

Le New Space : ruptures et transformations de l'écosystème spatial

The New Space: Disruptions and Transformations of the Space Ecosystem

Christophe Bénaroya¹, Victor Dos Santos Paulino²

¹ TBS Business School, Toulouse, France, c.benaroya@tbs-education.fr

² TBS Business School, Toulouse, France, v.dossantospaulino@tbs-education.fr

RÉSUMÉ. Après une première longue phase de développement gouvernemental et scientifique, le secteur spatial a été secoué par de nouvelles approches au cours des années 2000, regroupées sous le terme générique de « New Space ». À travers l'étude des évolutions de cet écosystème, ce travail académique propose une caractérisation du New Space, considéré comme un ensemble de ruptures composées de nouveaux entrants, de nouvelles applications, de nouvelles technologies, de nouvelles réglementations, de nouveaux procédés et de nouveaux modes de financements. Mais, au-delà, il souligne que ces ruptures se nourrissent de leur interaction et leur interdépendance. Enfin, cette richesse du New Space nous amène à identifier les nombreuses implications pour les sciences économiques et managériales, à la fois en termes de programmes de recherches ou d'enseignement.

ABSTRACT. After a first long phase of governmental and scientific development, the space sector has been shaken up by new approaches during the 2000s, grouped under the generic term "New Space". Through the study of the evolution of this ecosystem, this academic work proposes a characterization of the New Space, considered as a set of disruptions composed of new entrants, new applications, new technologies, new regulations, new processes, and new modes of financing. But, beyond that, it emphasizes that these disruptions are fed by their interaction and interdependence. Finally, this richness of the New Space leads us to identify the numerous implications for the economic and management sciences, whether in terms of research programs or teaching.

MOTS-CLÉS. Innovation, Ruptures, Espace, Écosystème.

KEYWORDS. Innovation, Disruptions, Space, Ecosystem.

1. Introduction

En 2006, lors de la conférence *Satellite* à Washington, un nouveau venu monte sur scène pour présenter son offre devant un auditoire composé des responsables des principales organisations du secteur spatial. Nullement impressionné, ce dernier commence son discours par ces mots [LAM 13] :

« Salut à tous, je m'appelle Elon Musk, je suis le fondateur de SpaceX. Dans cinq ans, vous êtes morts » (Lamigeon, 2013).

Une quinzaine d'années plus tard, l'intervention d'Elon Musk apparaît plus comme un défi, voire une provocation émanant d'entrepreneurs charismatiques et très médiatisés, soucieux de la construction de leur propre mythologie. Néanmoins, l'arrivée de la société SpaceX, avec ses fusées réutilisables, a tout de même transformé un secteur très conservateur, qui, avec le temps, était devenu une sorte de « belle endormie ».

En 1957, le lancement réussi du premier satellite artificiel, Spoutnik 1, a concrétisé l'entrée de l'humanité dans une nouvelle période historique : l'âge spatial. La maîtrise de l'environnement spatial, qui demeure largement méconnu et très différent de l'environnement terrestre, a nécessité d'intenses efforts d'innovation. Grâce à leur capacité à surmonter des difficultés à la fois technologiques et organisationnelles, les acteurs du secteur spatial ont connu des réussites qui ont largement débordé de ce domaine. On peut citer par exemple les vols spatiaux habités, la conquête de la Lune et les satellites de télécommunication. Les activités spatiales illustrent, dès leur apparition, ce que peuvent être la haute technologie, l'innovation, le progrès, voire même un possible futur pour l'humanité. On pense notamment au foisonnement d'œuvres de science-fiction dans la littérature, la bande dessinée, le

cinéma, les jeux vidéo ou les séries qui ont pour cadre la vie dans l'espace et sur d'autres planètes ou galaxies et qui nourrissent l'imaginaire collectif [MIC 20].

Cependant, avec le temps, l'innovation dans le secteur spatial est devenue paradoxale. Ainsi, le principe de réalité conduit à des contraintes de fiabilité si fortes que les satellites finissent par se composer de technologies qui peuvent être considérées comme obsolètes par rapport aux technologies utilisées dans nos objets du quotidien comme les smartphones ou les ordinateurs. Dans le champ organisationnel, le constat est le même. Après avoir été pionnières dans plusieurs innovations organisationnelles concourant à la réussite de grands projets - par exemple le programme Apollo - les organisations spatiales ont fait le choix de conserver les processus et les routines validés lors des programmes historiquement réussis [DOS 20].

Depuis le milieu des années 2000, l'industrie spatiale est toutefois entrée dans une nouvelle phase marquée par de nombreuses ruptures qui a été nommée le « New Space » [VER 18]. On peut citer l'arrivée de nouveaux entrants privés (ex. SpaceX, Amazon), le lancement d'innovations radicales (ex. lanceurs réutilisables, petits satellites), ou encore des changements réglementaires significatifs (ex. assouplissement du contrôle des exportation des technologies spatiales). Ces ruptures ouvrent de nouveaux champs d'opportunités pour l'innovation et elles soutiennent l'idée qu'il est possible de faire « plus et mieux » avec les technologies spatiales.

Permettre de se repérer à tout moment grâce au signal GPS, recevoir des programmes TV par satellite ou encore faire rouler un véhicule sur Mars n'est plus considéré comme suffisant. Si la force transformative portée par ces ruptures ne s'épuise pas, comme c'est hélas souvent le cas avec les innovations [TID 09], le New Space pourrait offrir un nouveau champ du possible et transformer en profondeur la structure même de l'écosystème spatial.

