomie. À ce jour, l'Europe demeure toutefois dépendante d'autres nations, notamment des États-Unis, pour l'accès aux générateurs radio-isotopiques, comme *ExoMars* en a fait la démonstration. Aucun cadre juridique n'existe du reste pour autoriser le lancement d'équipements nucléaires depuis le Centre Spatial Guyanais avec Ariane 6¹²⁰.

Le Royaume-Uni a fait de cette potentielle rupture une opportunité de se relancer dans la compétition spatiale, malgré un positionnement historiquement modeste pour une puissance de cet ordre. Il poursuit notamment

¹²⁰ Association Nationale de la Recherche et de la Technologie, *GT Objectif Lune*. (2025, février). *Position Paper – Ministérielle de L'ESA 2025 : Pour un engagement fort de l'Europe et de la France dans le domaine de l'exploration humaine et robotique*.

le développement d'un réacteur qui puisse être utilisé à la surface lunaire, un effort qui pourrait toutefois se révéler insuffisant pour soutenir seul des programmes d'exploration européens. La France pourrait à cet égard venir jouer un rôle particulièrement moteur, en envisageant la possibilité de produire de l'américium-241 à partir de plutonium-241 issu du cycle du combustible. Le groupe Orano, qui opère les sites de la Hague et de Melox, avait d'ailleurs récemment étudié cette possibilité¹²¹.

La mise en place d'un tel programme pourrait démarrer sans même attendre le lancement opérationnel du module cargo *Argonaut*. Un premier jalon pourrait consister à déployer à la surface lunaire un *rover* de démonstration technologique intégrant des capacités avancées de mobilité autonome augmentées par des outils d'intelligence artificielle. Cette mission permettrait également de valider des solutions techniques essentielles à la survie pendant la nuit lunaire, notamment en expérimentant des générateurs de chaleur à radio-isotopes (RHU) ou des concepts alternatifs, comme des modules protecteurs parfois surnommés *garages lunaires*.

Conformément aux objectifs scientifiques, il s'agira d'équiper le *rover* d'instruments dédiés à la prospection lunaire. Étant donné les coûts très élevés associés au déploiement d'une plateforme robotique – de l'ordre de 500 millions d'euros pour un *rover* de 500 kg –, une telle mission ne pourra se départir d'une certaine forme d'efficacité économique, qui passera par une durée opérationnelle prolongée, et en tout état de cause, dépassant les 14 jours d'ensoleillement lunaire. Si la décision politique venait à rapidement soutenir le lancement d'un tel programme, le respect d'un calendrier raccourci pourrait conduire à momentanément recourir à des services commerciaux d'alunissage proposés dans le cadre du programme CLPS de la NASA, en partenariat avec des sociétés privées comme *Blue Origin*, *Firefly Aerospace* ou *iSpace*. Pour des missions ultérieures et plus ambitieuses du programme, le module cargo *Argonaut* apparaît comme tout désigné.

¹²¹ Bader, S., & Henry, P. (mars 2024). *Potential radioisotope element harvesting from recycling of UNE. Orano.*

Cette vision prospective d'une exploration lunaire robotisée pose ainsi les bases d'un programme robuste, tout en laissant ouvertes les portes pour des aventures plus ambitieuses avec tous les prérequis qu'elle coche – maîtrise de la mobilité cislunaire, connaissance du terrain, briques technologiques pour une présence en surface prolongée – pour des missions ultérieures vers Mars.

Il faut également bien comprendre qu'au-delà de la Lune, toutes ces approches auront vocation à être reproduites sur Mars. Si la dualité civilo-militaire du spatial est fréquemment évoquée, y compris en matière de vol habité, la dualité Lune-Mars est tout aussi réelle et appartient comme le reste à un *continuum*. **On voit bien les difficultés qu'il y a à essayer de directement viser Mars en autonomie pour les Européens (ExoMars) sans n'avoir conduit aucune mission de la même nature à la surface lunaire.**

*Pour un élargissement mondial
des coopérations*

Le bouleversement que connaît le milieu spatial ne change pas le fait qu'il reste dominé par quelques grands acteurs : les États-Unis, la Chine, la Russie et l'Europe, mais aussi le Japon et l'Inde, qui concentrent à eux seuls l'essentiel des activités de lancement et de production du secteur spatial mondial.

Cependant, un nombre croissant de puissances se tourne vers les activités spatiales, en mesurant tous les avantages. Les Émirats arabes unis, la Nouvelle-Zélande ou la Corée du Sud en sont des exemples prégnants. Deux chiffres permettent d'illustrer cette évolution : 130 pays se sont dotés d'une autorité spatiale nationale ; tandis qu'en 2023 plus de 90 pays disposaient d'au moins un engin en orbite. La dynamique touche aussi les pays africains, dont certains se sont lancés dans une politique spatiale volontariste. À l'échelle du continent, l'Union africaine

a acté la création d'une agence spatiale africaine, dans ce qui constitue un signal sans équivoque de la prise de conscience des enjeux afférents au spatial. En pratique, l'émergence et la consolidation d'un véritable secteur spatial demeure une entreprise délicate pour qui n'en dispose pas. Ce coût d'entrée ouvre, comme nous allons le voir, de nombreuses voies de coopérations.

Le milieu spatial n'est pas exempt de paradoxes : c'est tout à la fois un **lieu d'expression de la puissance nationale**, mais également un **outil de coopération parmi les plus éprouvés**. Le milieu spatial a ainsi vu les Américains et les Soviétiques coopérer après la course à la Lune, tandis que la station spatiale internationale, pensée comme une forme d'avant-poste de l'humanité, s'est faite dans un cadre multilatéral et coopératif. En plein conflit ukrainien, c'est encore l'un des seuls lieux qui échappent au découplage vis-à-vis de la Russie, pour des raisons certes de convenance, mais qui sont au moins internalisées par chacun des pôles de puissance, dont aucun ne songe à remettre en cause la coopération pour la station spatiale internationale.

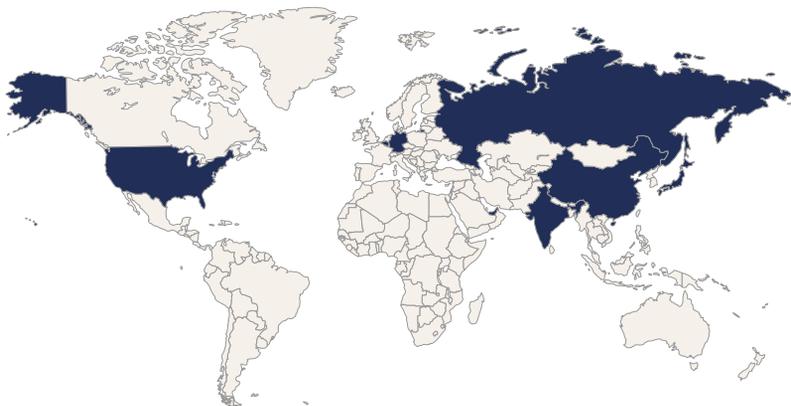
La logique aujourd'hui n'est toujours pas démentie. Le spatial reste un **outil de coopération**, et un **lieu d'expression de la diplomatie** sans nul autre pareil. Les deux programmes lunaires chinois et américains nous en donnent, s'il en fallait, une illustration particulièrement éloquente, un exemple prégnant, avec les *Accords Artemis* d'un côté, et l'IRLS, de l'autre.

La France, pour autant qu'elle souhaite que son secteur spatial demeure au premier rang, gagnerait à également se penser comme un **pôle de coopération central**, articulé autour de services propres et en ligne avec son identité spatiale. Elle le fait déjà avec l'Inde, qui inscrit le spatial comme l'un des lieux forts de l'expression de sa puissance, qu'elle vise à inscrire dans un cadre de coopération multilatérale. Elle le fait également avec le Japon, en particulier dans le cadre du partenariat d'exception qu'elle a noué avec lui.

La France peut mettre à profit son savoir-faire et son expertise au service de pays dont le secteur spatial est encore balbutiant, pour ne pas dire inexistant. Il s'agit d'un outil de **soft power** relativement puissant, mais pourtant sous-estimé, qui adosse à un sujet de rêve une **utilité réelle et déterminante** pour les pays cibles de la coopération. L'Université de Montpellier, par exemple, forme des générations d'ingénieurs sénégalais dans la conception et la construction de petits satellites¹²².

Dans le cadre de cette ambition renouvelée que nous appelons de nos vœux, les thématiques scientifiques et de l'exploration sont celles qui se prêtent le mieux à la coopération, tant évidemment qu'elles ne mettent pas en danger la mission en cas de basculement politique ou de réorientation des priorités d'un côté comme de l'autre.

Graphique n° 23 • Pays ou organisation auprès desquels le CNES a affecté un représentant permanent



¹²² Luinaud, M. (2023, 10 décembre). *Industrie spatiale : la France face à la compétition internationale*, Contrepoints.

Des ambitions spatiales d'un bout à l'autre du monde

De nombreuses puissances, y compris modestes voire émergentes, affichent des ambitions en matière spatiale. Ces intérêts peuvent cependant se heurter aux coûts d'entrée très importants du secteur. Ces dynamiques offrent autant d'opportunités de coopération pour la France, tant sur le plan industriel que diplomatique, dont voici quelques exemples.

