



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**

*Février 2025*

Alban Guyomarc’h, coordinateur du groupe de travail Objectif Lune, ANRT  
Clarisse Angelier, déléguée générale, ANRT

## Résumé exécutif

### L'Europe face à un défi historique : écrire un nouvel avenir commun spatial

La Conférence ministérielle de l'ESA 2025 saisit l'Europe dans un moment décisif. Tandis que les grandes puissances mondiales redoublent d'ambitions spatiales, **notre continent, faute d'une vision stratégique commune, risque de lourdes pertes sur les plans géopolitiques, d'innovation et de concurrence**. Ce risque menace potentiellement notre autonomie technologique et notre influence internationale, ainsi que nos capacités à mobiliser les talents européens pour relever les défis scientifiques d'aujourd'hui et de demain.

Il faut, par conséquent, **persévérer dans l'élaboration, ensemble, d'une stratégie commune en matière d'exploration spatiale**. La Ministérielle 2025 doit être l'occasion d'emprunter une voie collective dans laquelle s'ancrent les valeurs européennes, une voie conforme aux exigences d'un monde qui se réchauffe, politiquement et climatiquement.

### Deux axes stratégiques

En matière d'exploration, **l'Europe doit aller au-delà de sa position de partenaire participant à d'autres programmes pour oser définir une ambition proprement européenne**. Cela implique :

- **Une autonomie stratégique** : garantir un accès autonome à la Lune et développer des compétences robustes en matière d'exploration robotique. Définir un modèle européen d'exploration scientifique et d'utilisation raisonnée de l'espace et des corps célestes. S'engager dans des domaines technologiques d'excellence en mobilisant les savoir-faire continentaux reconnus dans les domaines spatiaux et non-spatiaux.
- **Des coopérations différenciantes** : grâce aux compétences développées de façon autonome, il faudra s'ouvrir vers d'autres domaines. Parmi ceux-ci, il y a le **vol habité**. Grâce à l'apport de savoir-faire critiques aux missions de partenaires, les Européens seront en mesure d'embarquer des astronautes vers les nouvelles destinations d'exploration. En parallèle, il faut aussi forger des alliances audacieuses avec des partenaires émergents (Amérique du Sud, Asie, Moyen-Orient), en proposant des capacités déterminantes (logistique, signal, etc.). Il convient de miser sur des projets de coopération novateurs et ancrés dans les valeurs européennes, notamment d'inclusivité, de durabilité et de responsabilité.

### Trois domaines clés

- **Accès et exploration** : l'autonomie d'accès à l'espace et plus particulièrement à la Lune est la clé de voûte d'une autonomie stratégique. Il faudrait donc poursuivre les chantiers en cours en matière de rétablissement de nos capacités de lancement et de logistique spatiale (cargo, Argonaute, etc.) ; tout en augmentant notre agilité dans ces domaines (disponibilité plus rapide de capacités de lancement par exemple).
- **Données et cartographie** : les orbites de corps célestes, dont la Lune, sont au cœur d'enjeux stratégiques pour l'exploration spatiale (géolocalisation, cartographie et catalogue des ressources lunaires notamment). L'autonomie d'accès aux données, leur analyse et leur sécurisation et leur diffusion doivent être considérées comme hautement stratégiques.
- **Énergie et robotique** : l'approvisionnement en énergie des installations et des robots déployés sur la surface lunaire est un défi technologique et un but à atteindre. En la matière, l'Europe doit se libérer de sa dépendance énergétique en investissant dans des générateurs nucléaires européens, tout en instaurant des programmes de mise en œuvre sur le long terme. La piste potentielle de l'utilisation locale des ressources spatiales (ISRU) est également à explorer. Par ailleurs, l'accélération du développement des compétences européennes d'exploration robotique est un enjeu. Il faut notamment continuer à spatialiser des savoir-faire européens reconnus pour la robotique terrestre : coordination d'essaims de rovers, assistance aux astronautes, navigation autonome, impression 3D et exploitation énergétique automatisée.

