



## NOTE DE PROSPECTIVE

# La commercialisation de l'espace

Les dix dernières années ont été marquées par une croissance et une évolution sans précédent des activités spatiales commerciales. Les acteurs non étatiques ont commencé à éclipser les acteurs étatiques et dirigent désormais plus de 70 % des activités spatiales. Le secteur des satellites domine les activités spatiales commerciales, représentant environ 75 % de la « nouvelle économie spatiale » émergente. Les données satellites sont déjà indispensables pour les activités quotidiennes telles que les télécommunications, les prévisions climatiques, les secours aux sinistrés et la sécurité nationale.

Depuis dix ans, le paysage de la commercialisation de l'espace est façonné par la baisse du coût d'accès à l'espace, l'émergence de nouveaux modèles commerciaux et de nouveaux types d'activités spatiales commerciales, l'encombrement de l'orbite terrestre basse et la multiplication des préoccupations en matière de sécurité commerciale et nationale.

L'importance économique du secteur spatial commercial pourrait plus que doubler d'ici 2040 et de nouveaux services pourraient voir le jour, tels que l'exploration de l'espace lointain, l'exploitation minière dans l'espace et la production d'énergie. La poursuite de la commercialisation de l'espace a de nombreuses implications politiques potentielles. Des tensions géopolitiques peuvent naître de la concurrence entre les États et de la concurrence commerciale dans l'espace. Les nouvelles données de détection peuvent apporter des avantages scientifiques et économiques, mais la sécurisation de ces données peut présenter de nouveaux défis. Une poignée d'entreprises dominantes pourraient devenir les gardiens de l'espace pour certains pays, mais aussi pour d'autres entreprises. Un meilleur accès aux ressources spatiales pourrait permettre de mener de nouvelles activités dans l'espace, mais cela pourrait aussi engendrer des défis sur le plan environnemental. L'encombrement des orbites pourrait menacer les communications et les données vitales d'imagerie de la Terre. Des approches internationales concurrentes en matière de réglementation des activités spatiales pourraient déclencher des conflits, limiter l'innovation ou encourager les activités illicites.

La présente note de prospective vise à mieux faire comprendre aux lecteurs la commercialisation de l'espace et ses conséquences dans toute une série de domaines de politiques, dont certains pourraient être inattendus. Toute personne travaillant dans les domaines suivants pourrait trouver cette note de prospective pertinente pour son travail : espace, sécurité, industrie, recherche et développement, commerce, international, énergie, environnement, infrastructures et transports. La réflexion sur les changements qui façonnent l'avenir de la commercialisation de l'espace peut aider les décideurs à comprendre certaines des forces qui influencent déjà leur environnement politique. L'examen des conséquences potentielles de ces changements peut également aider les décideurs politiques à cerner les occasions de prendre aujourd'hui des décisions qui pourraient être bénéfiques pour le Canada à l'avenir.

mai 2024

# La commercialisation de l'espace

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, 2024

Pour obtenir des informations sur les droits de reproduction : <https://horizons.gc.ca/fr/contactez-nous/>

PDF: PH4-206/2024F-PDF

ISBN: 978-0-660-71675-6

## AVERTISSEMENT

Horizons de politiques Canada (Horizons de politiques) est le centre d'excellence en prospective du gouvernement du Canada. Notre mandat est de doter le gouvernement du Canada d'une perspective et d'un état d'esprit tournés vers l'avenir afin de renforcer la prise de décisions. Le contenu de ce document ne représente pas nécessairement le point de vue du gouvernement du Canada ou des agences et ministères participants.



## Introduction

**Les dix dernières années ont été marquées par une croissance et une évolution sans précédent des activités spatiales commerciales.** Comme cela a été discuté lors de la récente [séance intitulée « L'avenir de l'espace » lors de la Semaine des avenir 2023 d'Horizons de politiques Canada](#), ces changements suggèrent que l'avenir de la commercialisation de l'espace aura des répercussions politiques majeures.