Le Brésil est la principale puissance spatiale d'Amérique latine, dont l'aventure spatiale est marquée en 1994 par la création d'une agence nationale, l'AEB, qui succède à un programme spatial embryonnaire sous contrôle militaire. Le Brésil affiche une maîtrise relativement transversale de la chaîne de valeur spatiale et de ses segments, à commencer par la construction de satellites (dont *Amazônia-1*, entièrement national et lancé en 2021) ou l'assemblage de fusées-sondes lancées à partir de 2004, dont on rappellera utilement que la France ne dispose pas à date de publication de la note, ce qui l'avait rendue dépendante pour certains usages militaires critiques. Le Brésil opère enfin le centre de lancement d'Alcântara et collabore aussi de longue date avec la Chine sur les satellites de télédétection CBERS pour l'observation de la Terre. De façon générale, le Brésil identifie le spatial comme un levier pour la surveillance et la gestion de son immense territoire, bien que ses ambitions se trouvent bridées par une faiblesse des dépenses publiques consenties. L'intérêt pour la France d'une telle coopération est double et manifeste. D'une part, le Brésil est un partenaire géopolitique de poids et, d'autre part, la proximité de la Guyane ouvre la voie à une coopération naturelle, et permet d'imaginer de très nombreux projets communs. Au demeurant, l'Europe a déjà installé des stations

de télémesure au Brésil pour Ariane, ce qui laisse entrevoir un modèle de coopération encore plus large, particulièrement selon des lignes scientifiques et environnementales.

Les Philippines s'avancent de la même façon sur la scène spatiale mondiale, même si ses premières visées en la matière remontent au régime de Ferdinand Marcos. Dans le spatial, l'ambition philippine s'est récemment incarnée dans les lancements successifs de deux micro-satellites d'observation de la Terre : *Divata-1*, assemblé et construit localement, puis lancé depuis la station spatiale internationale, et *Divata-2*, cette fois lancé depuis la Terre par un lanceur japonais. En 2019, la création de la *Philippine Space Agency* (PhilSA) permet d'intégrer la politique spatiale du pays, jusqu'alors fortement décentralisée et articulée autour de nombreux acteurs. Elle est suivie de nombreuses initiatives qui incarnent encore davantage les ambitions du pays, à commencer par le programme *Maya* (engagé avant la création de l'agence) qui reprend le modèle de nano-satellites, et surtout le programme MULA (*Multispectral Unit for Land Assessment*), dont le but affiché est de renforcer les capacités nationales d'observation et qui doit aboutir au satellite le plus volumineux jamais construit par le pays. Récemment, la proximité de certains sites avec l'équateur l'a conduit à envisager l'établissement d'une base de lancement sur son propre sol. Comme pour les deux exemples précités, des coopérations en la matière sont déjà bien établies, notamment avec le Japon et le Royaume-Uni, dans le sillage desquelles la France pourrait s'inscrire, d'autant que les Philippines sont un partenaire sur les sujets de défense et de sécurité, comme en témoigne la récente nomination d'un attaché de défense auprès de l'ambassade de France à Manille.

Depuis 1999, le Nigéria dispose d'une agence nationale créée à des fins essentiellement civiles, la NASRDA, qui a encadré de nombreuses activités spatiales nationales, et notamment en matière de satellites depuis 2003, qu'il ambitionne désormais de produire localement¹²³. En complément, le Nigéria s'est fixé pour objectif l'envoi d'un astronaute nigérian, le développement d'un lanceur national et même une sonde lunaire. Ces perspectives ambitieuses, loin d'être réalisées du reste, traduisent pour le moins l'intérêt porté au secteur spatial, et la bonne compréhension du levier économique et technologique qu'il représente. Le spatial constitue également un outil que le Nigéria pourrait mettre au service de sa sécurité, alors que le nord-est du pays reste très marqué par la présence de *Boko Haram*. Il est aisé d'apprécier l'assistance que la France pourrait opportunément fournir en appui de ces ambitions.

Recommandation n° 6

La perspective d'un arrêt du vol habité européen doit conduire au développement d'une capacité autonome conservant à l'Europe une voix dans le concert spatial et ouvrant des perspectives technologiques duales.

- 6.1.** Face à la perspective d'un arrêt total du vol habité européen d'ici à 2031, il apparaît indispensable de **poser, de façon urgente et a minima, la question du devenir du vol habité à l'occasion de la prochaine ministérielle de l'ESA, afin d'en trancher les**

¹²³ Chizea, F. (2017, décembre). *Space technology Development in Nigeria, NASRDA*.

principaux enjeux et de définir une stratégie européenne claire et crédible en la matière. Cette stratégie devra notamment envisager l'avenir du vol habité européen à l'aune du démantèlement programmé de la Station spatiale internationale, prévu pour 2031, mais avec un risque de ralentissement des missions en fonction des décisions américaines. Ce questionnement doit être porté par la France dès le Conseil de l'ESA de juin 2025 afin qu'un débat structurant puisse être tenu à la conférence ministérielle de novembre de cette année.

6.2. Au plan opérationnel, l'Europe s'est engagée avec détermination sur la voie du cargo spatial, qui désigne un véhicule de fret autonome destiné à ravitailler des infrastructures en orbite basse. Une option cohérente pour l'Europe consisterait à poursuivre les projets de cargo décidés lors de la précédente ministérielle de l'ESA en **actant à l'automne 2025 un engagement sur deux à trois missions d'ici 2030. Cette phase initiale permettrait d'ouvrir, dès la décennie 2030, la voie à un véhicule spatial conçu pour des missions de durée moyenne, avec un potentiel d'évolution vers le vol habité.** Le projet supposerait dès à présent :

- La qualification d'Ariane 64 au vol habité afin que l'adaptation des infrastructures existantes (ELA4 à Kourou), dont l'évolution pour des missions habitées devra être planifiée dès 2025.
- Sur cette base, l'ESA pourrait initier, dès 2026, une feuille de route progressive visant à faire évoluer ce véhicule cargo en une capsule habitée. Cette capsule, capable d'embarquer trois astronautes, intégrerait un système de contrôle environnemental, une tour d'éjection, un système de navigation autonome et un système de rentrée atmosphérique avec bouclier et parachutes.

Cette transformation d'un système existant selon un modèle itératif à coût d'entrée maîtrisé permettrait d'accélérer les délais de mise en

œuvre tout en sécurisant l'architecture technique du futur véhicule habité européen. Ce véhicule offrirait en outre à l'Europe une capacité autonome d'accès à l'espace habité, tout en constituant une base d'échanges équitables avec les autres puissances spatiales et un levier structurant pour l'industrie spatiale européenne.

- 6.3.** En parallèle du programme de capsule, nous recommandons le **développement d'une plateforme technologique duale utilisant le concept du corps portant (*lifting body*)**, permettant à la France et à l'Europe de disposer de cette technologie à des fins militaires, mais aussi, à terme, comme véhicule habité réutilisable capable de se poser sur terre avec précision. L'Europe peut sur ce point compter sur plusieurs démonstrateurs ainsi que sur l'engagement de nombreux industriels intéressés par son potentiel dual.
- 6.4.** Financièrement et contractuellement, ces projets pourraient être soutenus dans un premier temps par une **réorientation partielle du budget annuel consacré au vol habité européen**, à travers un contrat pluriannuel de type *client d'ancrage*, sur le modèle des programmes COTS et CCDev de la NASA, combinant développement, qualification et premiers vols d'exploitation. Au vu des enjeux stratégiques du vol habité, l'Union européenne a également un rôle à jouer en tant que financeur et client. Pour ce faire, il convient d'inscrire sans attendre **un programme dédié au vol habité et aux technologies associées dans le prochain cadre financier pluriannuel de l'Union européenne (MFF 2028-2034)**, afin de lui permettre de devenir l'acheteur principal des services civils issus de ce segment. Cette approche s'inscrirait dans la continuité des programmes Galileo et IRIS², tout en permettant de s'affranchir des contraintes du retour géographique.

Recommandation n° 7

Lancer la France et l'Europe dans l'aventure lunaire en structurant un programme d'exploration non-habité fondé sur l'utilité scientifique et la démonstration technologique.

- 7.1.** Au sein de la *Stratégie spatiale nationale*, il est impératif de **définir une approche française claire en matière d'exploration lunaire, couvrant à la fois les dimensions exploratoires, économiques, géopolitiques et juridiques**. Une telle clarification conditionnerait directement la capacité de l'Europe à se projeter durablement dans l'exploration lunaire et à préserver sa crédibilité dans l'environnement spatial international.
- 7.2.** La France pourrait ainsi œuvrer à la définition, et pousser à l'adoption d'une approche européenne plus agile, en **soutenant un programme d'exploration lunaire non habitée et utile à coût modéré avec une forte portée symbolique et scientifique, susceptible de mobiliser l'opinion publique européenne et de nourrir une dynamique favorable à l'engagement spatial**. Une première étape d'un tel programme pourrait passer par l'envoi d'un rover à la surface lunaire, selon un schéma incrémental, fondé sur la maîtrise de la mobilité cislunaire, la connaissance du terrain lunaire, des démonstrateurs de technologies, en particulier sur le volet énergétique.
- 7.3.** Au plan technique et opérationnel, l'Europe doit **poursuivre la stratégie consistant à assurer sa maîtrise de l'environnement et de la mobilité cislunaire afin de se rendre indispensable sur certains segments critiques de l'exploration, notamment à travers l'atterrisseur *Argonaut* et la constellation *Moonlight***.

La maîtrise de ces capacités permettra à l'Europe de disposer de leviers de négociation vis-à-vis des principales puissances spatiales et de valoriser ses compétences, avec des briques technologiques qui manquent à d'autres puissances lunaires.

Recommandation n° 8

Exploiter pleinement l'outil de *soft power* que constitue le spatial et le mettre au service d'efforts diplomatiques plus larges par l'ouverture de nouvelles représentations du CNES au sein de postes diplomatiques français.

- 8.1.** Le spatial est habilement identifié comme un outil de *soft power*, malgré la contestation grandissante des plans orbitaux. En l'occurrence, le spatial est à la fois un levier politique et économique pour de nombreux pays, alors qu'il reste une activité seulement maîtrisée par une poignée d'entre eux. Dès lors, il apparaît opportun d'envisager une **densification du réseau diplomatique du CNES par l'ouverture de nouveaux postes en ambassade**, en complément des représentations qui existent déjà auprès des grandes puissances spatiales. L'ajout de postes éventuels pourrait se faire en visant de façon prioritaire les pays avec une forte ambition spatiale et un potentiel de coopération diplomatique.