Grâce à ses experts, ses valeurs et son appétence pour la coopération, l'Europe spatiale peut développer un modèle équilibré : innovant, inclusif et adapté aux défis du XXI<sup>e</sup> siècle.

## Position paper

Depuis 2019, le groupe de travail Objectif Lune de l'ANRT réunit des acteurs du spatial comme du non spatial pour réfléchir aux opportunités offertes par une ambition lunaire européenne forte, au service de la recherche, de l'innovation et de la science continentale. À la veille de la **Conférence Ministérielle de l'ESA** qui aura lieu en novembre 2025, **le GT appelle à un engagement fort de la part des Etats membres, dont la France, dans le domaine de l'exploration humaine et robotique – avec la Lune en ligne de mire**, et Mars dans un futur plus lointain.

### 1. L'heure de l'unité et des ambitions pour l'Europe spatiale

#### Le retour des grands programmes d'exploration spatiale

En six ans de travaux, le GT Objectif Lune de l'ANRT a constaté **l'ampleur croissante de nouvelles ambitions d'exploration spatiale dans le paysage international**. Les trois dernières années ont été marquées par **l'amorçage de programmes et de missions lunaires par plusieurs Etats**. Sur la même période, des initiatives nouvelles de coopérations internationales ont été lancées, redéfinissant l'équilibre des alliances spatiales<sup>1</sup>.

**Corrélativement, l'actualité spatiale a été empreinte d'événements emblématiques.**

*Artemis 1*, qui décollait en novembre 2022, a permis aux Etats-Unis de tester le véhicule Orion autour de la Lune et de lancer le programme éponyme. Ses futures missions, *Artemis 2* et *Artemis 3*, devraient permettre les premières missions lunaires habitées du XXI<sup>ème</sup> siècle<sup>2</sup>. En août 2023, l'Inde posait *Chandrayaan 3* au pôle Sud de la Lune, y réalisant des études géologiques inédites. Début 2024, deux missions développées sur fonds publics par des entreprises privées américaines ont été lancées vers la Lune : *Peregrine 1*, qui n'est pas arrivée à destination, et *IM-1* qui a touché le sol lunaire, mais qui a subi des avaries l'empêchant de terminer sa mission. En janvier 2024, les Japonais ont lancé *SLIM*, un atterrisseur développé par la JAXA et construit par Mitsubishi : il a atteint la Lune, mais une défaillance l'a empêché d'accomplir l'entièreté de sa mission. Enfin, au printemps 2024, la Chine a renvoyé vers la face cachée de notre satellite naturel une mission inédite visant à récupérer des échantillons et à les rapporter sur Terre ; mission accomplie fin juin 2024<sup>3</sup>.

L'année 2025 devrait voir la dynamique se poursuivre. Plusieurs missions ont déjà été lancées et d'autres comme *Chang-e 7* ou le *Lunar TrailBlazer* sont d'ores et déjà annoncées.

**Il est en train de se passer quelque chose avec la Lune et notre continent est interrogé sur sa volonté, sa vision et sa stratégie.** D'ores et déjà, l'Europe contribue aux programmes lunaires existants. Elle est, dans nombre d'entre eux, **une puissance coopérante**<sup>4</sup>. **Mais ces collaborations ponctuelles ne reflètent ni vision prospective**<sup>5</sup>, **ni stratégie globale d'exploration spatiale.** Il s'agit d'y remédier dès cette année.

---

<sup>1</sup> On pense notamment aux Accords Artémis et à l'ILRS.

<sup>2</sup> À la date de publication de cette note, la possibilité d'une nouvelle architecture du programme Artemis est possible, mais non encore annoncée. Il est également probable que les premiers pas d'un humain sur la Lune au XXI<sup>ème</sup> siècle soit le fait d'une autre puissance spatiale.

<sup>3</sup> Elle n'est pas la seule mission d'échantillonnage prévue, et l'on pense notamment à celle qui sera menée par *iSpace*. À ce sujet, des accords sont en train d'être mis en place, relatifs au transfert de ces derniers et au partage des connaissances développées à partir d'eux.