Ces dernières années, les acteurs non étatiques ont commencé à éclipser les acteurs étatiques qui dominaient autrefois l'activité spatiale, c'est à dire la Russie, les États-Unis, l'Union européenne et la Chine. Selon les Nations Unies, les entreprises privées dirigent plus de 70 % des activités spatiales<sup>1</sup>. Surtout, elles participent à des projets ambitieux que seuls les gouvernements pouvaient entreprendre par le passé, comme la construction de ports spatiaux<sup>2</sup> et de stations spatiales. La « commercialisation de l'espace<sup>3</sup> » et la « nouvelle économie spatiale » sont deux expressions qui décrivent ce processus, dans lequel les entreprises privées sont souvent à l'origine du changement plutôt que des associées.

**Aujourd'hui, le secteur des satellites est au cœur des activités spatiales commerciales et représente environ 75 % de l'économie spatiale<sup>4</sup>.** Il génère la majorité des profits, l'orbite terrestre basse étant au centre de l'activité commerciale<sup>5</sup>.

De nombreuses activités quotidiennes dépendent des technologies spatiales et en particulier des données satellites. Sans elles, certaines régions éloignées n'auraient pas accès à Internet et personne ne recevrait d'alertes météorologiques en cas de phénomène météorologique extrême. Les capacités d'imagerie terrestre en temps réel ainsi que de télécommunication et radiodiffusion à longue distance seraient également très limitées.

Pendant la guerre froide, le désir de prestige et d'avantages stratégiques a motivé la croissance des capacités spatiales. Qu'ils soient étatiques ou non étatiques, les acteurs considèrent aujourd'hui l'espace comme une source de possibilités économiques. L'économie spatiale a connu une croissance de 70 % entre 2010 et 2020, pour atteindre 469 milliards de dollars en 2021<sup>6</sup>. Les prévisions financières indiquent qu'elle aura plus que doublé d'ici 2040, atteignant des revenus annuels de 1 000 milliards de dollars<sup>7</sup>. Selon l'Organisation de coopération et de développement

économiques (OCDE), cela pourrait engendrer la création de centaines de milliers d'emplois hautement qualifiés et bien rémunérés dans les domaines de la science, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques<sup>8</sup>.

Traditionnellement, le secteur spatial est également à l'origine de percées et de retombées technologiques. Les technologies spatiales sont transférables à différents secteurs de l'économie. Un nombre impressionnant des technologies qui nous sont familières aujourd'hui sont issues des programmes spatiaux<sup>9</sup>, par exemple la navigation GPS, la chirurgie oculaire LASIK ou encore le microscope chirurgical innovant Modus V<sup>10</sup>, qui est une application de la technologie de bras robotisé Canadarm<sup>11</sup>.

La prise de conscience de ces tendances a conduit de plus en plus de gouvernements partout dans le monde à considérer l'espace comme une ressource nationale<sup>12</sup>, avec une poignée de nouveaux acteurs particulièrement actifs à cet égard<sup>13</sup>. Ils investissent dans la recherche et le développement, servent d'incubateurs à des entreprises spatiales en démarrage, s'associent à des entreprises privées et achètent des services spatiaux commerciaux dans l'espoir de faire de l'espace un pilier central de la croissance ou de la sécurité.

**À l'avenir, la poursuite de la commercialisation de l'espace dépendra probablement du rythme de l'innovation.**

**Ces dix dernières années, les changements intervenus dans le secteur spatial ont alimenté la croissance des activités commerciales dans l'espace.**

**Démocratisation de l'espace.** Pendant des années, le coût du lancement des équipements et des astronautes a limité la portée de l'activité économique dans l'espace. La baisse des coûts de lancement et l'apparition de satellites miniatures plus rentables ont permis de diviser par dix le coût de l'accès à l'espace<sup>14</sup>. En outre, les sociétés de capital-risque qui cherchent à profiter de la demande croissante de données spatiales fournissent de nouveaux investissements pour soutenir les activités des satellites commerciaux<sup>15</sup>.