Priorité n° 5
**Définir une stratégie industrielle française coordonnée
 qui agrège les ressources et soit plus agile**

*L'État dans son rôle d'accompagnateur face
 au chamboulement annoncé du paysage industriel*

Le premier sujet qui s'est posé à l'État a été de pouvoir accompagner la filière des lanceurs, notamment face aux risques majeurs de pertes de compétitivité d'Ariane et aux retards du programme Ariane 6. Ce chantier, encore en cours, est traité spécifiquement ci-dessus dans la note.

Cependant, l'État est désormais rattrapé par des urgences sur d'autres segments. **Frappés par les évolutions profondes du marché et la concurrence de nouveaux acteurs, les industriels spatiaux français et européens sont confrontés à des difficultés majeures.** En témoignent les pertes et suppressions de postes chez *Airbus Defence and Space* (ADS) et *Thales Alenia Space* (TAS) en raison, principalement, de la baisse continue des commandes de satellites géostationnaires, également traitée dans la note.

En octobre 2024, *Airbus* a annoncé la suppression d'environ 2 500 postes au sein d'ADS, afin de rationaliser son organisation et d'améliorer sa compétitivité. De la même manière, TAS a annoncé la suppression d'environ 1 000 postes sur ses sites français. Les opérateurs de télécommunications, notamment *Eutelsat*, rencontrent également des difficultés, avec des interruptions temporaires de services et des prévisions de conditions plus difficiles sur les services utilisant les satellites géostationnaires en Europe, mettant à mal la capacité de cet acteur français à financer sa contribution à la constellation européenne IRIS² et la prochaine génération de sa constellation *OneWeb*. **Par ailleurs, plusieurs acteurs estiment que le segment de l'observation, point fort français et européen jusqu'à aujourd'hui, y compris au niveau global, pourrait être rapidement confronté à une concurrence féroce.**

S'agissant d'ADS et de TAS, les difficultés sont d'autant plus importantes que les deux groupes se sont historiquement livrés une guerre larvée, refusant par exemple de partager les mêmes chaînes de sous-traitance. **Cette rivalité a généré de nombreux doublons particulièrement coûteux au niveau de l'État, se retrouvant bien souvent en situation de devoir financer des programmes de R&D parallèles.** Pris entre ces deux feux, le CNES a également financé des actions concurrentes, dans une éloquente mais aussi regrettable illustration du syndrome des tribus gauloises battues en brèche par les légions romaines déferlant depuis l'autre rive de l'Atlantique et bientôt de l'écosystème chinois.

C'est dans ce contexte particulièrement délicat qu'un serpent de mer du spatial français a fait son retour : le projet *Bromo* de rapprochement entre les filiales satellitaires de groupes *Airbus*, *Thales* et *Leonardo*, portant sur la création d'une société commune pour regrouper leurs actifs, limitée *a priori* à la seule fabrication de satellites. Cette ambition, du reste seulement encore au stade de projet, a été présentée auprès de la Commission européenne en mars 2025, et s'inspire du modèle de gouvernance de MBDA, avec une répartition tripartite du capital. Cette réorganisation, dont les contours et modalités n'ont pas été précisés, supposerait nécessairement une rationalisation des activités des trois groupes et verrait Toulouse rassembler les activités de télécommunications et Cannes celles liées à l'observation, tandis que l'Italie conserverait sa spécialisation dans l'exploration et le radar.

Ce projet porte d'incontestables mérites, mais il survient tardivement et, surtout, il relève davantage d'une posture défensive de consolidation, et non d'un esprit de conquête commerciale et technologique. On peut dès lors s'interroger sur les suites qui pourraient y être données et sur le rôle que les pouvoirs publics seraient à même de jouer à cet égard. **Plus fondamentalement d'ailleurs, la question peut être posée de l'ambition des grands groupes français dans le secteur**, dont le spatial est en effet loin de constituer le cœur du modèle d'affaires, ce qui peut parfois induire une marginalisation du segment dans leurs priorités stratégiques d'investissement.

Vers un MBDA du spatial ?

Certaines voix commencent à appeler de leurs vœux un scénario de restructuration plus large que le projet *Bromo* actuellement envisagé, dans l'optique de créer un acteur de taille critique capable de répondre aux besoins des gouvernements européens tout en maintenant une part de marché conséquente sur les marchés civils et commerciaux.

Ce scénario de structuration plus verticalisée pourrait ne pas se limiter aux seuls satellites et être étendu en amont (lanceurs, modules spatiaux) et en aval (services de télécommunication, connectivité). Un tel ensemble pourrait être porté par un actionnariat mixte associant États et industriels clés, y compris ceux issus des secteurs automobile et d'autres entreprises stratégiques comme les opérateurs de télécommunications terrestres.

Cette approche permettrait de renforcer les capacités d'investissement et de compétitivité face aux géants américains et chinois et ne serait pas sans rappeler l'organisation actuelle de *SpaceX* qui s'étend des lanceurs au service *Starlink*, ou encore, dans le contexte européen de la défense et toutes les précautions d'usage, au missileier MBDA.

Cependant, un tel projet soulève plusieurs questions structurantes : là où *SpaceX* se présente comme une succession de développements internes, un tel projet supposerait d'agréger des acteurs existants, aux intérêts parfois désalignés et avec toutes les difficultés tenant aux fusions de groupes avec des cultures différentes. Au plan politique, un tel rapprochement

impliquerait une convergence et des compromis importants entre l'Allemagne, l'Italie et la France – chacune ayant des intérêts stratégiques difficiles à partager, en particulier celui des lanceurs civils et militaires pour la France.

Enfin, au plan juridique, un tel projet supposerait un changement de paradigme dans l'approche concurrentielle de la Commission européenne. Autant d'obstacles surmontés en son temps par les Européens pour créer *Airbus*, dans un contexte cependant très différent d'aujourd'hui.

Le financement du tissu spatial français reste marqué par une approche sous-optimale

Quel que soit le scénario et le segment envisagé, l'État demeure limité dans ses marges de manœuvre, sans qu'il soit raisonnable d'espérer régler les problèmes par une hausse très importante des moyens, y compris dans le contexte actuel de hausses de budgets de défense. Dès lors, la question de la méthode à employer pour maximiser l'efficacité de la dépense se pose : elle interroge le rôle de l'État comme acheteur de produits et de services spatiaux.

L'incapacité de l'État, qu'il s'agisse du CNES ou de la DGA, à exploiter pleinement les ressources de l'appareil industriel et de recherche français pour les mettre au service d'objectifs stratégiques plus larges est revenu à de nombreuses reprises au cours des auditions conduites dans le cadre de ce travail. Ainsi a-t-il pu être avancé que la France, comme l'ESA ou l'Union européenne au demeurant, n'avait qu'imparfaitement su tirer parti des enseignements des succès obtenus par les États-Unis, notamment par le truchement de la NASA et de ses

programmes phares COTS ou CLPS, déjà cités à de nombreuses reprises. Toutes ces initiatives ne sont bien sûr pas intégralement transposables aux écosystèmes français et européens, notamment en raison de plus faibles budgets d'un nombre limité d'acteurs, mais méritent d'être étudiées.

Par exemple, **accorder aux opérateurs la liberté de définir les moyens techniques pour répondre à certains besoins exprimés, savoir rapidement écarter les acteurs ne satisfaisant pas ces besoins, encourager les industriels à investir leurs propres ressources selon une logique de *skin in the game*, et envisager que la puissance publique, qu'il s'agisse de la France ou de l'Union européenne selon le programme, devienne le client de référence**. Cette approche est d'ailleurs partiellement mise en œuvre dans certains segments, comme les achats d'images ou de services par le ministère des Armées, et en partie *via* le programme IRIS². Les opérateurs doivent pouvoir conduire des projets capables d'offrir des capacités intégrales *clés en main* aux États.

Les apports et limites de France 2030 en matière spatiale

Le cas de France 2030, plan d'investissement consacré à l'innovation et lancé en 2021 et ayant alloué près de 1,3 milliard d'euros au secteur, est un cas d'étude assez marquant en matière de politique d'investissement sur le secteur spatial. Il s'inscrit ainsi dans la continuité des programmes d'investissements d'avenir (PIA) et *France Relance* en sortie de crise pandémique, chacun ayant alloué des enveloppes dédiées qui ont permis de soutenir une centaine de projets, dont plus de 75 % portés par des *start-up* ou PME.

Sans doute est-il important de préciser qu'il est **nécessaire de disposer de budgets spécifiquement fléchés vers l'innovation et**

opérés indépendamment des opérateurs traditionnels. Ces derniers admettent ainsi des vertus propres que n'auraient pas forcément recouvertes d'autres dépenses à budget équivalent, ou peut-être de façon moins efficace. **En outre, un budget supplémentaire de 1,3 milliard d'euros alloué au spatial ne saurait en aucun cas être qualifié de dépense anecdotique.** Pour autant, **cette politique n'est pas exempte d'incohérences,** et pourrait, en l'espèce, être améliorée.

En premier lieu, plusieurs observateurs ont souligné les **limites de la gouvernance** du volet spatial de France 2030. Pour certains projets hors du périmètre de France 2030, en matière de spatial de défense par exemple, le secteur français sait faire preuve d'agilité : il arrive ainsi fréquemment, dans une optique d'efficacité, que la DGA délègue auprès du CNES certaines revues de spécifications techniques. Inversement, certaines personnes auditionnées ont souligné pour France 2030 des effets contradictoires.