<sup>4</sup> Qu'il s'agisse d'instrumentation, d'assistance *via* ses stations sols, ou de fourniture d'équipements et de matériels. En outre et sous la conduite de l'ESA, plusieurs modules seront fournis à la future station lunaire orbitale *Lunar Gateway*. Un atterrisseur lunaire européen est en cours de développement avec le programme *Argonaute*. Parallèlement, sur le sol allemand ont été installés l'analogue lunaire de l'ESA *Luna* et le centre de contrôle des futures missions lunaires européennes. En complément de ces apports technologiques, l'expertise opérationnelle du corps des astronautes européens est unanimement reconnue.

<sup>5</sup> Pour y remédier à la veille d'une ministérielle cruciale, l'ESA vient de proposer une vision et une stratégie pour l'exploration spatiale, baptisée « *Explore 2040* ». La vision proposée et la stratégie qui s'y adossent visent à mettre en

## Un impératif d'unité européenne

À la veille de la ministérielle 2025 de l'ESA, **l'heure est à l'unité spatiale européenne**, et ce malgré les appels à la fragmentation qui entravent la constitution d'une force commune : concurrence des Etats, divergences quant aux réseaux de coopérations, désaccords institutionnels, disruptions normatives, etc. Il faut résister à ces tendances conflictuelles en optant **pour une coopération continentale forte et consensuelle** :

- **Lucide** sur les motivations et les ambitions des autres puissances spatiales ;
- **Consciente** de l'urgence de constituer en autonomie des compétences stratégiques nouvelles pour l'Europe spatiale ;
- **Responsable** face à un monde qui se réchauffe, climatiquement et politiquement, appelant par conséquent à une utilisation de l'espace plus durable et moins impactante pour l'environnement.

Certes, il y a la question des moyens, la question des défis technologiques à surmonter, des enjeux sociétaux pressants ; **mais c'est surtout le moment décisif pour affirmer une vision collective du spatial de l'Europe continentale**. Tandis que d'autres puissances ont pris le tournant du siècle pour dessiner de nouveaux modèles d'exploration et d'utilisation de l'espace **l'Europe doit, elle aussi, s'engager avec ses propres valeurs dans l'élaboration d'un modèle spatial continental**. C'est aussi une question d'identité européenne, d'attractivité et d'un récit inspirant et mobilisateur pour tous les Européens, contemporains ou à venir. L'Europe peut et doit l'écrire.

L'écriture de ce nouvel avenir spatial européen doit se faire lors de la Ministérielle de 2025. **C'est à cette occasion que les Etats membres de l'ESA<sup>6</sup> décideront des grandes orientations stratégiques de l'Agence, de l'approbation des nouveaux programmes et des budgets alloués à l'accès à l'espace, l'exploration, la recherche et les applications**. Le paysage global des ambitions spatiales donne à cette ministérielle une coloration stratégique encore plus importante. Décidés ensemble, les différents programmes seront ensuite mis en œuvre par les Etats membres, en coopération, avec leur complémentarité de compétences.

Lors des Ministérielles, le domaine de l'exploration est négocié sous la rubrique *Human and Robotic Exploration* (HRE). Lors de la dernière ministérielle, en 2022, le domaine HRE avait bénéficié de 16% du budget – une décision prise dans le cadre d'une ministérielle marquée par une augmentation importante du budget global de l'ESA (+17%)<sup>7</sup>. **Le soutien des Etats membres dans la promotion de cette tendance doit se confirmer en novembre 2025**.

## 2. Explorer l'avenir ensemble et en responsabilité

### Renouer avec l'engouement fondateur

**La Ministérielle 2025 de l'ESA** constitue, avec la négociation du prochain budget pluriannuel de l'UE (MFF)<sup>8</sup>, **une date charnière pour l'avenir spatial de notre continent – un secteur dans lequel**

---

cohérence les ambitions actuelles et futures de l'Europe des orbites vers la Lune pour aller jusqu'à Mars, en dirigeant l'investissement continental vers des domaines clés de l'expertise européenne, différenciants et utiles pour intensifier les réseaux de coopération. L'annonce fut faite lors de l'IAC de Milan, en octobre 2024.