Malgré le très fort potentiel du New Space, il apparaît qu'il existe peu de travaux qui en proposent une caractérisation satisfaisante. Le New Space est évoqué dans de très nombreux articles de presse traitant de l'actualité des activités spatiales, toutefois il est difficile de saisir ce phénomène avec uniquement des travaux journalistiques. Des rapports présentant les faits et les chiffres-clés produits par des organisations institutionnelles et des sociétés de conseil abordent également le phénomène. Cependant, ces travaux lui accordent une place limitée car ils traitent du secteur spatial en général [OEC 19 ; PWC 20].

Ce travail se propose de réaliser une caractérisation du New Space fondée sur une démarche académique. Nous allons ainsi considérer ce phénomène comme un ensemble de ruptures à la fois technologiques, commerciales et réglementaires.

Dans la première section, nous présenterons les six ruptures constitutives du New Space : (1) de nouveaux entrants, (2) de nouvelles applications, (3) de nouvelles technologies, (4) de nouvelles réglementations, (5) de nouveaux procédés, et (6) de nouveaux modes de financements. Dans la section suivante, nous détaillerons chacune de ces ruptures en montrant qu'elles sont interdépendantes et elles-mêmes constituées de plusieurs ruptures. Ensuite, nous discuterons les implications académiques du New Space pour les sciences économiques et managériales à la fois en termes de programmes de recherches et d'enseignement.

2. Caractérisation du New Space

Depuis le milieu des années 2000, on observe une nouvelle phase dans l'histoire des activités spatiales nommée « New Space » [VER 18]. Le démarrage de cette nouvelle phase correspond à l'apparition de nombreuses ruptures dans l'écosystème spatial résultant de son « ouverture à une génération d'entrepreneurs, venus de secteurs concurrentiels, de l'utilisation de technologies de rupture

et de process innovants, de l'introduction de modèles d'affaires reposant notamment sur une plus forte acceptation des risques, du redéploiement de la chaîne de valeur des activités spatiales vers des marchés liés à la commercialisation de services » [ASS 22 ; AUD 19].

Dans ce travail, nous proposons de caractériser le New Space comme un ensemble de ruptures que nous regroupons en six grandes catégories : (1) de nouveaux entrants, (2) de nouvelles applications, (3) de nouvelles technologies, (4) de nouvelles réglementations, (5) de nouveaux procédés et (6) de nouveaux modes de financements (cf. figure 1).



Figure 1. Les six ruptures à l'origine du New Space¹

Du fait de l'apparition simultanée et interdépendante de six ruptures principales, le New Space constitue un changement majeur dans la dynamique d'innovation de l'écosystème spatial. Le New Space accélère cette dynamique tout comme il en altère la direction. En plus des objectifs d'ordre militaires, scientifiques et de prestige, les ruptures renforcent l'importance de la commercialisation de l'espace. L'écosystème spatial est dès lors davantage marqué par l'atteinte d'objectifs économiques (ex. croissance du PIB, balance commerciale, emplois, profits).

3. Les six ruptures constitutives du New Space

3.1. Les nouveaux entrants

La rupture la plus visible constitue l'arrivée de nouveaux entrants qui cherchent à exploiter les opportunités d'innovation offertes par les technologies spatiales. On trouve ici des sociétés spatiales portées par des entrepreneurs emblématiques comme Elon Musk, le fondateur d'Amazon, Jeff Bezos, qui a créé la société Blue Origin ou encore Richard Branson qui a lancé la société de vols suborbitaux, Virgin Galactic. Cette intense activité entrepreneuriale est assez exceptionnelle dans une industrie historiquement dominée par des organisations publiques (ex. NASA, DoD, ESA, CNES, JAXA) et de

¹ D'après Dos Santos Paulino, V. et Donald, A., (2021), *New Space: Six Disruptions Accelerating the Commercialization of Space*, SIRIUS Chair.

grandes firmes (ex. Boeing, Lockheed Martin, Airbus DS, Thales Alenia Space). Les activités historiques tournaient jusqu'alors principalement autour de la recherche, de la défense, de la communication et de l'observation de la terre. Désormais, il s'agit de nouveaux acteurs qui ont d'autres référentiels et bien d'autres approches de marché, capables d'identifier et travailler de nouveaux gisements d'activité. D'ailleurs, les nouveaux entrants sont parfois aussi des firmes qui cherchent à se diversifier dans de nouveaux domaines. Les entreprises issues de l'économie de l'Internet (ex. Google, Facebook) y figurent en bonne place. Parmi les nouveaux entrants, on trouve enfin de nouveaux clients gouvernementaux, issus de pays en voie de développement qui considèrent le spatial comme une opportunité pour structurer l'effort d'innovation national (ex. Angola, Afrique du Sud, Venezuela, Vietnam...).

3.2. Les nouveaux marchés

Les nouveaux marchés du spatial constituent la seconde rupture la plus visible. Avec l'arrivée de nouveaux acteurs industriels (ex. Amazon), de nouvelles opportunités de marché se développent simultanément. La demande se métamorphose et croît très rapidement. Le développement de ces nouveaux marchés repose sur l'idée qu'il existe des opportunités d'innovation inexploitées et qu'il est possible de faire davantage encore avec les technologies spatiales actuelles et émergentes.