D'une part, des **facteurs de lenteur injustifiés,** notamment dans la mesure où le déblocage de certains crédits alloués par France 2030 – fonctionnant selon l'approbation collective de tous les ministères concernés – a pu parfois s'engluer en l'absence de consensus clair, y compris pour des projets pourtant mineurs comme des études de marché.

De même, la **volonté fréquente de communication politique sur les résultats et les décisions d'engagement, qui peut ajouter aux retards pris** par certains projets pourtant absolument cruciaux. Il en résulte un risque de télescopage entre le *momentum* politique et la temporalité technique et commerciale de projets complexes en matière de spatial.

D'autre part, et inversement, la pression politique à court terme a pu dans certains cas conduire à des **décisions de subvention rapides, mais peu cohérentes avec les enjeux de long terme** de la stratégie spatiale française – certes jusqu'à aujourd'hui peu claire en l'absence

de document cadre. Cela a pu être le cas dans les projets de lanceurs, notamment.

En deuxième lieu, la décision d'allouer une partie des crédits de France 2030 à la contribution annuelle de la France à l'ESA, et non à des projets porteurs innovants interroge. Un récent rapport du Sénat¹²⁴ indique ainsi que « *La contribution française à l'ESA, financée à hauteur de 1 066 millions d'euros en 2024 par les crédits budgétaires conventionnels du programme 193 Recherche spatiale, est complétée par un cofinancement à hauteur de 41 millions d'euros en 2024 par des crédits du plan France 2030* ». Il est a priori peu cohérent de mêler les contributions françaises à l'ESA avec les soutiens dédiés à l'innovation spatiale en France, sauf à démontrer un lien direct et une utilité à passer par l'agence européenne.

En troisième lieu et enfin, France 2030 a incarné une nouvelle politique de financement consistant essentiellement en une logique de subvention selon des critères prédominants de viabilité commerciale et de potentiel d'innovation, se substituant à l'approche qui prévalait jusque-là autour des grands industriels. Cette pratique a cependant parfois conduit à des **subventions parallèles pour des projets affichant la même finalité**.

Les dangers d'un saupoudrage des financements du spatial

Ce problème de saupoudrage dans le cadre de France 2030 touche en réalité le financement du spatial de manière générale. En effet, **la politique industrielle spatiale française souffre précisément de cette dispersion des moyens, qui limite la capacité de l'État à structurer une véritable stratégie cohérente et efficace**. Cette approche privilégiée court le risque d'un certain *saupoudrage*, où les ressources sont

¹²⁴ Sénat. (2024, juin). *Le financement de la recherche spatiale. Rapport d'information n° 697 (2023-2024), op. cit., p. 68.*

éclatées en une multitude de projets sans véritable hiérarchisation. Elle produit au moins deux effets négatifs :

1. D'une part, l'État **fragilise l'émergence et la consolidation de champions industriels**. Cette dispersion des moyens n'est pas seulement inefficace, elle est également dangereuse pour un pays dont les moyens sont aussi contraints que ceux de la France.
2. Elle contraint également les investissements privés. Un acteur ayant l'intention d'investir dans le spatial fait face à une multitude de candidats, **diluant les financements et affaiblissant la structuration de la filière**. Si cette tendance perdure, il est à craindre que seuls les grands groupes parviennent à s'imposer, et que l'État perde l'opportunité d'accompagner efficacement de nouveaux acteurs industriels stratégiques.

Or, la pertinence commerciale d'un projet est une condition souhaitable de tout projet dans le spatial en Europe, mais secondaire par rapport à la pertinence stratégique. En tout état de cause, une telle politique ne peut se conduire au détriment d'une vision stratégique préalable. **Ce constat plaide pour que l'État parvienne à cheminer vers un nouveau point d'équilibre, articulé autour de ses besoins stratégiques et d'orientations industrielles plus clairement définies, c'est-à-dire une logique qui emprunte davantage au *top down*.**

Une approche plus rationnelle et plus agile pourrait s'incarner par une première phase de compétition ouverte pour identifier les projets les plus prometteurs, suivie d'un investissement massif sur l'acteur sélectionné. **L'approche actuelle, qui consiste à financer simultanément un nombre important d'acteurs sans ligne directrice, fait peu de sens industriel dans un environnement aussi concurrentiel que le spatial et dans un contexte de finances publiques dégradées.** L'exemple des microlanceurs, qui suscite toutes les passions en Europe et surtout en France, est à cet égard particulièrement éloquent. Plus généralement, l'État français a privilégié une méthode de subvention, au détriment

d'une stratégie plus agile. Cette pratique a ouvert la voie à des effets d'aubaine pour certains nouveaux entrants aujourd'hui sous-capitalisés, et dont la survie dépend entièrement de subventions publiques.

Dans le secteur des lanceurs, à titre d'exemple, une alternative pourrait être articulée autour d'un mécanisme où l'État définit un besoin précis – par exemple, la capacité de lancer un satellite en 48 heures en cas de crise, selon le besoin de lancement réactif décrit précédemment – et finance uniquement les entreprises capables d'y répondre, selon un modèle de **paiement à la performance**.

Le problème de dispersion se décline du reste à l'ensemble du continent européen. Mario Draghi ne l'a que trop bien rappelé : l'espace européen se caractérise par une fragmentation de son paysage industriel. Le spatial n'échappe pas à la règle, et compose en Europe un **éco-système morcelé, où chaque pays soutient plusieurs acteurs sans réelle coordination**. L'exemple des lanceurs est ici encore très parlant, mais d'autres sont tout aussi pertinents, comme les moteurs, où une **duplication des solutions brident considérablement la montée en capacité d'une base industrielle réellement européenne. Sans rationalisation sur ces deux volets, le secteur spatial est condamné à poursuivre son déclin**.

*Renverser la culture du risque :
pour une véritable stratégie de rupture*

Le sujet de la prise de risque technologique apparaît comme central et trouve une résonance toute particulière dans un secteur spatial caractérisé par la longueur des cycles industriels, l'intensité capitalistique et la dépendance aux commandes publiques. En l'occurrence, l'aversion au risque consiste à ne porter uniquement des projets dont le succès paraît probable, au détriment d'innovations plus incertaines mais qui demeurent le fondement de sauts capacitaires, ainsi que le

rappelle Bruno Sainjon : « *Si on réussit tout ce qu'on entreprend en matière de recherche, c'est que l'ambition de départ n'était pas suffisante* »¹²⁵.

Dans un rapport de 2023 consacré à l'innovation de défense, l'Institut Montaigne rappelle que ce biais est d'autant plus profond qu'il est enraciné dans une culture industrielle qui valorise la conformité aux objectifs fixés il y a parfois plus d'une décennie, davantage que la prise de risque ou l'initiative d'ingénierie¹²⁶. Cette inertie est particulièrement manifeste dans les grands programmes d'armement, aux cycles dits en V, qui articulent une phase descendante de conception et une phase ascendante de validation. L'entrée en service du Rafale en 2002, pour un besoin exprimé dès la fin des années 1970, ou encore les programmes d'armements dans le domaine de la dissuasion, illustrent bien ces temporalités longues. **Elles ne sont pas propres aux domaines aériens et maritimes, mais se vérifient aussi dans le spatial, où les choix d'aujourd'hui n'induiront de conséquences opérationnelles concrètes que dans dix à vingt ans.**

À ces inerties s'ajoute le paramètre budgétaire, dans la mesure où le coût élevé de ces programmes suppose une justification stricte de leur viabilité et de leur conformité aux attentes initiales, ce qui tend à rigidifier le système et à freiner toute tentative d'ajustement une fois le projet lancé. Dès lors, la prise de risque inhérente à l'innovation se heurte frontalement à l'impératif de livrer des capacités fiables, dans les limites financières et temporelles. Ces contraintes se font parfois d'autant plus fortes que les programmes évoluent désormais dans un contexte budgétaire dégradé et dans l'urgence géopolitique. Dans le spatial, cette dynamique produit un effet paradoxal : alors même que les cycles sont longs et les ruptures lentes à émerger, la transition entre recherche, démonstration technologique et industrialisation reste délicate, pour des raisons tenant aussi bien au financement qu'à l'accompagnement.

¹²⁵ Sainjon, B. (2022, juin). *Les technologies aérospatiales comme marqueurs de puissance des États*, Revue Défense Nationale n° 851, pp. 49-56.

¹²⁶ Institut Montaigne. (2023, juin). *Innovation défense: des instruments à renforcer*.

Ce diagnostic doit conduire à une révision profonde des modèles français, qui ont plutôt tendance à s'appuyer sur une approche incrémentale¹²⁷. Il existe une marge pour une politique d'innovation technologique plus audacieuse, fondée sur le financement précoce de démonstrateurs, la définition d'objectifs à dix ou quinze ans, et l'acceptation assumée d'une part d'échec, avec le maintien du rôle du CNES pour accompagner ces développements complexes et le pilotage de feuilles de route de technologies spatiales critiques de souveraineté. Cette nouvelle approche désigne en creux une répartition des rôles cohérente entre les exigences de court-terme, et les développements de long-terme avec leur part de rupture, qui peuvent être portées par les réservoirs de compétences techniques (CNES, ONERA, CEA etc.). À rebours d'une logique de prudence excessive, il faut accepter d'investir sur des hypothèses audacieuses, quitte à les perdre partiellement, si l'on souhaite demeurer en course pour certaines ruptures. Cela suppose une évolution du pilotage stratégique, toujours pour aller vers davantage de *top-down*. L'innovation technologique, et tout particulièrement dans le spatial, ne peut pleinement advenir sans un rapport au risque plus débridé, et ainsi lui assigner sa juste place dans la trajectoire de toute ambition. La propulsion spatiale fournit un ensemble d'exemples particulièrement intéressants.