**Diversification des modèles commerciaux.** Le secteur spatial évolue rapidement, aussi bien au plan de la taille que des types de services offerts. L'observation de la Terre connaît une croissance de 7 % par an<sup>16</sup> grâce à des

modèles d'entreprises tels que le satellite en tant que service et les données spatiales en tant que service<sup>17</sup>. Ces modèles ont révolutionné l'accès aux données de télédétection sophistiquées qui permettent aux entreprises de suivre l'activité maritime<sup>18</sup>, de gérer les ressources forestières, de détecter les menaces pesant sur les rendements agricoles<sup>19</sup> et de surveiller les pipelines<sup>20</sup>.

**Élargissement de la portée des activités.** L'éventail des activités spatiales s'étend également bien au-delà du modèle commercial établi reposant sur les satellites. Les premières étapes vers le tourisme, la logistique et les industries manufacturières dans l'espace ont déjà été franchies<sup>21</sup>. Grâce à l'effondrement des coûts de lancement, l'exploitation minière et la production d'énergie dans l'espace pourraient bientôt devenir des activités viables<sup>22</sup>. Les secteurs privé et public soutiennent également de plus en plus des projets spatiaux visionnaires, tels que la construction de stations spatiales commerciales ou l'exploration de la Lune et de Mars<sup>23</sup>.

**Encombrement de l'espace.** L'accès plus facile à l'espace a entraîné la croissance des satellites et des déchets spatiaux dans l'orbite basse de la Terre. Il y a déjà quelque 7 700 satellites actifs et 36 500 débris dans cette zone orbitale vitale<sup>24</sup>. Des projets ambitieux de constellations de satellites, tels que Starlink<sup>25</sup>, pourraient se traduire par la mise en orbite de dizaines de milliers de satellites supplémentaires d'ici dix ans. Mais l'espace dans les zones orbitales est limité et son encombrement augmente les risques de collisions et de cascades de débris qu'elles provoquent<sup>26</sup>, ce qui pourrait rendre certaines parties de ces zones inutilisables.

**Attention accrue sur la sécurité.** L'espace revêt une importance stratégique telle que les facteurs militaires et politiques influencent inévitablement les activités spatiales commerciales. Les cyberattaques commanditées par des États contre des infrastructures spatiales ainsi que les essais de technologies antisatellites<sup>27</sup> sont en plein essor. Ces activités pourraient susciter des inquiétudes quant à la vulnérabilité des biens spatiaux commerciaux. Cette situation a encouragé les pays, individuellement et au sein de blocs internationaux<sup>28</sup>, à étendre leurs capacités militaires actuelles dans l'espace<sup>29</sup>. Elle a également incité de nombreux États à se doter pour la première fois de telles capacités. C'est notamment le cas de l'Australie, de l'Azerbaïdjan, de Bahreïn, du Brésil, de l'Afrique du Sud et des Émirats arabes unis.

## Implications politiques

Les implications ci-dessous découlent d'une exploration des avenir plausibles de la commercialisation de l'espace. Elles représentent des considérations politiques qui pourraient émerger, mais qui ne sont pas inévitables. Ne pas y réfléchir pourrait conduire à l'échec des politiques.

Cette liste n'est pas exhaustive et on encourage les décideurs politiques à poursuivre leur réflexion concernant ces défis et ces occasions. Sur la base de ces implications politiques, les décideurs politiques pourraient s'interroger sur les points suivants :

- Comment l'évolution de la commercialisation de l'espace pourrait-elle remettre en question des politiques ou des programmes particuliers?
- Comment les défis et occasions que cet avenir pourrait créer pourraient-ils remettre en question les hypothèses qui sous-tendent les politiques et les programmes d'aujourd'hui?
- Quelles mesures pourrait-on prendre aujourd'hui pour maximiser les occasions et atténuer les défis en lien avec la commercialisation de l'espace à l'avenir?