Les marchés les plus ambitieux portent sur le tourisme spatial, déjà émergent ces dernières années², l'exploitation minière et, bien entendu, à terme, la colonisation de la Lune et de Mars [DOS 22]. Bien d'autres projets sont également initiés, avancés ou en cours de développement. On peut citer par exemple une offre de taxi privé pour l'espace et la création corollaire d'un nouveau type d'aéroport spécifique appelé *spaceport*. On pense aussi à de nouvelles stations spatiales dédiées aux recherches privées, à la production de nouveaux matériaux, de nouvelles énergies (propulsion, électricité...), voire même des stations spatiales utilisées pour la réalisation de films. Il peut s'agir encore de nouveaux marchés autour de la géologie spatiale et l'exploration minière sur la Lune, les astéroïdes ou Mars (*space mining*), la télémédecine et la médecine spatiale (microgravité, radiations cosmiques, chirurgie...), l'astrobiologie (pour étudier la vie dans l'univers) et l'agriculture spatiale (*space farming*). L'espace est ainsi désormais considéré comme un « nouveau territoire » prometteur pour de nouvelles solutions à visée terrestre. Parmi les nouveaux marchés envisageables à plus court terme, on peut citer différents services en orbite (ex. opérations de maintenance, de déconstruction ou de ravitaillement en énergie des satellites), la gestion et l'optimisation du trafic spatial ou encore le nettoyage de débris spatiaux.

Le développement des petits satellites et des lanceurs associés contribue à démocratiser l'accès à l'espace (cf. plus loin), ce qui fait également émerger de nouvelles opportunités sur les marchés existants des télécommunications et de l'observation de la Terre. Citons à titre d'exemple l'utilisation croissante des satellites de télécommunication pour développer l'accès à Internet et l'offre de services complémentaires dans le domaine de l'Internet des objets, ou encore des satellites d'observation à des fins environnementales ou météorologiques pour la gestion agricole et des ressources naturelles. Précisément, en ce qui concerne la chaîne de la valeur « aval » de l'écosystème spatial, le bouillonnement de projets innovants repose sur les données transmises par les satellites. On peut mentionner la voiture autonome, la prévision des risques liés au changement climatique ou tout simplement les nombreuses applications pour smartphones ayant recours aux satellites de géolocalisation (ex. Uber) et d'observation de la Terre (ex. Google Maps).

Au-delà des communications et de la météorologie, le secteur spatial, déjà présent dans la vie quotidienne des « terriens », devient réellement indispensable aux activités humaines, bien que souvent

² Il y a déjà eu 35 touristes dans l'espace au total (en date de 2022) !

encore méconnu des utilisateurs, y compris dans de nombreuses activités de leur vie courante, que ce soit dans le cadre de l'e-commerce par exemple ou des transactions bancaires de retrait d'argent. Ainsi, sur le plan économique, la contribution du spatial ne cesse de croître [OCD 19] : le marché global du spatial déjà estimé à près de 400 milliards de dollars [SPA 21 ; EUR 22] est promis à dépasser les 1000 milliards avant 2040.

3.3. Les nouvelles technologies et les nouveaux procédés

Dans la mesure où l'espace n'est donc plus le domaine réservé des gouvernements et des agences gouvernementales [ESP 19] ni même celui des astronautes, l'arrivée de nouveaux acteurs et de nouveaux profils permet le développement de toutes nouvelles activités requérant de nouveaux financements (cf. plus loin) et d'autres modes d'organisation, mais avant tout d'autres solutions technologiques.

Les nouvelles technologies spatiales sont en effet une autre rupture majeure qui fournit de nombreuses opportunités d'innovation. Les projets en cours ambitionnent de faire changer de dimension les activités spatiales. La société SpaceX a par exemple demandé l'autorisation pour lancer 42 000 satellites de télécommunication (en orbite terrestre basse, OTB)³ qui fourniront un accès à Internet n'importe où sur Terre [SCI 19]. À titre de comparaison, entre 1957 et 2018, quelque 8 000 astronefs ont été lancés au total. En 2022, près de 2000 satellites ont d'ores et déjà été lancés par SpaceX et son service Starlink est opérationnel sur certains territoires. Il a ainsi pu être mobilisé rapidement en février 2022, sur décision d'Elon Musk, quelques jours après le début de la guerre en Ukraine, pour garantir un accès à Internet. D'autres milliers de satellites vont les rejoindre avec ceux de OneWeb, de Kuiper (projet d'Amazon) ou des projets gouvernementaux chinois ou indiens.

Les lanceurs réutilisables sont également au centre des nouvelles technologies spatiales car ils permettent de réduire drastiquement le coût du lancement [JON 18]. Après avoir été déconsidérés par les firmes leaders en place comme Ariespace, les acteurs historiques investissent aujourd'hui également dans la mise au point de ce type de lanceurs (ex. Ariane 6, Vulcan) [GUI 13 ; HAR 16 ; GEN 17]. De même, d'autres solutions économiques » apparaissent à l'instar de ce que propose la start-up française Exotrail et son « covoiturage spatial » reposant sur un véhicule capable d'amener une grappe de satellites sur leur orbite finale.