*La propulsion nucléaire :
une opportunité pour la France*

La propulsion nucléaire désigne l'intégration d'un réacteur chauffant un propulseur, qui consiste en un système thermique, soit un moteur électrique. L'une comme l'autre de ces solutions technologiques doit théoriquement permettre de découpler l'efficacité et la durabilité des fusées et sondes spatiales et ainsi dépasser les limites de rendement induites par la propulsion chimique. Si des débats et des incertitudes entourent

¹²⁷ Tourneux, X. (2018, septembre). *Conflictualité dans l'Espace : enjeux et perspectives pour la France*, Cahier de la Revue Défense Nationale n° 70, p. 78.

encore la propulsion nucléaire appliquée au spatial, les réductions substantielles de trajet laissent entrevoir une très nette réduction des durées de trajet, par essence l'une des contraintes naturelles du voyage spatial. Le transfert vers Mars par exemple, pourrait passer de huit mois à seulement quarante-cinq jours¹²⁸, voire être encore davantage raccourci selon les schémas de vol envisagés.

Au-delà du volet exploratoire, la propulsion nucléaire pourra se déployer sur un ensemble de segments et d'activités spatiales, par exemple en matière de logistique orbitale, de ravitaillement d'avant-postes lunaires ou martiens et de manœuvres complexes pour la surveillance et la défense.

Si l'idée d'employer un réacteur nucléaire pour propulser un vaisseau spatial n'est pas nouvelle – la NASA avait déjà exploré cette piste dans les années 1950 avec le programme NERVA, avant de l'abandonner en 1972 –, elle connaît un regain d'intérêt sous l'effet croisé de l'irruption du secteur privé et du volontarisme politique revendiqué par certains acteurs en matière exploratoire (cf. *supra*). Aux États-Unis, le programme DRACO (*Demonstration Rocket for Agile Cislunar Operations*) a ainsi été relancé pour concrétiser la propulsion nucléo-thermique, avec un démonstrateur annoncé pour 2030, tandis que l'ESA travaille de son côté au projet *RocketRoll*. La NASA vient également de mener certains essais conjoints en janvier 2025 avec *General Atomics*. Avant son éviction, Jared Isaacman avait également prévu d'en faire l'un des piliers de la politique spatiale américaine. Les États-Unis ne sont pas les seuls à se lancer dans la course. On compte par exemple :

- la Russie, qui bénéficie de compétences croisées dans les domaines concernés ;
- la Chine, qui a annoncé de premiers démonstrateurs à l'horizon 2040 ;

¹²⁸ Cette durée de 45 jours concerne uniquement le temps de présence des astronautes à bord du vaisseau. Le moteur nucléo-électrique (comme le VASIMR) nécessite plusieurs mois d'accélération et de freinage automatisés, ce qui permet aux équipages de rejoindre le vaisseau en fin de phase propulsive, puis de débarquer avant le freinage final.

- l'Italie, qui a laissé entendre qu'elle pourrait prochainement publier une feuille de route sur le sujet.

En dépit de ce regain d'intérêt, l'adoption massive de la propulsion nucléaire est loin de s'avancer comme une certitude à court terme, en témoigne l'exemple du *Starship* de *SpaceX*, prototype martien qui ne s'appuie aucunement sur une telle technologie.

Pour la France, le développement d'une propulsion nucléaire spatiale présente plusieurs avantages stratégiques et industriels. D'une part, le pays dispose d'un savoir-faire historique en matière de recherche nucléaire, à commencer par le CEA et l'ONERA dont les compétences peuvent être mobilisées, pour concevoir des réacteurs miniaturisés et adaptés à l'environnement spatial. La première a d'ores et déjà lancé des études de faisabilité pour *RocketRoll*, décrite plus haut, et *Alumni*, en collaboration avec *ArianeGroup* (propulsion nucléo-thermique).

Au-delà, c'est tout un tissu industriel et technique qui mobilise des compétences en matière de nucléaire. Il n'est à cet égard pas inintéressant de constater que *Framatome*, qui conçoit déjà les réacteurs K15 qui alimentent les sous-marins nucléaires français et le porte-avions Charles de Gaulle, a récemment ouvert sa filiale *Framatome Space*, témoignant d'une maturité de l'écosystème pour se saisir de ces enjeux. Les apports d'une stratégie sont du reste assez facilement identifiables :

1. Permettre une évolution capacitaire significative en matière de spatial militaire.
2. Se positionner sur une brique technologique absolument centrale pour l'exploration lointaine et future, offrant donc une crédibilité politique et une potentialité d'exploitation commerciale.

Le ticket d'entrée, malgré l'intensité technologique d'un tel programme, n'atteint pas encore des sommes inenvisageables, et pourrait ne représenter que quelques centaines de millions d'euros¹²⁹, ce qui laisse une certaine latitude à la France pour s'engager sur cette voie.

En tout état de cause, un tel renversement de culture, volontariste par essence, ne peut émaner que de l'État stratège, seul réellement outillé pour enfanter et piloter un tel programme. La *Stratégie spatiale nationale* pourrait ainsi prendre ce défi à bras le corps et consacrer son inscription au sein de feuilles de route de façon à articuler une véritable stratégie de développement ainsi que l'octroi de contrats de R&D substantiels aux laboratoires publics et privés.

Mieux comprendre l'incidence des activités spatiales sur l'atmosphère

Inversement, outre un recentrage sur les développements technologiques à fort potentiel et risque (cf. *supra*), le **CNES devrait en lien avec l'ESA renforcer son rôle dans la recherche liée aux activités spatiales et à l'environnement spatial** de manière générale. C'est déjà le cas, par exemple, avec le *Space for Climate Observatory* (SCO) lancé à l'initiative de la France et du CNES en 2019 et qui rassemble en outre de nombreux acteurs internationaux : ce projet vise à renforcer et développer les moyens que le spatial met au service de la compréhension et de la lutte contre le changement climatique. Le *Paris Peace Forum* a de son côté coordonné une initiative importante autour de la gestion des débris spatiaux, *Net Zero Space*. Ce rôle de recherche peut être encore développé sur des problématiques émergentes de durabilité des activités spatiales, telles que la gestion des débris spatiaux qui fait l'objet d'un programme dédié à l'ESA, d'ailleurs en pointe sur le sujet, mais aussi de l'impact des activités spatiales sur la haute atmosphère terrestre.

¹²⁹ Aquilina, V. (2024, décembre). *L'énergie nucléaire dans l'espace – Quelles ruptures pour les opérations spatiales*, *Space International* n° 7.

En termes de volume, l'activité spatiale représente une fraction infime des activités humaines. Bien que le nombre de lancements orbitaux ait atteint un chiffre record de 261 en 2024, il reste modeste comparé aux quelque 30,5 millions de vols commerciaux annuels enregistrés dans le monde, soit environ 84 000 vols par jour. Quant aux rentrées atmosphériques de satellites, elles s'élèvent actuellement à environ une par jour, un nombre appelé à augmenter avec la multiplication des objets en orbite. Ainsi, malgré une croissance notable, l'activité spatiale reste quantitativement marginale par rapport à d'autres secteurs d'activité humaine.

Pourtant, au vu de la démultiplication prévue de ces activités et de l'incidence des phénomènes qui en découlent, plusieurs chercheurs et observateurs se saisissent de la question. En dépit de volumes faibles, les premiers résultats constatent que l'impact sur la haute atmosphère des lancements orbitaux et des rentrées de satellites – au-delà de la troposphère qui se termine vers 10 km d'altitude – pourrait être significativement et disproportionnellement plus important, dépassant donc la simple question de la pollution générée en CO₂ eq. Des chercheurs en France tels que Loïs Miraux¹³⁰ ont été parmi les premiers à souligner l'importance de comprendre et de caractériser ces impacts et leur croissance, qui pourrait à terme, significativement contribuer au changement climatique.

À l'heure où les États-Unis se détournent des enjeux de durabilité, la France comme l'Europe doivent maintenir et renforcer leur rôle en la matière. Le CNES pourrait jouer un rôle moteur interne en termes de moyens dédiés et externe par de la coordination, du financement de projet et des outils de communication importants. Ce serait en outre un levier d'influence important dans les négociations internationales à venir sur ces sujets, à condition toutefois que la France et l'Europe ne s'érigent pas en observateur moraliste extérieur, mais comptent aussi

¹³⁰ Miraux, L. (2022, février). *Soutenabilité environnementale et structurelle des activités spatiales dans l'Anthropocène, Science of The Total Environment, Volume 806, Part 4.*

comme des acteurs des activités spatiales. Les budgets de recherche à allouer restent modestes (de l'ordre de quelques dizaines de millions d'euros sur plusieurs années) au regard de l'importance du sujet et de l'influence qui peut en résulter.

*Penser le spatial comme une
politique de temps long*

Tous ces besoins, qu'ils soient de nature industrielle, scientifique, renvoient à l'impératif de penser le spatial comme une politique de temps long, avec la particularité des cycles qu'il engage. Or les dépenses consacrées au spatial français ont **souvent servi de variable d'ajustement**, ce qui contrevient parfaitement à la temporalité particulière des cycles industriels et politiques qui sous-tendent le spatial.

Dans son rapport publié en 2019, la Cour des Comptes s'alarmait déjà de la contradiction d'une telle approche : *« Contrairement à ce qui est pratiqué pour d'autres politiques publiques d'investissement dans des projets à long terme (comme dans le domaine de l'armement par exemple), la programmation budgétaire de la politique spatiale s'effectue selon une logique annuelle consistant à programmer les autorisations d'engagement à hauteur des crédits de paiement... Afin d'améliorer cette situation, il est nécessaire que les autorisations d'engagement du programme budgétaire 193 soient désormais programmées de façon pluriannuelle. »*

Les dépenses relatives au secteur spatial sont réparties de manière éclatée sur au moins six lignes budgétaires distinctes dans le cadre du projet de loi de finances (PLF). Cette fragmentation, qui tient largement à la tutelle partagée du secteur spatial, induit une répartition des lignes entre des documents et des sections différentes. Par voie de conséquence, la lisibilité globale des allocations budgétaires liées au spatial devient particulièrement complexe, voire quasiment inaccessible pour une analyse synthétique.