Voir : [https://esamultimedia.esa.int/docs/HRE/Explore\\_2040.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/HRE/Explore_2040.pdf)

<sup>6</sup> Pour rappel, il s'agit des Etats suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Suède. En plus de ces membres, le Canada participe aux programmes de l'ESA en tant que partenaire associé.

<sup>7</sup> Voir : [https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/CM22\\_charts.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/CM22_charts.pdf)

<sup>8</sup> Il faut rappeler que l'ESA et l'UE sont deux organisations formant deux pôles importants du spatial continental ; si bien que les décisions prises pour l'un ne sont pas sans conséquences pour l'autre. Du reste, le volet science spatiale, exploration humaine et exploration robotique relève essentiellement du domaine de l'ESA. Il faut néanmoins coordonner les effets de ces deux dates charnières, la ministérielle et le MFF, pour faire de la diversité institutionnelle de l'Europe spatiale une chance de déployer une stratégie sur l'ensemble du spectre allant de la science à l'industrie.

**L'Europe est mise au défi de faire valoir ses atouts, ses compétences et ses valeurs alors qu'elle est concurrencée technologiquement par les Etats-Unis et la Chine.** D'autant que le spatial est un des domaines cruciaux pour l'autonomie stratégique aux côtés de l'Intelligence Artificielle ou de la robotique. Il est également un domaine dual, autant civil que militaire<sup>9</sup>.

Tandis qu'en plusieurs endroits du monde, les ambitions d'exploration se renforcent, **L'Europe se doit d'être présente et compétitive sur la scène internationale**<sup>10</sup>. **Forte de plus d'un demi-siècle d'expérience dans l'exploration spatiale et le vol habité**, l'Europe a été à l'origine de grandes avancées technologiques et scientifiques pour l'espace, particulièrement dans les domaines de l'astrophysique, de l'observation de la Terre, de la science spatiale et des télécommunications.

**Notre continent doit renouer avec son engouement fondateur pour une connaissance scientifique et une utilisation raisonnée de l'espace extra-atmosphérique**, au-delà des dimensions et des dissensions géostratégiques et économiques. **L'autonomie stratégique, c'est la possibilité de choisir librement des partenaires conformes à l'idéal historique de l'Europe spatiale** : la coopération internationale pour la science. Un accès autonome à l'espace, agile et robuste, garantit ainsi de pouvoir porter nous-mêmes notre vision de l'exploration, sans avoir à recourir à des capacités tierces porteuses d'une vision trop différente des valeurs européennes.

**Depuis plusieurs années, les travaux dédiés au spatial lunaire de l'ANRT étudient les bénéfices d'un programme lunaire européen.** Nous voyons dans notre satellite naturel **l'opportunité de développements scientifiques et technologiques importants** ; et éventuellement créateurs d'innovations utiles à la gestion des enjeux terrestres préoccupants et menaçants pour nos sociétés. **Il y a ici l'occasion de porter une vision européenne novatrice, différenciée donc différenciante, pour l'exploration spatiale.**

## Deux axes stratégiques

L'exploration spatiale européenne doit faire reposer sa stratégie sur deux axes prioritaires :

- **Le développement de compétences stratégiques, autonomes, compétitives, de haute valeur ajoutée**, notamment dans le domaine du spatial non-habité ; c'est-à-dire de l'exploration robotisée.
- **La densification du tissu de coopérations, afin de s'étendre « service contre service » vers d'autres compétences, dont le vol habité.** Il faut pour cela compléter la création de « clusters industriels » européens en charge de projets de technologies stratégiques pour l'exploration spatiale, développer de nouvelles capacités critiques à mettre dans la balance, et enfin, **tisser des liens et de nouvelles alliances avec des Etats spatiaux d'autres continents**, émergents sur la scène de l'exploration (Afrique, Asie, Amérique du Sud).

**Cette vision européenne priorise le développement d'une ambition lunaire scientifique et robotisée, autonome et technologiquement innovante, à des coûts maîtrisés.** Cette ambition responsable semble la plus conforme aux exigences environnementales et à l'engagement sur la voie de la transition des secteurs spatiaux et non spatiaux.