### **La concurrence des grandes puissances**

La recrudescence des tensions géopolitiques entre les grandes puissances peut créer des obstacles aux activités commerciales dans l'espace. Les tensions rendent déjà difficile la collaboration internationale, car elles entravent les tentatives visant à mettre en commun les données scientifiques ou à combler les principales lacunes réglementaires. Les démonstrations de force – comme les attaques visant à brouiller ou pirater des satellites et les essais d'armes antisatellites – pourraient engendrer la détérioration des relations entre les différents acteurs et rendre les investissements dans les entreprises spatiales commerciales plus risqués. D'un autre côté, l'histoire montre que la course à l'espace au cours de la guerre froide a été à l'origine d'une effervescence technologique. Si la concurrence actuelle produit des résultats comparables, des effets d'entraînement pourraient accélérer certains des aspects les plus visionnaires de l'activité spatiale, notamment l'exploration de l'espace lointain, mais aussi l'exploitation minière et la production d'énergie dans l'espace.

## **Données et cybersécurité**

Les technologies de détection par satellite fournissent des flux nouveaux et plus riches de données d'observation de la Terre et de l'espace, qui pourraient stimuler la croissance de la nouvelle économie de l'espace. Les secteurs de l'assurance, de l'agriculture, de la logistique, de la sylviculture, du pétrole et du gaz, de la pêche, du renseignement et de la sécurité devraient bénéficier de retombées généralisées. En conséquence, les données spatiales pourraient devenir une ressource stratégique de premier plan pour les acteurs étatiques et non étatiques. La sécurisation des flux de données ayant une valeur stratégique pourrait devenir une préoccupation majeure pour les entreprises et les gouvernements à l'avenir. Deux défis se distinguent tout particulièrement : l'accès aux technologies de pointe en matière de détection par satellite et la protection des canaux de communication numériques contre les attaques. Les règles de propriété intellectuelle et les restrictions à l'exportation pourraient contribuer à limiter l'accès d'entités rivales à de nouveaux types de données, mais elles pourraient aussi provoquer des campagnes d'espionnage industriel. De même, des acteurs malveillants peuvent tenter de pirater ou de brouiller les communications numériques entre les satellites et la Terre.

## **Ressources naturelles**

Les jeunes industries axées sur l'extraction des ressources ou la production dans l'espace pourraient créer des occasions et des avancées majeures. Par exemple, la production de carburant pour les fusées à partir de composés extraits de la Lune pourrait stimuler l'exploration de l'espace lointain<sup>30</sup>. Des projets de ce type pourraient également conduire à des percées technologiques entraînant des répercussions sur la croissance économique de la Terre, sans parler des systèmes d'approvisionnement en eau et en énergie ou des soins de santé. L'expertise en matière d'exploitation minière terrestre pourrait donner à certains pays un avantage concurrentiel dans un secteur dont les possibilités économiques et stratégiques sont immenses. Les pionniers dans l'extraction de ressources spatiales – par exemple dans la production de carburant sur la Lune – pourraient s'assurer l'accès à d'autres initiatives s'accompagnant d'avantages scientifiques et de réputation, comme l'exploration de l'espace lointain.

## **Débris et encombrement**

En raison des zones orbitales de plus en plus encombrées de satellites fonctionnels et de débris, les collisions pourraient devenir inévitables. Chaque collision risque d'aggraver le problème et de rendre les services spatiaux moins fiables et plus coûteux. Si les principaux assureurs refusent de couvrir les activités commerciales en orbite terrestre basse, les jeunes entreprises spatiales pourraient avoir beaucoup plus de mal à obtenir des investissements ou des contrats<sup>31</sup>. Il existe, d'autre part, des partenariats public-privé en Asie<sup>32</sup> et en Europe<sup>33</sup> qui envisagent l'enlèvement des déchets spatiaux comme une occasion<sup>34</sup>. Cela pourrait stimuler l'évolution technologique tout en libérant de l'espace pour d'autres activités.