Reconstituer efficacement les dépenses du secteur relève d'un travail de rétro-comptabilité particulièrement exigeant, consistant à rassembler des informations éparpillées dans diverses sections du PLF et des lois de programmation. En 2022 à l'IAC, la Première ministre Élisabeth Borne a annoncé des dépenses pour le spatial à hauteur de 9 milliards sans jamais n'en préciser la temporalité ou la répartition. Cette dispersion nuit à la transparence et à la capacité à une vision claire des priorités budgétaires et des efforts financiers consacrés à ce domaine stratégique. À cette aune, un rapport parlementaire¹³¹ avait recommandé l'adoption d'un orange budgétaire, un document parlementaire transversal, qui rassemble et synthétise l'ensemble des crédits budgétaires et des dépenses associées à une politique publique spécifique, indépendamment de leur rattachement ministériel ou de leur section dans le PLF.

Le spatial est une industrie de temps long. Les investissements, la recherche, les compétences qui la sous-tendent rendent la perspective d'une dégradation de la compétitivité plus inquiétante encore.

Les efforts de rattrapage dans le spatial sont en effet plus délicats et ne répondent pas seulement à une logique de moyens. La Commission d'enquête sur la perte de souveraineté énergétique a bien démontré à quel point un sous-investissement industriel selon des vues politiques et court-termistes peut se révéler désastreux pour toute une filière et les compétences qui lui sont rattachées.

Les effets de la politique de sous-investissement industriel dont se sont rendus coupables les États-Unis dans l'industrie aéronautique jouent encore à plein aujourd'hui, comme en témoignent les inlassables difficultés du groupe *Boeing*, pourtant fleuron américain. Pour s'en remettre à l'industrie du spatial uniquement, on voit à quel point la baisse du budget de la NASA à l'issue de la course à la Lune a précipité les difficultés en matière de moyens, de stratégie, et de compétences sur des segments précis du vol habité.

¹³¹ *Assemblée nationale. (2023). L'avenir de l'industrie spatiale européenne. Rapport d'information n° 2 040.*

À ce titre, aucune baisse de budget ne saurait être seulement conjoncturelle. Ainsi, le CNES, pilier de la souveraineté spatiale française, a vu ses moyens réduits de façon drastique à l'occasion du coup de rabot budgétaire du printemps dernier, qui avait vu l'annulation de 193 millions d'euros de crédits sur l'exercice 2024, une coupe très lourde au regard de son budget annuel (2,6 milliards d'euros). Cette décision, apparaît comme symptôme d'une forme de négligence à l'endroit des enjeux stratégiques que représente le spatial, alors même que l'État dispose d'un budget annuel d'environ 497 milliards d'euros, parmi lesquels de nombreuses dépenses non prioritaires pourraient être identifiées et redirigées. De la même façon, en 2022, la dotation de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) s'est vue réduite de 4 millions d'euros¹³².

Ces coupes passent inaperçues, car elles ne touchent ni le quotidien des citoyens ni les lignes de front des débats publics. **Le spatial sert donc de filière miroir aux dérives d'une politique budgétaire focalisée sur l'immédiateté et conduite en fonction du coût politique.** Cette situation s'inscrit dans une tendance plus large : la difficulté à penser la dépense publique comme un outil de projection à long terme. Le spatial est en effet un secteur avec peu de visibilité au-delà de ses figures médiatiques que sont les astronautes et ses lanceurs. Il n'est pas soumis à un enjeu d'acceptabilité sociale. Pire, il suscite parfois la défiance, au détour de discours peu informés et prompts à amalgamer la politique de l'espace comme un choix puéril et inutile, par opposition à des problématiques terrestres qui seraient, elles, bien réelles. Comme nous l'avons vu, rien ne saurait être plus éloigné de la réalité : ce qui regarde l'espace regarde aussi la Terre.

Le recours fréquent aux crédits spatiaux pour financer des ajustements budgétaires, l'incapacité à les appréhender comme des dépenses obligatoires, montre que, pour une large partie des parlementaires et de

¹³² Lagneau, L. (2021, décembre). *Le Sénat dénonce la baisse de la dotation de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales en 2022*, Opex360.

la classe politique, le spatial est d'abord perçu comme une variable d'ajustement. Cela reflète une compréhension limitée des enjeux stratégiques qu'il représente. Ces arbitrages budgétaires, aussi légitimes soient-ils, témoignent d'une vision étriquée de l'importance du spatial et mettent en lumière l'urgence de sanctuariser les budgets alloués à des domaines stratégiques.

En cédant sur ces secteurs, la France abîme des outils essentiels à l'exercice de sa puissance, sans s'inquiéter des conséquences que cela induit au long cours. Au-delà du spatial, le décret de Bercy précité laissait également apparaître de nombreuses coupes dans les réserves de précaution en direction d'organismes de recherche et donc de pôles scientifiques et technologiques. Ils contribuent à envoyer le signal négatif d'un dessaisissement politique des enjeux stratégiques. Dans une note¹³³ publiée au mois de septembre, l'Institut Montaigne mettait déjà en évidence la contradiction entre la gestion approximative des finances publiques et le besoin toujours plus croissant d'investissements d'avenir. La politique du coup de rabot est souvent celle qui se fait au détriment des secteurs clés.

Recommandation n° 9

Faire évoluer les pratiques contractuelles et industrielles pour renforcer l'efficacité de la dépense publique et rationaliser l'industrie spatiale française.

9.1. Au regard de l'inefficience des modèles contractuels et industriels, la France puis l'Europe pour les projets qui la concernent, gagneraient à **systématiser le concept de *client d'ancrage développé***

¹³³ Lagneau, L. (2021, décembre). *Le Sénat dénonce la baisse de la dotation de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales en 2022*, Opex360.

avec succès par la NASA, dans lequel l'institution publique agit comme acheteur de référence dans le cadre d'un contrat pluriannuel couvrant plusieurs missions. Dans ce cadre, le prestataire conserve une large autonomie technique dans la conception et le développement, mais s'engage en retour sur les délais, les coûts, et la capacité à mobiliser des investissements et des débouchés privés complémentaires. Cette méthode, déjà empruntée par certains programmes de l'ESA, doit désormais s'imposer comme la norme et le système contractuel par défaut pour le développement de capacités ou de services à vocation duale ou commerciale, tant au niveau national qu'europpéen, dans des segments comme le vol habité, le transport orbital, la logistique ou l'exploration robotisée.

- 9.2.** En matière de financement de l'innovation dans le domaine spatial, il convient d'**adopter une approche plus rationnelle dans les phases d'amorçage, en évitant de démultiplier les financements (*saupoudrage*) pour éviter un effet de fragmentation des acteurs industriels alors même que les ressources sont limitées**. Cet effort implique en amont d'envisager des financements davantage articulés autour des besoins stratégiques de l'État, selon une logique *top down*, et les mieux positionnés pour parvenir au résultat escompté (*best athlete*).

Recommandation 10

Assumer le risque d'échec en lien avec des ambitions technologiques et scientifiques plus audacieuses.

- 10.1.** Cette évolution culturelle suppose une **plus grande tolérance institutionnelle au risque d'échec**, perçu non comme une faute mais comme une étape du cycle d'apprentissage et d'adaptation.

Elle requiert, en parallèle, une évolution des méthodes contractuelles vers plus d'agilité, de modularité et d'acceptation d'échecs dans le cycle de développement. À terme, il s'agit de construire un écosystème plus résilient, plus réactif et plus ouvert à l'innovation, au service d'une ambition spatiale souveraine. Cette approche, étroitement corrélée au niveau d'ambition, doit infuser également au sein des décideurs politiques et des industriels.

10.2. Dans la lignée de ce renversement d'approche, **la France doit intégrer une doctrine plus audacieuse en matière de technologies de ruptures, fondée sur l'acceptation raisonnée du risque lorsque celui-ci est corrélé à un fort potentiel transformateur.**

Certaines technologies aujourd'hui à la marge n'emportent pas de garantie de succès à court terme, mais représentent des leviers déterminants de supériorité capacitaire, de réactivité stratégique, et de positionnement industriel à long terme. Le modèle actuel d'innovation, trop centré sur une logique incrémentale et sur la conformité aux feuilles de route existantes, peine à intégrer ces paris technologiques. Il s'agit donc de créer les conditions d'un financement plus précoce, plus souple et mieux calibré pour des technologies encore à faible TRL, *via* des feuilles de route exploratoires en lien avec les industriels et les laboratoires publics. Sur ce dernier point, nous proposons de lancer un programme volontariste en matière de propulsion nucléaire avec l'objectif de disposer d'un démonstrateur selon un horizon fixé de 10 à 15 ans. Le projet pourrait figurer au sein des objectifs de long terme de la Stratégie spatiale nationale et figurer à l'ordre du jour du prochain Conseil de politique nucléaire.

Piloter le sursaut d'ambition

Que l'on ne s'y trompe pas. Malgré les défis qui s'offrent à elle, la publication d'une Stratégie spatiale nationale est une bonne nouvelle pour la puissance française. Elle constitue une occasion unique de renouer avec une ambition dans le domaine spatial et de reprendre le fil du récit. Car l'enjeu d'une Stratégie n'est pas seulement d'envoyer un signal politique, ou de servir à la visibilité économique, mais également d'être la pierre fondatrice d'un récit.