Toutefois, il importe de souligner par souci d'équité, que bien que présenté comme disruptif, le New Space s'est développé « sur les épaules des géants » pour reprendre la formule célèbre attribué à Bernard de Chartres. Il repose en effet sur les acquis et réalisations du secteur spatial qui ont rendu possible, parfois par réaction et le plus souvent par filiation, l'émergence des nouveaux projets dans le domaine des satellites et des lanceurs et la profusion de nouveaux acteurs dans l'écosystème spatial, dont les solutions reposent souvent sur l'exploitation des données spatiales. Ainsi, il est possible de citer les *spinoffs* du CNES comme Kinéis qui lance la première constellation de nanosatellites entièrement dédiée à l'Internet des objets (IoT) ou encore Anywaves qui propose des antennes plus performantes pour les petits satellites. L'existence d'un riche écosystème spatial initié par la puissance publique puis enrichi par des chaînes d'acteurs œuvrant dans le secteur (recherche, enseignement, fournisseurs, sous-traitants, donneurs d'ordre) est souvent le bon modèle pour développer des technologies de ruptures. Parfois ces interactions sont internationales, comme avec le cas de Loft Orbital, start-up fondée aux États-Unis et implantée récemment en France. Spécialisée sur la mise en orbite de charges utiles et instruments de plusieurs clients (antennes, caméras, démonstrateurs technologiques), Loft Orbital propose un service à bord de microsats (100kg, la taille d'une machine à laver) standardisés avec des technologies d'interfaces à bord et des applications web au sol

³ LEO, *low-earth orbit* (orbite terrestre basse 80-1700km), MEO, *medium-earth orbit* (orbite terrestre moyenne 1700-35000km) et HEO, *high-earth orbit* (orbite terrestre haute, au-delà de 35000km).

spécialisées, mariant ainsi le monde de la tech et du spatial pour proposer un accès simplifié et accéléré en orbite.

En laissant entrevoir une baisse des coûts et une réduction des barrières à l'entrée, les nouvelles technologies stimulent l'apparition des autres ruptures que sont les nouveaux entrants et les nouveaux marchés. En parallèle, de nouveaux processus plus efficaces en termes de coûts et de capacité de production sont également mis en œuvre pour répondre aux nouvelles opportunités commerciales offertes par la hausse des volumes de production due à l'accélération de la « *commercialisation de l'espace* ». Ces nouveaux processus sont issus ou inspirés d'autres industries produisant des volumes plus importants comme l'aéronautique ou l'automobile [MAL 14]. On peut citer par exemple l'innovation ouverte, l'internationalisation de la chaîne de valeur, l'intégration verticale ou encore la standardisation accrue des produits [ESR 17]. Les nouveaux procédés comprennent également de nouvelles méthodes de fabrication qui permettent le prototypage rapide et la création d'outils et de produits à la demande [SWE 18], notamment grâce à la fabrication additive, l'impression 3D, l'assemblage robotisé...

Au cœur de ces nouvelles technologies, figure la SpaceTech (ou technologie spatiale) à l'origine de solutions multiples, à même de répondre à des problématiques soulevées par des domaines aussi variés que l'agriculture, les transports ou les assurances [PAH 22]. La SpaceTech porte sur l'ingénierie de conception, le développement, la fabrication et l'exploitation de dispositifs et de systèmes destinés à fournir des services de communication et de navigation pour soutenir les activités humaines mais aussi à permettre l'exploration et les voyages dans l'espace (explorer d'autres planètes, étudier l'univers). Elle regroupe de fait un corpus considérable de sciences et de savoirs depuis l'astronautique, la physique, la chimie, la biologie mais aussi les neurosciences, l'intelligence artificielle, la robotique, le « *machine learning* » et les sciences de l'information et du calcul. La SpaceTech couvre aussi bien la recherche et le développement de nouvelles technologies que de nouvelles applications pour les technologies existantes et l'amélioration des technologies pour les systèmes spatiaux existants. Avec l'avènement de l'intelligence artificielle, les acteurs de la SpaceTech sont sortis du développement d'infrastructures (satellites, lanceurs) pour aller vers celui de produits, d'équipements et de solutions permettant de démultiplier les usages, notamment rendus possibles par une exploitation approfondie et en temps réel des données spatiales.

3.4. Les nouvelles réglementations

Souvent moins visibles que les précédentes ruptures, les ruptures réglementaires conditionnent pourtant de nombreuses transformations de l'écosystème spatial et les ruptures précédemment évoquées.

L'entrée de la société SpaceX est par exemple le résultat d'un changement majeur dans la politique d'approvisionnement de l'agence spatiale Américaine. Au début de la conquête spatiale, les agences spatiales et les ministères de la Défense (ex. NASA, DoD), principaux bras armés des politiques industrielles spatiales en Occident, ont mis en place une politique d'innovation orientée mission [MAZ 18]. Ces clients gouvernementaux ont créé, façonné et soutenu l'écosystème spatial composé par exemple de filières industrielles couvrant tout le spectre des activités spatiales (lanceurs, exploration spatiale, télécommunication, etc.). Les contrats passés par les agences gouvernementales ont consisté à confier progressivement plus de responsabilités aux acteurs privés de l'offre. Au milieu des années 2000, la NASA décide de franchir un cap majeur avec le lancement du programme COTS. La NASA s'est inspirée de la tendance à la servicisation observée dans l'ensemble de l'économie. Plutôt que d'acheter un lanceur, elle a décidé d'acheter un service de lancement. Elle a aussi laissé plus de marges de manœuvre aux entreprises dans leurs choix technologiques. Ce bouleversement a permis à SpaceX de gagner un appel d'offres significatif en proposant un lanceur réutilisable, le Falcon.