## **Acteurs étatiques et non étatiques**

Si un petit nombre d'entreprises puissantes continuent à dominer des pans essentiels de l'économie spatiale mondiale (par exemple, les services de lancement et d'Internet par satellite), l'ensemble du secteur pourrait être vulnérable aux interruptions de service et aux hausses de prix. Si ces entreprises devaient connaître ou favoriser des épisodes de volatilité, les opérations des acteurs étatiques et non étatiques qui s'appuient sur elles pour assurer leur avantage dans la robotique, la fabrication ou l'exploitation minière dans l'espace pourraient se retrouver en proie à des difficultés. Les États pourraient également craindre une remise en cause de projets de sécurité ou d'infrastructure majeurs du fait de coûts inattendus imposés par des entreprises dominantes, y compris celles d'autres pays. La mise en place d'un secteur spatial national autosuffisant est une solution de rechange à la dépendance vis-à-vis de ces entreprises pour des services essentiels, mais elle pourrait s'avérer impossible pour la plupart des États en raison des coûts ou du manque d'expertise.

## **Gouvernance**

L'industrie spatiale en pleine croissance, avec son réseau complexe d'acteurs privés et publics, déborde déjà des cadres réglementaires et juridiques existants qui régissent l'activité spatiale. En l'absence de règles claires pour tous les acteurs, le rythme croissant et l'intensification des activités dans l'espace pourraient provoquer des conflits. Par exemple, des efforts unilatéraux pour extraire les ressources de la Lune pourraient conduire à des conflits entre acteurs étatiques et non étatiques sur le territoire lunaire, les zones orbitales ou l'élimination des sous-produits de



l'exploitation minière. La multiplicité des cadres juridiques incompatibles pourrait exacerber la concurrence internationale. Les entreprises pourraient alors avoir plus de difficulté à atteindre une taille critique et cela compliquerait les initiatives de coopération internationale. Cela pourrait également encourager les entrepreneurs et les entreprises en démarrage à délocaliser leurs activités dans des juridictions où la réglementation est moins stricte. Un nouveau cadre international pourrait apporter de la certitude et améliorer la sécurité. Mais si un tel cadre devait s'avérer plus strict que les autres solutions, il pourrait également freiner l'innovation et augmenter les coûts, ce qui pourrait encourager les activités illégales.

## Conclusion

### **Des technologies de lancement plus efficaces et de nouveaux modèles commerciaux ont entraîné une vague d'activités commerciales dans l'espace.**

Une nouvelle économie spatiale menée par les entreprises se développe rapidement, apportant des données et sources de revenus nouvelles, mais aussi des technologies dérivées avec des applications grand public. Les États, dont beaucoup sont novices en matière d'activités spatiales, se précipitent pour tirer parti de cette croissance, tant pour des raisons économiques que pour des raisons de sécurité. Certains espèrent que cela posera les bases de projets spatiaux plus ambitieux, tels que l'exploitation minière et la production d'énergie, sans parler de la prochaine étape de l'exploration spatiale.

La commercialisation de l'espace pose également des problèmes. Les débris spatiaux menacent déjà les satellites et les véhicules dans l'orbite basse de la Terre. L'intensification de la concurrence géopolitique entre les États a déjà déclenché une nouvelle course à l'espace avec une forte composante militaire. À mesure que l'importance économique de l'espace s'accroît et que des acteurs non étatiques y jouent un rôle plus important, le risque de conflit augmente. **La commercialisation de l'espace au cours des prochaines décennies pourrait susciter toute une série de défis techniques, commerciaux et diplomatiques, mais de les relever pourrait apporter une nouvelle vague d'avantages allant au-delà de ceux prévus par les principaux acteurs actuels.**

## Pour en savoir plus

- Jessica West et coll., « The Importance of Satellites to Life on Earth », CIGI, 29 janvier 2023, vidéo, 8:40, <https://www.cigionline.org/multimedia/the-importance-of-satellites-to-life-on-earth/> (en anglais seulement).
- Agence spatiale allemande, « What would a day without space look like? », YouTube, consultée le 6 juin 2023, vidéo, 3:47, <https://www.youtube.com/watch?v=wrwJqdN6NFO> (en anglais seulement).
- SpaceQ, « The Space economy », consulté le 14 juin 2023, balado, <https://podcasts.apple.com/ca/podcast/the-space-economy/id1244858864> (en anglais seulement).