Précisément, il s'agit de pouvoir dire où l'on va, et comment cette politique s'intrique plus généralement avec le roman national. Aux États-Unis, le récit de la conquête spatiale a d'abord été celui du contre-modèle soviétique, une prolongation de l'exceptionnalisme américain et une nouvelle incarnation de la destinée manifeste, face à un monde tiraillé entre deux rationalités inverses. Le récit chinois, quant à lui, porte le narratif d'une élévation de la Chine au rang de première puissance mondiale – témoignage de l'accomplissement du rêve de Mao – sur fond d'une revanche que le Parti communiste permettrait de prendre sur les puissances occidentales.

En France et par extension en Europe, la nature du récit spatial n'est plus aussi évidente. Une partie de la problématique découle de la nature des efforts spatiaux européens. L'espace *utile*, entendu comme la conception, le déploiement et l'opération de satellites d'applications à destination de la population, est la raison d'être historique du secteur spatial en Europe. Les programmes visant, à l'origine, la mise au point de missiles balistiques nationaux, il est aujourd'hui difficile de leur donner une fonction de démonstration de puissance commune à tous les pays impliqués. Les programmes de constellations Galileo, pour la géolocalisation, et Copernicus, pour le climat, répondent tout autant à un critère d'utilité qu'à un besoin d'affirmation de la responsabilité politique de l'Union européenne.

Cette grille de lecture permet de saisir, par exemple, pourquoi jusqu'à présent l'Europe n'a jamais mené de programme de vol habité jusqu'à son terme. Or, ce modèle ne permet pas de justifier les efforts financiers et technologiques qui permettraient de retrouver une pertinence face à un modèle hautement motivé par des récits symboliques de Destinée Manifeste ou de puissance. Pour la France d'abord, mais l'Europe également, il convient de se donner les moyens de renouer avec un récit à sa hauteur.

Pour que la Stratégie spatiale nationale vienne ainsi correctement formuler ce récit, reste à déterminer les modalités de son pilotage et, naturellement, son contenu dans un contexte profondément transformé. Cette note, parmi tous les enjeux qu'elle a couverts, a choisi de ne pas s'arrêter sur le sujet de la gouvernance. Non que le sujet ne soit pas d'importance, mais les auditions conduites ont largement conclu à un fonctionnement satisfaisant de la mécanique interministérielle. Dans la conduite quotidienne des affaires spatiales, un point de consensus largement partagé par les acteurs interrogés est que la prise de tutelle par Bercy en 2020 a permis de fluidifier les échanges interministériels, en instaurant une autorité clairement identifiée pour assurer le pilotage global.

Cependant, la Stratégie spatiale nationale qui s'annonce nous semble être opportune pour formaliser et clarifier dans un document stratégique de référence la répartition des responsabilités entre les principaux acteurs du spatial français. L'éclatement des prérogatives, s'il ne nuit pas fonctionnement interministériel, complique tout de même la lisibilité et la transparence du secteur.

L'enjeu de transparence justement s'étend à la sphère publique, où le spatial – en dehors de ses symboles emblématiques – reste faiblement présent. Cette absence compromet l'acculturation scientifique et technique des citoyens, mais également des représentants. Elle fragilise de fait la compréhension collective des enjeux et réduit la légitimité

des décisions stratégiques dans ce domaine. Sensibiliser les citoyens comme les élus est donc une condition *sine qua non* pour renforcer l'adhésion et l'orientation démocratique des politiques spatiales et donc, pour façonner un récit.

Il est ainsi possible de regretter que les implications des assemblées parlementaires se limitent uniquement à des votes du budget et à des rapports d'information ; les travaux, parfois brillants, de parlementaires s'étant spécialisés sur le sujet résultent le plus souvent d'un choix individuel, motivé par un intérêt personnel pour le spatial, mais sans que ces efforts soient suffisamment portés par une structure permettant au contrôle parlementaire de s'exercer dans le temps. Par voie de conséquence, les recommandations formulées à l'issue de ces travaux ne sont pas toujours écoutées et sont jusqu'à présent restées cantonnées à faire l'objet de débats au sein de la modeste sphère spatiale, secteur par essence sujet aux intérêts captifs et parfois rétif à des changements trop profonds.

Il faut toutefois souligner des évolutions positives sur le sujet, portées à l'Assemblée par le groupe d'études aéronautique et espace, dont les récents rapports consacrés à l'avenir de l'industrie spatiale européenne (2023) et aux enjeux satellitaires et industriels (2025) marquent un regain d'intérêt dont on peut espérer qu'il se poursuive dans le temps, en particulier pour la mise en œuvre de la stratégie spatiale annoncée. Les auditions des présidents proposés pour le CNES (2021 et 2025) vont dans le bon sens, de même que les travaux de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) sur certains enjeux spatiaux (réutilisabilité, vol habité).

Pour aller plus loin sur le sujet et sensibiliser l'ensemble des parlementaires, instaurer des débats réguliers sur ces sujets dans les deux assemblées faciliterait une meilleure visibilité, une cohérence stratégique accrue et une responsabilisation des élus face aux enjeux de souveraineté nationale et d'innovation technologique.

L'ambition ne pourra du reste s'émanciper d'une réflexion plus large à l'échelle européenne, où la répartition des compétences se trouve percutée par l'exercice renouvelé de la puissance dans les affaires spatiales, et la transformation des méthodes de production et d'investissement.

Liste des acronymes

- AAE** • Armée de l'air et de l'espace
- ASAT** • Missiles antisatellites
- ASI** • Agence spatiale italienne
- ATV** • *Automated Transfer Vehicle*
- AWS** • *Amazon Web Service*
- B2B** • *Business to business*
- B2S** • *Business to soldier*
- BND** • Service fédéral de renseignement allemand
- BITD** • Base industrielle de défense
- CDE** • Commandement de l'Espace
- CERES** • Capacité de renseignement électromagnétique spatiale
- CERS** • Conseil européen de recherches spatiales
- CECLES** • Centre européen pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux
- CLPS** • *Commercial Lunar Payload Services*
- CNE** • Conseil national de l'espace
- CNES** • Centre national d'études spatiales
- CNRS** • Centre national de la recherche scientifique
- COCEM** • Comité d'État-major
- COSPACE** • Comité de concertation État-Industrie sur l'Espace
- COTS** • *Commercial Orbital Transportation Services*
- CSG** • Centre spatial guyanais
- CSO** • Composante Spatiale Optique
- DAMB** • Défense antimissile balistique
- DGA** • Direction générale de l'armement
- DGRI** • Direction générale de la recherche et de l'innovation
- DLR** • Agence spatiale allemande
- ESA** • Agence spatiale européenne
- EU-SST** • *EU Space Surveillance and Tracking*
- EUSPA** • Agence de l'Union européenne pour le programme spatial
- FFSC** • *Full-Flow Staged Combustion Cycle*
- GEO** • Orbite géostationnaire

- GIFAS** • Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales
- GNSS** • *Global Navigation Satellite System*
- GRAVES** • Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale
- GPS** • *Global Positioning System*
- HEDM** • *High Energy Density Materials*
- HLS** • *Human Landing System*
- ICBM** • Missiles balistiques intercontinentaux
- IDS** • Initiative de défense stratégique
- ILRS** • *International Lunar Research Station*
- IoT** • *Internet of Objects*
- ISS** • Station spatiale internationale
- LEA** • Loi d'orientation et de programmation pour la performance de la sécurité intérieure
- LEO** • Orbite basse
- LOS** • Loi relative aux opérations spatiales
- LPM** • Loi de programmation militaire
- MEO** • Orbite moyenne
- MEAE** • Ministère de l'Europe et des Affaires Étrangères
- MUSIS** • *Multinational Space-Based Imaging System*
- NASA** • *National Aeronautics and Space Administration*
- ONERA** • Office national d'études et de recherches aérospatiales
- PIA** • Programme d'investissements d'avenir
- PLF** • Projet de loi de finances
- PNT** • *Position-Navigation-Temps*
- PPP** • Partenariat public-privé
- PRS** • *Public Regulated Service*
- PWSA** • *Proliferated Warfighter Space Architecture*
- RF** • Radiofréquence
- ROEM** • Renseignement d'origine électromagnétique
- ROIM** • Renseignement d'origine image
- SAR** • *Synthetic Aperture Radar*
- SBIRS** • *Space-Based Infrared System*
- SBMEW** • *Space-Based Missile Early Warning*

- SBSS** • *Space-Based Space Surveillance*
- SD** • Stratégie de défense
- SDA** • *Space Domain Awareness*
- SEW** • *Shared Early Warning*
- SGDSN** • Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale
- SGPI** • Secrétariat général pour l'investissement
- SIC** • Systèmes d'information et de communication
- SLS** • *Space Launch System*
- SSA** • Capacités de surveillance de l'espace
- SSA** • *Space Situational Awareness*
- SSD** • Stratégie spatiale de défense
- SSN** • *Space Surveillance Network*
- SST** • *Space Surveillance and Tracking*
- THA** • Très haute atmosphère
- THR** • Très haute résolution
- TIRA** • *Tracking and Imaging Radar*
- TLP** • Très longue portée
- USSPACECOM** • *United States Space Command*
- VHE** • Vol habité européen

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des parlementaires et des haut-fonctionnaires sollicités ayant accepté de les rencontrer ainsi que toutes les personnes auditionnées ayant contribué à l'élaboration de ce travail. Si certains ont souhaité rester anonyme, nous pouvons citer :