L'autre changement majeur concerne l'assouplissement du contrôle des exportations (ex. ITAR, EAR) [DOS 21a]. Les technologies spatiales peuvent dès lors être utilisées pour des usages civils comme militaires. Ce caractère dual a depuis toujours soumis le secteur à un contrôle des exportations qui limitait son développement. Depuis le milieu des années 2010, ce contrôle a été quelque peu relâché aux États-Unis, qui restent le principal exportateur de technologies spatiales. Cela a permis aux firmes américaines d'exporter leurs satellites, lanceurs et plus généralement leurs technologies spatiales [ZIN 15]. Ces évolutions réglementaires concernent toutes les nations spatiales à des degrés divers et en fonction des spécificités de leur propre système national d'innovation. De la France à la Chine, en passant par l'Allemagne et l'Inde, la plupart des nations spatiales font évoluer leurs réglementations pour libérer le potentiel d'innovation du secteur.

Conséquemment, l'augmentation de l'activité spatiale commerciale a entraîné une préoccupation grandissante sur le plan politique et réglementaire⁴ dans les domaines de la réglementation du tourisme spatial, de la gestion du trafic orbital, des droits de propriété sur l'exploitation minière des astéroïdes (par exemple, le *Space Act* de 2015) ou encore du suivi et de la réduction des débris spatiaux [BON 20 ; RED 12]. Ces derniers⁵, issus de collisions (elles-mêmes parfois provoquées par des débris spatiaux), jettent des incertitudes opérationnelles pour les acteurs historiques et les nouveaux entrants mais sont aussi paradoxalement une source d'innovations réglementaires et technologiques pour résoudre les problèmes générés par l'accroissement exponentiel des activités spatiales (restes de fusées, anciens satellites...). Ainsi, la probable mise en place d'un système de gestion du trafic spatial (*space traffic management*) va exiger la mise au point de nouveaux dispositifs technologiques efficaces (désorbitage, réutilisation de systèmes perdus, récupérations, réalimentation...).

3.5. Les nouveaux modes de financement

Les nouvelles approches de financement constituent enfin la dernière composante majeure des ruptures qui marquent le secteur spatial notamment dans le monde privé avec le financement individuel et/ou participatif, le capital-risque (*venture capital*) et de nouveaux types de partenariats entre entreprises ou de structures de financement.

L'intérêt porté par certains milliardaires pour les nouveaux projets spatiaux a par exemple engendré de nouvelles sources de financement qui sont loin d'être négligeables. Engagés dans des démarches à la rationalité économique parfois inhabituelle, les médiatiques Elon Musk (SpaceX, Starlink) ou Jeff Bezos (Blue Origin, Kuiper) semblent pouvoir dépenser sans limites. Ce dernier, par exemple, a déclaré qu'il finançait Blue Origin en vendant pour 1 milliard de dollars d'actions Amazon par an [CAL 19]. Par ailleurs, en 2022, il a réservé 16 lancements du futur lanceur Ariane 6, ce qui constitue le contrat le plus important de toute l'histoire d'Ariane [GAL 22]. De manière moins spectaculaire, les personnes également intéressées mais aux moyens plus modestes utilisent des plateformes de *crowdfunding* (financement participatif) pour soutenir des projets spatiaux. Pomeroy, Calzada-Diaz et Bielicki (2018) affirment que le *crowdfunding* peut « remettre en question les structures de pouvoir de l'industrie spatiale », en contribuant à démocratiser l'espace et à financer des projets de l'ordre de 10 000 à 100 000 dollars ou à augmenter les fonds existants pour des projets plus importants [POM 18].

Plus généralement, l'investissement privé s'accélère, notamment dans le segment du capital-risque [SPA 19 ; BRY 22] en lien avec le développement de l'entrepreneuriat dans le spatial. Lancer une start-up

⁴ Le *Outer Space Treaty* a jeté les bases d'un cadre juridique et réglementaire spatial dès 1967 qui nécessite d'être revu et adapté, compte tenu des évolutions intervenues entre-temps et celles à venir bien éloignées de l'objet initial dudit traité. Il s'agit de mieux encadrer ce qui est lancé dans l'espace et sur la gestion des activités associées avec des parties prenantes plus nombreuses et bien différentes de celles présentes aux origines de l'aventure spatiale (agences spatiales, gouvernements, acteurs privés, communauté scientifique, associations de citoyens...) ; <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html>

⁵ En 2022, on estime à plus de 36500 les débris de plus de 10cm, 1 million les débris de 1 à 10 cm et 330 millions les débris de 1 mm à 1 cm, pour un poids total estimé de près de 10 000 tonnes [ESA 22].

dans le domaine de la SpaceTech⁶ est un défi s'il n'existe pas d'accompagnement ou d'écosystème de financement dédiés. Dans les pays plus matures ou plus libéraux dans le domaine spatial, de nombreuses structures ont été développées, renforcées et/ou réorientées à cette fin, le plus souvent en lien avec les laboratoires de recherche. Car l'accès au financement est critique pour assurer un lancement accéléré de projets technologiques très souvent intensifs en capital [COU 21].