## Remerciements

La présente note de prospective résume les réflexions, les idées et les analyses de nombreux collaborateurs rassemblées au moyen de recherches, d'entretiens, de conversations et d'ateliers. L'équipe du projet souhaite remercier les experts qui ont généreusement accepté d'accorder de leur temps ainsi que de faire part de leur expertise en vue de soutenir la recherche, y compris celles et ceux qui ont choisi de demeurer anonymes.

### **Oz Gurtuna**

Fondateur

Turquoise Technology Solutions

Nous remercions tout particulièrement le Dr Gurtuna pour son leadership éclairé et sa contribution à l'élaboration de la présente note de prospective.

### **Walter Peeters**

Président émérite de l'Université spatiale internationale et professeur de commerce et de gestion de l'espace

Université spatiale internationale

### **Michal Ziso**

Fondateur

ZISO

## Équipe du projet

**Marcus Ballinger**, gestionnaire, recherche en prospective

**Christopher Hagerman**, analyste principal et chef de projet, recherche en prospective

**Jennifer Lee**, analyste, recherche en prospective

**Simon Robertson**, directeur, recherche en prospective

**Klavdiia Tatar**, analyste, recherche en prospective

**Tieja Thomas**, gestionnaire, recherche en prospective

**Kristel Van der Elst**, directrice générale

## Communications

**Mélissa Chiasson**, conseillère en communication

**Laura Gauvreau**, gestionnaire, communications

**Nadia Zwierzchowska**, conseillère principale en communications

## Notes de fin de texte

---

<sup>1</sup> « Space Economy initiative 2020: Outcome Report » (en anglais seulement), UNOOSA (Bureau des affaires spatiales des Nations Unies), dernière modification en janvier 2021, [www.unoosa.org/documents/pdf/Space%20Economy/Space Economy Initiative 2020 Outcome Report Jan 2021.pdf](http://www.unoosa.org/documents/pdf/Space%20Economy/Space_Economy_Initiative_2020_Outcome_Report_Jan_2021.pdf).

<sup>2</sup> Mark Smith, « What are Spaceports? » (en anglais seulement), *Space.com*, consulté le 5 décembre 2022, <https://www.space.com/what-are-spaceports>.

<sup>3</sup> Walter Peeters, « Toward a Definition of New Space? The Entrepreneurial Perspective » (en anglais seulement), *New Space*, 6 n° 3, (2018), p. 187-190, <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/space.2017.0039>

<sup>4</sup> « Initiative sur l'économie spatiale 2020. »

<sup>5</sup> Ana Guzman, « Growing the Low-Earth Orbit Economy », NASA, dernière modification le 21 septembre 2022 [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/benefits/growing-low-earth-orbit-economy](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/benefits/growing-low-earth-orbit-economy) (en anglais seulement).

<sup>6</sup> « 2022 Global Space Industry Report », Benchmark International, dernière modification le 23 septembre 2022, <https://blog.benchmarkcorporate.com/2022-global-space-industry-report> (en anglais seulement). M. Sheetz, « The space economy grew at fastest rate in years to \$469 billion in 2021, report says », CNBC, dernière modification le 27 juillet 2022, <https://www.cnn.com/2022/07/27/space-economy-grew-at-fastest-rate-in-years-in-2021-report.html> (en anglais seulement).

<sup>7</sup> « Space: Investing in the Final Frontier », Morgan Stanley, dernière modification le 24 juillet 2020, <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space> (en anglais seulement).

<sup>8</sup> OCDE, *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*, (Paris : Les Éditions de l'OCDE, 2022) <https://doi.org/10.1787/8bfef437-en> (en anglais seulement).

<sup>9</sup> Christopher McFadden, « 15+ Space Age Inventions and Technologies We Use Everyday », *Interesting Engineering*, dernière modification le 11 avril 2023, <https://interestingengineering.com/science/15-space-age-inventions-and-technologies-we-use-everyday> (en anglais seulement).