Cette stratégie, centrée sur la robotisation<sup>11</sup>, peut toutefois être articulée avec une ouverture en coopération vers d'autres domaines. **Il faut notamment continuer à développer en Europe des savoir-faire et des compétences dans le domaine du vol habité et de l'autonomie en terrain hostile et complexe.** L'Europe bénéficie d'un socle de compétences solide d'une trentaine

---

<sup>9</sup> Notons à ce titre que le portefeuille du commissaire européen en charge de l'espace, inclut une composante défense : ceci exprime l'importance du milieu spatial dans le champ de la sécurité, de la défense et de la souveraineté européenne. Cela influencera forcément les évolutions européennes à venir.

<sup>10</sup> Voir, notamment, la tribune de Josef Aschbacher auprès d'Euractiv, en date du 28 novembre 2024 : <https://www.euractiv.com/section/all/opinion/europe-must-unite-in-space-to-compete-on-the-global-stage/>

<sup>11</sup> Et particulièrement sur la robotique autonome et intelligente.

d'années dans ces domaines, en faisant régulièrement voler des Européens dans l'espace et en coopération. Elle peut continuer à solidifier ces compétences, en particulier dans les domaines de la santé et de l'étude biologique du corps humain en contexte spatial, des technologies de support-vie en orbite, des technologies de cryogénie spatiale, d'écologie fonctionnelle, des interfaces humains-machines, de la miniaturisation de la robotique de santé, de l'étude et de la gestion de l'interculturalité en sociétés artificielles, etc.

**L'Europe saurait mettre ces compétences dans la balance pour négocier ses coopérations, et mobiliser au passage ses industries terrestres vers les domaines spatiaux (logistique, énergie, connectivité, mobilité, robotique, santé, etc.).** Elle ne serait pas autonome pour l'envoi d'équipages vers la Lune – envoi qu'elle ferait à bord d'autres missions, à l'instar de ce qui a été fait pour l'ISS – mais développerait tout de même des compétences reconnues et utiles afin de coopérer en ce domaine. Dans l'ensemble, l'objectif consiste à développer des compétences de pointe et autonomes, à assurer l'apport de capacités critiques aux missions en partenariat. Ces deux éléments permettront de négocier et de garantir le vol de nos astronautes européens au service de la recherche scientifique et technologique. Toutefois, il est impératif de garantir parallèlement un accès autonome à l'espace et au corps célestes, cet accès et le seul à même d'assurer une négociation efficace et plus égalitaire avec les partenaires internationaux.

### Définir un modèle d'exploration ancré dans les exigences de l'époque

**Pour ancrer cette stratégie dans son époque, les ambitions spatiales européennes doivent s'ajuster aux priorités d'une planète en mutation :** la priorisation des investissements publics sur la transition environnementale va nécessairement peser sur les budgets alloués au secteur spatial en général et à l'exploration spatiale en particulier. **La question n'est pas d'abandonner l'exploration, mais de mieux en définir les contours et l'intensité.** La ligne consiste à investir dans **des projets à vocation prioritairement scientifique**, dans un cadre de coopération internationale et pour des bénéfices terrestres immédiats : faire de l'exploration pour la science, pour la Terre et sans mirages. Cette ligne peut considérablement renforcer la puissance géopolitique des programmes lunaires européens. Cet investissement est un **vecteur de pacification globale et d'influence diplomatique dans de multiples domaines internationaux** (science, économie, gouvernance, réglementation, etc.).

**L'Europe a l'opportunité d'ouvrir une voie singulière en matière d'exploration spatiale :** une voie plus conforme aux exigences du temps : une voie lucide sur les fonds disponibles et la situation des différentes populations à travers la planète, dans un monde qui se réchauffe et pour lequel l'exploration spatiale n'est pas toujours une priorité ; une voie responsable et conforme aux impératifs de transitions systémiques sanitaire, économique, politique, sociale et environnementale.