C'est l'une des raisons de l'essor récent des SPAC⁷ - pourtant créés il y a plusieurs décennies - dans le secteur du spatial, avec des valorisations considérables pour des projets encore situés parfois à un stade très préliminaire. En dépit des incertitudes technologiques, l'effervescence financière demeure élevée compte tenu des prédictions prometteuses et flatteuses en termes de débouchés et de nouveaux marchés⁸.

Au-delà des SPAC davantage prisés aux États-Unis, l'écosystème de l'accompagnement et du financement se structure, s'enrichit et accélère son déploiement en France et en Europe, bien que dans des proportions beaucoup plus modestes comparativement au marché américain⁹ (cf. tableau 1).

⁶ La Space Tech (ou technologie spatiale) désigne l'application des principes d'ingénierie à la conception, au développement, à la fabrication et à l'exploitation de dispositifs et de systèmes destinés à l'exploration et aux voyages dans l'espace. La Space Tech peut être utilisée pour explorer d'autres planètes, étudier l'univers et fournir des services de communication et de navigation pour soutenir les activités humaines. Elle englobe tout, des satellites et autres instruments aux aspects humains des voyages spatiaux, tels que l'astronautique, la physique, la chimie et la biologie. Elle recouvre également la recherche et le développement de nouvelles technologies, de nouvelles applications pour les technologies existantes et l'amélioration des technologies pour les systèmes spatiaux existants. C'est donc une terminologie très large utilisée pour décrire toute avancée technologique ou tout outil créé spécifiquement pour être utilisé dans l'espace, que ce soit pour la communication, la navigation, l'exploration ou tout autre objectif.

⁷ Special-Purpose Acquisition Companies (SPACs) ou sociétés d'acquisition à vocation spécifique sont cotées en bourse et recherchent des fonds pour fusionner ou acquérir des sociétés privées qui sont prêtes à entrer en bourse elles aussi. « *Les SPAC sont des sociétés fictives sans activité qui lèvent des capitaux par le biais d'un premier appel public à l'épargne (IPO) et utilisent ensuite les recettes pour financer une ou plusieurs fusions qui constituent la base de l'entité publique en cours* » [KME 21] ; <https://space-economy.esa.int/article/113/spac-and-the-space-industry>

⁸ Aux États-Unis, selon BryceTech, les startups du spatial ont attiré au total plus de 15 milliards de dollars de financement en 2021, battant ainsi le record de 7,7 milliards de dollars établi en 2020. De plus l'année 2021 a également été une année record pour le nombre d'opérations de création d'entreprises (241, soit 48 % de plus qu'en 2020), de bénéficiaires de financement (212, soit 46 % de plus) et du montant moyen des financements (64 millions de dollars, soit une hausse de 35 %) [BRY 22].

⁹ Au-delà d'une taille structurellement modeste comparativement aux États-Unis, le financement privé est encore particulièrement parcimonieux en France et en Europe, compte tenu de l'écart perçu entre les bénéfices futurs éventuels et le niveau de risque lié au spatial (risque légal en cas d'échec de certaines activités, montants requis importants qui plus est pour des technologies encore incertaines/émergentes, risque d'image lié au niveau variable d'acceptabilité sociale des activités spatiales...).

Les structures d'accompagnement	Les fonds d'investissement
Connect by Cnes ¹⁰	Cassini ¹⁷
ESA BIC ¹¹	CosmiCapital ¹⁸
Pôle de compétitivité Aerospace Valley ¹²	Expansion ¹⁹
Programme d'accélération Blast (porté par l'incubateur spécialisé Starburst) ¹³	Fonds généralistes ²⁰
Sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT) ¹⁴	Geodesic ²¹
Space Founders ¹⁵	
Tech for the Moon ¹⁶	

Tableau 1. Structure de l'accompagnement et du financement spatial en France²²

Ainsi, les acteurs du New Space se mobilisent²³, les appels à projets et financements se multiplient de la part des agences spatiales mais aussi de nouveaux financeurs privés et publics²⁴ et des

¹⁰ Initiative du Centre national d'études spatiales (Cnes) visant à gagner la confiance des investisseurs par la démocratisation, la stimulation et l'encouragement de nouveaux usages et l'adoption de solutions nouvelles issues de la SpaceTech ; <https://www.connectbycnes.fr/>

¹¹ Les ESA Business Incubation Centres (ESA Bic) fédèrent des incubateurs – une dizaine en France à date – soutenus par l'Agence spatiale européenne (ESA) et visent soutenir les entreprises du spatial au sens large : celles travaillant dans les infrastructures (New Space), tout comme celles spécialisées dans l'utilisation de données spatiales.