<sup>10</sup> « Une technologie dérivée du Canadarm2 entraîne la transformation de la chirurgie sur Terre », Agence spatiale canadienne, dernière modification le 22 février 2018, <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/iss/canadarm2/technologie-canadarm2-transformation-chirurgie-terre.asp>

<sup>11</sup> « Canadarm », Agence spatiale canadienne, <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/canadarm/>

<sup>12</sup> « Space Economy for People, Planet and Prosperity: OECD paper for the G20 Space Economy Leaders' Meeting, Rome, Italy September 21-22, 2021 », OCDE, consulté le 29 juillet 2021, <https://web.archive.org/2021-09-17/598502-space-economy-for-people-planet-and-prosperity.pdf> (en anglais seulement).

<sup>13</sup> Selon certains experts, l'Australie, le Luxembourg, l'Afrique du Sud, les Émirats arabes unis et le Royaume-Uni figurent parmi les pays les plus proactifs dans ce secteur.

<sup>14</sup> Aujourd'hui, les coûts de lancement les plus élevés de l'industrie tournent autour de 1200 \$/kg. Selon les prévisions, l'amélioration des plateformes de lancement pourrait faire baisser ce prix à 100 \$/kg. Voir Hayden Magill, « Survival of the Fittest: Saturation in the Space Launch Industry », *Space Works*, dernière modification le 18 août 2022, <https://www.spaceworks.aero/survival-of-the-fittest-launch-industry/> (en anglais seulement).

---

<sup>15</sup> Rob Bland, R. Brukart, W. Gangware et D. Swartz, « A Different Space Race: Raising capital and accelerating growth », McKinsey & Company, dernière modification le 16 novembre 2022, <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/a-different-space-race-raising-capital-and-accelerating-growth-in-space> (en anglais seulement).

<sup>16</sup> « Global Satellite Earth Observation Market Size to Grow USD 14166 Billion by 2030 », Spherical Insights LLP, dernière modification le 18 octobre 2022, <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/10/18/2536258/0/en/Global-Satellite-Earth-Observation-Market-Size-to-grow-USD-14166-Billion-by-2030-CAGR-of-7.html> (en anglais seulement).

<sup>17</sup> Debra Werner « Software-as-a-Service model takes the space sector by storm », dernière modification le 24 juin 2021, <https://spacenews.com/space-as-a-service-model/> (en anglais seulement).

<sup>18</sup> « Maritime AIS data », Spire.com, <https://spire.com/maritime/> (en anglais seulement).

<sup>19</sup> « 10 Examples of Remote Sensing Applications », *The Start-up Magazine*, dernière modification le 26 décembre 2021, <https://thestartupmag.com/10-examples-remote-sensing-applications/> (en anglais seulement).

<sup>20</sup> A. J. Princy, « The Most Important Applications and Benefits of Satellite Data Services », *Research Dive*, dernière modification le 2 août 2021, <https://www.researchdive.com/blog/the-most-important-applications-and-benefits-of-satellite-data-services> (en anglais seulement).

<sup>21</sup> S. J. Callahan, « Virgin Galactic Sets Prices for First Space Tourist Flight (Ouch) », *The Street*, dernière modification le 19 juin 2023, <https://www.thestreet.com/travel/virgin-galactic-richard-branson-space-trip-tourist-travel-price> (en anglais seulement).

« Space Logistics », Northrop Grumman, consulté le 20 juin 2023, <https://www.northropgrumman.com/space/space-logistics-services/> (en anglais seulement).

C. Young, « The 'world's first space factory' has successfully been deployed », *Interesting Engineering*, dernière modification le 13 juin 2023, <https://interestingengineering.com/innovation/worlds-first-space-factory-successfully-deployed> (en anglais seulement).

<sup>22</sup> M. Petrova, « The first crop of space mining companies didn't work out, but a new generation is trying again », CNBC, dernière modification le 9 octobre 2022, <https://www.cnbc.com/2022/10/09/space-mining-business-still-highly-speculative.html> (en anglais seulement).