**Grâce à ses experts, ses valeurs et son appétence pour la coopération, l'Europe spatiale peut développer un modèle équilibré : innovant, inclusif et adapté aux défis du XXI<sup>e</sup> siècle.** C'est en assumant cette ambition lucide et partagée que l'Europe pourra explorer la Lune tout en respectant les limites de la Terre. En se conformant aux exigences et aux urgences du temps, elle sera mieux à même de fédérer les jeunes talents pour qu'ils s'engagent dans ces projets innovants et porteurs de sens.

### 3. Trois domaines d'action

L'engagement européen pour l'avenir de l'exploration spatiale est à décliner dans trois domaines d'action.



## Accès et exploration

**Le développement d'un accès autonome à la Lune (lanceur, véhicule Terre-Lune, atterrisseur lunaire) est la clé de voûte de toute stratégie d'exploration européenne.** À ce titre, deux défis sont en passe d'être relevés. Le premier concerne l'accès à l'espace. Notre continent recouvre actuellement ses capacités de lancement depuis le premier tir réussi d'*Ariane 6* et la relance de *Vega-C*. Toutefois, de nombreux acteurs soulignent la nécessité de diversifier le portefeuille de lanceurs européens afin d'augmenter notre agilité quant aux délais de lancement. La possibilité d'obtention d'un créneau de lancement dans un délai relativement court est un avantage compétitif majeur, face aux cadences importantes observées chez d'autres puissances spatiales. Il peut être maintenu via le déploiement de lanceurs européens réutilisables. Le second défi concerne **la logistique**, une problématique qui se déploie tant en orbite – avec les efforts menés actuellement pour doter l'Europe d'une nouvelle capacité de cargo spatial, et de compétences de services en orbite – que vers la Lune, avec le programme *Argonaute* en cours de développement, qui vise à doter l'Europe spatiale d'un atterrisseur lunaire.

Par ailleurs, et de façon beaucoup plus globale, la définition d'un modèle européen d'exploration est en jeu : il ne s'agit pas tant de dupliquer les feuilles de route existantes que de construire une voie européenne qui parviendrait à fédérer les contributions complémentaires des Etats membres, tant sur les objectifs que sur l'échelle de financement. Des programmes étrangers récents démontrent la possibilité de mener des missions d'exploration peu coûteuses.

## Données et cartographie

**Dans le nouveau contexte de l'exploration de la Lune, ses orbites occupent un rôle central. En effet, des objets en orbite lunaire dédiés à la cartographie, la communication ou à la localisation,** peuvent offrir des services importants et réduire le poids en charge utile pour ces fonctions.

**L'Europe spatiale, qui excelle en matière d'observation, peut valoriser son expertise,** car il manque aujourd'hui des relevés topographiques ou géologiques précisément détaillés, tant quantitativement que qualitativement. Outre les caractéristiques topographiques, les futures cartes pourraient inclure les situations d'ensoleillement ainsi que les emplacements optimaux pour la communication, ce qui aiderait à mieux identifier les besoins et planifier plus justement les supports énergétiques. **Les données recueillies pourraient être un atout au service coopérations scientifiques et stratégiques.** Le constat vaut également **pour la présence en orbite lunaire de satellites de télécommunication et de géolocalisation** (cf. le programme *Moonlight* de l'ESA) : ces deux derniers domaines présentent à la fois des enjeux autour de la gestion des fréquences lunaires mais aussi de la synchronisation temporelle des missions (notons à ce titre l'initiative en cours sur la mise en place d'un GMT lunaire).

**Cette stratégie sur les données doit être couplée à une politique de protection des informations** : il est essentiel, en amont de chaque programme spatial stratégique, de définir et de respecter les processus de collecte informationnelle, d'authentification, de stockage, de transfert des données et de cybersécurité des installations au sol ou en orbite

## Énergie et robotique

**Un approvisionnement en énergie résistant aux conditions hostiles de notre satellite naturel, est un enjeu clé pour déployer les robots et les installations indispensables pour assurer une présence humaine pérenne sur la Lune.** Un bouquet de solutions énergétiques est à prévoir. Il sera conçu pour mobiliser au mieux **le solaire** (en particulier les *Vertical Solar Arrays au pôle Sud*), **les piles à combustible** (à même d'utiliser des ressources sur place via l'ISRU), **les piles régénératives**, et **le nucléaire spatial**.