¹² Membre du réseau Copernicus Relay mis en place par la Commission Européenne en 2017 ; <https://www.copernicus.eu/>

¹³ <https://starburst.aero/blast/>

¹⁴ Le Réseau SATT fédère en France 13 Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies pour apporter aux entreprises des solutions technologiques « dérisquées », à fort potentiel et gagner en compétitivité (plan DeepTech de l'Etat) ; <https://www.satt.fr/>

¹⁵ Initiative du CNES et de l'Université de Munich auquel s'est joint le DLR allemand pour accompagner gratuitement les néo-entrepreneurs du spatial ; <https://www.spacefounders.eu/>

¹⁶ Incubateur focalisé sur les technologies destinées à permettre à l'Homme de « vivre et travailler sur la Lune » ; <https://techthemoon.com/>

¹⁷ Fonds doté d'un milliard d'euros, lancé par l'Union Européenne, pour soutenir le développement et la croissance des startups et PME du secteur spatial jusqu'en 2027 et stimuler l'investissement privé dans le domaine spatial ; <https://www.euspa.europa.eu/cassini-initiative>

¹⁸ Créé à l'initiative du Cnes, de Bpifrance et Karista, ce fonds d'une capacité d'investissement totale de 70 millions d'euros en 2022 vise à injecter en moyenne 3,5 millions d'euros dans 15 à 18 startups sur les dix prochaines années, essentiellement sur les activités d'application « downstream » (récupération et exploitation de données spatiales pour des applications terrestres : finance, agriculture, transport, santé...) mais aussi sur les technologies satellitaires et de lanceurs ; <https://www.karista.vc/newspace>

¹⁹ Fonds d'investissement lancé par Audacia et Starburst le 12 avril 2022, Expansion (300 millions d'euros à terme) sera dédié aux start-ups du spatial (micro-lanceurs, constellations de satellites, exploitation des données spatiales, services en orbite) mais aussi de l'aéronautique et de la défense [MED 22]

²⁰ Certains fonds généralistes s'intéressent également de plus en plus à la SpaceTech : comme 360 Capital qui a investi dans Unseenlabs, Techmind dans SpaceSense, Cathay Innovation dans Kayrros ou encore UI Investissement dans Venture Orbital Systems.

²¹ Ce fonds d'investissement français dédié à la SpaceTech, initié par Charles Beigbeder, à la tête de la société de capital-investissement Audacia, vise une taille de « plusieurs centaines de millions d'euros » permettant une entrée au conseil d'administration des entreprises innovantes du New Space sélectionnées pour les aider à se développer en Europe voire en Asie ; <http://geodesic.space/> ; Avec Bpifrance, Geodesic participe à la levée de fonds de la startup bordelaise HyPrSpace, qui a breveté un micro-lanceur spatial à propulsion hybride et réutilisable.

²² D'après [DOS 21b]

²³ Les premières Assises du NewSpace sont organisées les 7 et 8 juillet 2022 à Paris autour du thème « Quelles mesures et conditions pour faire du NewSpace français un acteur du Top3 mondial à 5 ans ? » ; <https://lesassisesdunewspace.org/>

²⁴ Par exemple l'« Appel à projets Spatial : Développement de mini et micro-lanceurs » lancé par BPI France (2021-2023) pour soutenir les projets visant la réalisation d'activités démonstratives, permettant la montée en maturité du système de lancement ou de ses composants, et d'éprouver les modèles économiques et les conditions d'industrialisation et solutions de mise en orbite, avec une attention particulière accordée aux projets portés par les acteurs émergents de la filière du New Space ; <https://www.bpifrance.fr/nos-appels-a-projets-concours/appel-a-projets-spatial-developpement-de-mini-et-micro-lanceurs>

engagements au niveau européen²⁵ afin de contribuer à l'essor des innovations spatiales. Cette articulation entre les entrepreneurs et les porteurs de projets d'une part et les instances publiques d'autre part est essentielle au développement des activités du New Space. Elle est de nature à encourager le financement privé européen, structurellement moins puissant et plus mesuré dans sa prise de risque que l'environnement spatial américain.

En soutien de ce mouvement, de manière plus traditionnelle et régaliennne, la commande publique américaine, accroît son rôle de soutien puissant aux initiatives privées [COU 21]. Une prise de conscience identique semble prendre forme également en Europe. Ainsi, en septembre 2021, 6 startups européennes se sont fédérées au sein d'une association²⁶ pour que leur action soit mieux prise en compte par les institutions européennes et les différents gouvernements européens (YEESS, *Young European Enterprises Syndicate Space*, Syndicat des jeunes entreprises européennes du spatial). Il s'agit de faciliter l'accès de manière encadrée à la commande publique directe de l'Union Européenne et de l'Agence Spatiale Européenne (ESA).

Les transformations dans les modes de financements à la fois privés et institutionnels concernent les pays développés mais aussi, chose nouvelle, de nombreux pays en voie de développement qui veulent être perçus comme des puissances régionales. Les grandes nations « historiques » de l'espace côtoient désormais en la matière de nouveaux acteurs du Moyen-Orient, d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud. Jusque-là davantage utilisateurs, ils sont désormais de plus en plus impliqués dans le développement de nouveaux services, de nouvelles applications, voire même de nouvelles infrastructures spatiales (ex. lanceurs, sondes spatiales). La phase de course à l'espace est ainsi relancée en raison de l'accélération de la commercialisation de l'espace.

4. Des ruptures du New Space aux nouveaux enjeux : 'New Stakes'

De leur apparition jusqu'à nos jours, les activités spatiales ont toujours constitué des champs d'opportunités pour l'innovation, essentiellement dans les domaines scientifiques, techniques et technologiques. En parallèle, les sciences politiques, tout comme l'histoire et le droit, ont investi ces champs d'opportunités. Les considérations de souveraineté ont ainsi été très tôt au cœur du domaine spatial. L'espace demeure un enjeu stratégique pour les États qui voient en lui non seulement une source de développement économique mais aussi un élément essentiel de leur architecture de défense et d'influence.