PERSONNES AUDITIONNÉES

- **Matteo Ainardi**, *Managing Partner*, Arthur D. Little
- **Vincent Aquilina**, capitaine au Commandement de l'Espace
- **Jean-Marc Astorg**, directeur de la stratégie, CNES
- **Jean-Baptiste Autissier**, chef de projet politique spatiale, direction générale des entreprises (DGE)
- **Vincent Baudoin**, ancien conseiller de défense, IHEDN, vice-président de la spacetech Latitude, membre du Cospace DGE (Direction Générale des Entreprises), du GT Espace AAE (Armée de l'Air et de l'Espace) et membre de l'ANF (Alliance Newspace France)
- **Nicolas Berdou**, directeur d'investissement – Fonds Innovation Défense & Definvest, Pôle Deeptech Venture, BPI France
- **Emmanuel Bourdoncle**, chef de projet régulation et durabilité des activités spatiales à la Direction générale des entreprises (DGE)
- **Gérard Brachet**, directeur du CNES entre 1997 et 2002
- **Denis Cohen Salmon**, directeur associé Eurogroup Consulting, spécialiste des enjeux industriels de défense
- **Frédéric Colmou**, avocat, Counsel, Gide
- **Philippe Coué**, auteur et chercheur indépendant, spécialiste de la Chine spatiale
- **Christophe Cousin**, *Public policy principal*, Economic policy and competition
- **Pierre Faucoup**, *Chief Government Officer*, The Exploration Company
- **Jonathan Guiffard**, expert associé Défense & Afrique, Institut Montaigne

- **Alban Guyomarc’h**, chercheur doctorant en droit des activités spatiales (Univ. Panthéon Assas) et coordinateur du groupe Objectif Lune de l’ANRT
- **Béatrice Hainaut**, chercheuse en politiques spatiales, IRSEM (Institut de Recherche Stratégique de l’École Militaire)
- **Stéphane Israël**, *Partner*, BCG
- **Rémy Lambertin**, directeur affaires gouvernementales spatiales – France, Airbus Defence and Space
- **Pierre Lionnet**, directeur de recherche, Eurospace
- **Romain Lucken**, *CEO*, Aldoria
- **Philippe Lugerini**, ingénieur de formation et ancien cadre dirigeant de l’administration (Délégation générale pour l’Armement) et de l’industrie aérospatiale
- **Mathieu Luinaud**, *Manager*, PwC Global Space Practice
- **Matthieu Marandet**, *Deputy Head of Industry Practices*, Chubb
- **François Martin**, responsable Business Development composants ASIC pour les marchés du Spatial et de la Défense, STMicroelectronics
- **Xavier Pasco**, Directeur de la Fondation pour la Recherche Stratégique (FRS)
- **Gilles Rabin**, ancien conseiller spatial à l’ambassade de France à Berlin et précédemment directeur de l’innovation au CNES
- **Cécile Rilhac**, ancienne députée du Val-d’Oise, co-presidente du groupe d’étude aéronautique et spatial
- **Delphine Roma**, *VP Science*, Space Markets, Inno Tech GBU, AirLiquide
- **Ali Saïb**, universitaire, magistrat financier, ancien recteur, expert associé à l’Institut Montaigne
- **Florent de Saint Victor**, consultant en aéronautique et défense, rédacteur du blog Mars Attaque
- **Claire Scharwatt**, *Head of Public Policy France*, Amazon
- **Didier Schmitt**, responsable de la stratégie du directorat dédié à l’exploration humaine et robotique, European Space Agency
- **Arnaud Siraudin**, *Head of Innovation Practice for the Paris Office*, Arthur D. Little

- **Adeline Taravella**, directrice associée Eurogroup Consulting, spécialiste des enjeux de défense
- **Jérôme Vila**, *Deputy-CEO*, MaiaSpace

RELECTEURS

- **Alexandre Chazelle**, École de droit de Toulouse, IDETCOM EA 785, doctorant chaire Sirius / CNES
- **Émilie Desmots**, doctorante au centre Alexandre Koyre (EHESS)
- **Julien Doche**, ingénieur aérospatial
- **Amaury Dufay**, chercheur doctorant à l'Institut d'Études de Stratégie et de Défense (Université Lyon 3), spécialiste des dynamiques techno-capacitaires du New Space.

L'Institut Montaigne tient également à adresser ses sincères remerciements aux personnes suivantes pour leur engagement tout au long de l'élaboration de ce rapport :

- **Juliette Aquilina**, directrice du développement et de la communication
- **Nicolas Laine**, responsable des publications aux Études France
- **Thomas Luquiau**, assistant chargé de projets aux Études France
- **Brian Ndungo-Quiassata**, assistant chargé de projets aux Études France

Les opinions exprimées dans cette note n'engagent ni les personnes précédemment citées ni les institutions qu'elles représentent.



Institut Montaigne
59 rue La Boétie, 75008 Paris
Tél. +33 (0)1 53 89 05 60
[*institutmontaigne.org*](http://institutmontaigne.org)

Imprimé en France
Dépôt légal : juin 2025
ISSN : 1771-6756

ABB France
AbbVie
Accenture
Accor
Accuracy
Actual Group
Adeo
ADIT
Air Liquide
Allianz
Amazon
Amundi
Antidox
Antin
Infrastructure
Partners
ArchiMed
Ardian
Arquus
Arthur D. Little
August Debouzy
AXA
AXA IARD
A&O Shearman
Bain & Company
France
BearingPoint
Bessé
BNP Paribas
Bolloré
Bouygues
BPCE
Bristol Myers
Squibb
Brousse Vergez
Brunswick
Capgemini
Capital Group
CAREIT
Carrefour
CEO2CEO
Consulting
Chubb
CIS
Clariane
Clifford Chance
CNP Assurances

Cohen Amir-Aslani
Conseil supérieur
du notariat
D'Angelin & Co.Ltd
Dassault Systèmes
Delair
Deloitte
Domia Group
Edenred
EDF
EDHEC Business
School
Edmond de
Rothschild
Ekimetrics France
Engie
EQT
ESL Rivington
Eurogroup
Consulting
FGS Global
Forvis Mazars
Gide Loyrette
Nouel
Gigalis
Google
Groupama
Groupe Bel
Groupe Berkem
Groupe M6
Groupe Orange
Hameur et Cie
Henner
Hitachi Energy
France
Hogan Lovells
Howden
HSBC Continental
Europe
IBM France
IFPASS
Incyte Biosciences
France
Inkarn
Institut Mérieux
International SOS
Interparfums

Intuitive Surgical
Ionis Education
Group
iQo
ISRIP
Jeanet Associés
Johnson &
Johnson
Jolt Capital
Katalyse
Kea
Kearney
KPMG S.A.
Kyndryl
La Banque Postale
La Compagnie
Fruitière
LCH SA
Lenovo ISG
Linedata Services
Lloyds Europe
L'Oréal
LVMH
M.Charraire
MACSF
Média-
Participations
Mediobanca
Mercer
Meridiam
Microsoft France
Mistertemp'
Mitsubishi France
S.A.S
Moody's France
Morgan Stanley
Natural Grass
Naval Group
Nestlé
OCIRP
ODDO BHF
Ondra Partners
Orano
PAI Partners
Pelham Media
Pergamon
Polytane

Publicis
PwC France &
Maghreb
Qualisocial
Raise
Renault
Ricol Lasteyrie
Rivolier
Roche
Roche Diagnostics
Rokos Capital
Management
Rothschild & Co
RTE
Safran
Sanofi
SAP France
Schneider Electric
Servier
SGS
SIER Constructeur
SNCF
SNCF Réseau
Sodexo
SUEZ
Synergie
Teneo
The Boston
Consulting Group
Tilder
Tofane
TotalEnergies
TP ICAP
Transformation
Factory
Unicancer
Veolia
Verian
Verlingue
VINCI
Vivendi
Vodafone Group
Wavestone
White & Case
Willis Towers
Watson France
Zurich

Ce qui regarde l'espace, regarde aussi la Terre. Le spatial est un objet de rêves, un champ de science, un secteur industriel. C'est aussi un outil au cœur de nos quotidiens. En France, le spatial constitue une industrie de pointe, rapidement mise au service d'un projet européen plus large, qui a su trouver une voie d'excellence tant sur le plan commercial que scientifique et technologique.

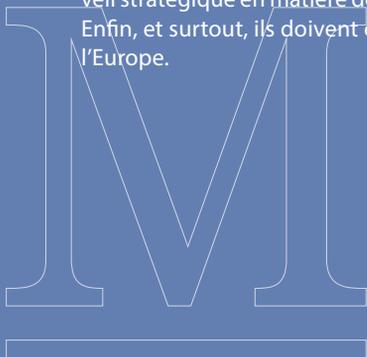
Pourtant, cette position unique de l'Europe se trouve percutée par les bouleversements profonds du paysage spatial, qui s'expriment aussi bien dans l'accélération des innovations que dans l'arsenalisation dont il est le théâtre.

Ce déclin porte en lui des dangers multiples, d'abord économiques et industriels, mais bientôt militaires. Le spatial est en effet un outil premier dans les opérations militaires et la capacité d'un État à se défendre dépend en grande partie de ses capacités spatiales en matière d'observation, de navigation et de communications.

La France s'apprête à annoncer une stratégie spatiale nationale – un exercice inédit depuis 14 ans – qui offre l'opportunité de se positionner face aux défis qui l'attendent. Dans un cadre européen, elle doit affirmer une véritable stratégie de puissance en concentrant ses efforts sur les priorités du spatial de défense – un domaine où, malgré l'excellence de ses technologies, elle demeure marquée par d'importantes dépendances.

Ce besoin de stratégie s'exprime également dans le champ de l'exploration et de la science, parfois escamoté du débat public, mais qui renvoie à des enjeux tout aussi importants. La réalisation d'une telle ambition ne pourra s'affranchir du reste d'un renversement profond des logiques industrielles et contractuelles qui ont articulé jusqu'ici le spatial franco-européen.

C'est l'ensemble de ces éléments qui pourra nourrir et guider un nécessaire réveil stratégique en matière de spatial, d'abord au niveau français, puis européen. Enfin, et surtout, ils doivent contribuer à réécrire un récit spatial à la mesure de l'Europe.



10 €

ISSN : 1771-6756

NAC2506-01