Parmi ces quatre solutions, **le nucléaire est un domaine particulièrement stratégique**. Or, en la matière, l'Europe dépend actuellement directement des États-Unis et d'autres États pour l'accès aux générateurs radio-isotopiques et doit encore élaborer un cadre juridique et réglementaire pour autoriser le lancement d'équipement nucléaire avec *Ariane 6* depuis le Centre Spatial de Guyane. Pour ses besoins de transport spatial (propulsion, cargo, robotique) et l'alimentation en énergie d'une base au sol et d'équipements participant aux missions d'exploration, **l'ESA pourrait soutenir le développement d'une technologie européenne de générateur radio-isotopique pour la production de chaleur (RHU) ou d'électricité (RTG)**. Au-delà de la maîtrise en Europe de la technologie de tels générateurs radio-isotopiques (dans la gamme de 10 à 200 Watts), l'Europe pourrait envisager de développer sa propre technologie de réacteur nucléaire spatial pour la production de puissance de 1 à 10 kWe dans un premier temps, puis de 20 à 100 kWe (puissance nécessaire pour alimenter une base au sol habitée) et au-delà. La Ministérielle de 2025 pourrait donner une nouvelle impulsion au développement de générateurs radio-isotopiques européens en tirant parti des premiers acquis du programme ENDURE et en gardant ouverte l'utilisation de Plutonium-238 ou d'Américium-241. **Elle pourrait également encourager à l'aboutissement d'un cadre juridique et réglementaire européen pour le lancement et l'utilisation de sources d'énergies nucléaires dans l'espace**. Dans un domaine aussi technique que celui du nucléaire spatial, et plus généralement dans celui de l'énergie pour l'espace, l'Europe pourrait adopter la pratique mise en œuvre par les grandes puissances spatiales d'élaboration de feuilles de route technologique précises, cohérentes et sur le long cours (quelques décennies) à même de préparer le lancement d'appels à projets et de faciliter la création de clusters industriels en charge de technologies stratégiques (et susceptibles d'intéresser aussi la défense).

**Par ailleurs, le développement de compétences dans le domaine de la robotique est clé : coordination d'essaims de rovers, assistance robotique des astronautes, exploration robotisée des corps célestes, automatisation de la distribution d'énergie, etc.** Les laboratoires européens sont reconnus mondialement pour leur expertise en robotique, robotique souple, robotique chirurgicale, rover, navigation autonome, intelligence artificielle, matériaux avancés et miniaturisation, impression 3D, IA ; des compétences essentielles et à déployer dans l'espace.

Dans le secteur de l'énergie comme celui de la robotique, des synergies fortes existent entre les développements nécessaires pour les applications sur Terre et dans l'espace.

#### 4. Conclusion

**En ce moment charnière pour l'exploration spatiale, l'Europe doit unir ses forces pour construire et réaliser une vision ambitieuse, durable et autonome, adaptée aux défis contemporains.** La Ministérielle de l'ESA 2025 offre une opportunité unique de redéfinir la stratégie spatiale européenne et de positionner notre continent comme un acteur clé de l'exploration humaine et robotique. **Grâce à ses compétences scientifiques et technologiques, l'Europe peut contribuer de manière significative à l'exploration lunaire tout en respectant les impératifs de durabilité et de responsabilité.** Ce nouvel avenir spatial repose sur la capacité de l'Europe à mobiliser des ressources stratégiques, à renforcer ses alliances et à promouvoir des projets innovants. Il est impératif de faire de cette ambition spatiale un levier de coopération internationale et d'attractivité pour les talents européens, tout en consolidant notre autonomie stratégique. En combinant innovation, responsabilité et ambition collective, la voie est tracée : il ne reste qu'à la suivre avec détermination pour écrire ensemble une nouvelle page de l'histoire spatiale européenne, au service de la Terre, de la science et de l'avenir continental.