« China to build space-based solar power station by 2035 », Xinhua Net, dernière modification le 2 décembre 2019, [https://web.archive.org/web/20191202081144/http://www.xinhuanet.com/english/2019-12/02/c\\_138599015.htm](https://web.archive.org/web/20191202081144/http://www.xinhuanet.com/english/2019-12/02/c_138599015.htm) (en anglais seulement).

<sup>23</sup> « Why We Are Going To The Moon », NASA, <https://www.nasa.gov/specials/artemis/> (en anglais seulement).

« To Mars and Beyond », SpaceX, consulté le 20 juin 2023, <https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/> (en anglais seulement).

<sup>24</sup> « Space debris by the numbers », Agence spatiale européenne, dernière modification le 27 mars 2023, [https://www.esa.int/Space\\_Safety/Space\\_Debris/Space\\_debris\\_by\\_the\\_numbers](https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers) (en anglais seulement).

<sup>25</sup> Une constellation comprend au moins 100 satellites actifs.

<sup>26</sup> Mike Wall, « Kessler Syndrome and the Space Debris Problem », Space.com, dernière modification le 14 juillet 2022, <https://www.space.com/kessler-syndrome-space-debris> (en anglais seulement).

<sup>26</sup> Mike Wall, « Kessler Syndrome and the Space Debris Problem », Space.com, dernière modification le 14 juillet 2022, <https://www.space.com/kessler-syndrome-space-debris> (en anglais seulement).

- 
- <sup>27</sup> « Global Counter space Capabilities Report », Secure World Foundation, dernière modification en avril 2023, <https://swfound.org/counterspace/> (en anglais seulement).
- <sup>28</sup> « Politique spatiale globale de l'OTAN », Organisation du traité de l'Atlantique Nord, dernière modification le 17 janvier 2022, [https://www.nato.int/cps/en/natohq/official\\_texts\\_190862.htm?selectedLocale=fr](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_190862.htm?selectedLocale=fr).
- <sup>29</sup> Daniel Fiott, « Sécuriser les cieux : comment l'espace peut-il soutenir la boussole stratégique de l'Union européenne? » Institut d'études de sécurité de l'Union européenne, note d'information n° 9 (avril 2021), [https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/EUISSFiles/Brief\\_9\\_2021\\_0.pdf](https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/EUISSFiles/Brief_9_2021_0.pdf) (en anglais seulement).
- <sup>30</sup> Neel V. Patel, « Here's how we could mine the moon for rocket fuel », *Technology Review*, dernière modification le 19 mai 2020, <https://www.technologyreview.com/2020/05/19/1001857/how-moon-lunar-mining-water-ice-rocket-fuel/> (en anglais seulement).
- <sup>31</sup> À l'instar de [Swiss Re](#), beaucoup de grandes compagnies d'assurance ont cessé de couvrir les risques spatiaux en 2018 en raison des risques élevés de collision. Voir Henry Caleb, « Space Insurer Swiss Re Leaves Market », *Space News*, dernière modification le 1<sup>er</sup> août 2019, <https://spacenews.com/space-insurer-swiss-re-leaves-market/> (en anglais seulement).
- <sup>32</sup> Mitsure Obe, « Japan's Astroscale launches space debris-removal satellite », *Nikkei Asia*, dernière modification le 22 mars 2021, <https://asia.nikkei.com/Business/Aerospace-Defense-Industries/Japan-s-Astroscale-launches-space-debris-removal-satellite> (en anglais seulement).
- <sup>33</sup> Par exemple, la plateforme RemoveDEBRIS, <https://www.surrey.ac.uk/surrey-space-centre/missions/removedebris> (en anglais seulement).
- <sup>34</sup> Jordan McDonald, « Space Junk Removal Could Become a Hot New Start-up Category », *Tech Brew*, dernière modification le 22 novembre 2021, <https://www.emergingtechbrew.com/stories/2021/11/22/space-junk-removal-could-become-a-hot-new-startup-category> (en anglais seulement).