En revanche, les sciences économiques et managériales se sont montrées jusqu'ici beaucoup plus timides. Cependant, l'accélération de la commercialisation de l'espace, accompagnée notamment par la création de nouveaux marchés requiert selon nous la mobilisation de ces disciplines académiques.

Comment transformer des projets en succès commerciaux ? Comment développer des modèles économiques viables pour des marchés qui jusque-là n'existaient pas ? Quelles compétences nouvelles sont nécessaires pour répondre aux nouveaux défis que génèrent ces nouvelles activités spatiales ? Quelle peut être l'acceptabilité sociale des activités de tourisme spatial [BÉN 22] ? Ces questions économiques centrales dans le New Space ont ouvert la porte aux travaux et contributions académiques

²⁵ Le sommet spatial qui s'est tenu en février 2022 à Toulouse sous présidence française européenne en présence de 27 ministres européens a insisté sur la nécessité pour l'Europe de prendre le tournant de la nouvelle donne spatiale avec des enjeux de recherche et d'innovation, d'industrie mais aussi de souveraineté et de défense. Plusieurs appels à projets ambitieux seront lancés d'ici 2030 avec notamment une nouvelle constellation européenne de satellites de télécommunications ; <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2022/02/16/strategie-spatiale-europeenne-le-discours-du-president-emmanuel-macron-toulouse>

²⁶ Fondée par Satlantis, entreprise espagnole spécialisée dans les caméras pour satellites d'observation, Anywaves (France, antennes de satellites), Exotrail (France, propulseurs de satellites), Pangea Aerospace (Espagne, moteurs de fusée), Aerospacelab (Belgique, données géospatiales) et ConstellIR (Allemagne, suivi des températures par satellite), YEESS ambitionne de regrouper une cinquantaine de sociétés européennes à terme, selon son président, Juan Hernani, patron de Satlantis [MAD 21 ; LED 22].

en économie et management, avec notamment des formations et parcours spécialisés, des travaux de thèses et des recherches dédiées.

Néanmoins, compte tenu des multiples défis de l'exploration spatiale, des activités de tourisme spatial, des services en orbite ou encore de l'exploitation des ressources minières célestes (ex. *space mining*, *space farming*), l'apport des sciences économiques et managériales devra souvent se faire en collaboration avec d'autres sciences sociales (sciences politiques, histoire, le droit), mais aussi avec les sciences de la nature et de l'ingénieur. C'est notamment le sens de l'initiative Européenne de création d'une Université Européenne du Spatial – Universeh²⁷ – permettant aux expertises transdisciplinaires de se rapprocher et d'interagir pour développer ensemble les compétences requises et être en mesure de répondre à tous ces nouveaux enjeux du spatial (exploration, exploitation, changement climatique et développement durable).

Nelson et Block notent qu'il existe de solides logiques de marché dans le domaine spatial qui, toutefois, se confrontent mais aussi se mêlent à des logiques étatiques publiques [NEL 18]. Ainsi, le dialogue entre des sciences économiques, managériales et politiques mérite une attention particulière. Le programme international Artémis qui vise l'installation d'une base permanente sur la Lune l'illustre bien. Ce programme d'initiative américaine alimente plusieurs ruptures caractérisant le New Space (ex. nouveaux entrants, nouvelles technologies, nouveaux modes de financement et nouveaux marchés). Ainsi, à la différence du programme Apollo, le programme Artémis est un programme Lunaire international qui doit donner une plus grande importance à la commercialisation de l'espace [DOS 21a]. Le Canada, la France et l'Italie ont déjà rejoint les États-Unis afin de mettre en place une politique spatiale commune propice à créer une économie lunaire dont la viabilité proviendra de partenariats public-privés. Les modèles économiques à inventer devront satisfaire des acteurs très hétérogènes tels que les États, les agences spatiales et les entreprises privées. Dès lors, c'est la prise en compte des dimensions économiques, managériales, et politiques qui offrira le plus de garanties pour identifier les scénarios souhaitables et assurer la bonne coordination des acteurs. À plus long terme, le développement d'une économie lunaire et d'une civilisation spatiale amènera les chercheurs à s'interroger sur des questions comme : À quoi pourrait ressembler un New Space façonné avant tout par des milliardaires comme Elon Musk et Jeff Bezos ? Dans quelle mesure la future civilisation spatiale s'appuiera sur des « compagnies des Indes » modernes pour assurer sa viabilité ? Ces questions de gouvernance soulignent à nouveau l'importance du dialogue entre sciences économiques, managériales et politiques.

5. Conclusion

Depuis le milieu des années 2000, l'écosystème spatial est entré dans une nouvelle phase nommée le New Space.

Dans ce travail nous avons souhaité caractériser le New Space sous un angle académique afin de proposer une compréhension plus complète de cette nouvelle phase qui a le potentiel pour transformer en profondeur l'écosystème spatial.

Nous avons montré que le New Space est constitué de six grandes ruptures simultanées et interdépendantes : (1) de nouveaux entrants, (2) de nouvelles applications, (3) de nouvelles technologies, (4) de nouvelles réglementations, (5) de nouveaux procédés, et (6) de nouveaux modes de financements.

²⁷ UNIVERSEH est une alliance de cinq universités (et groupements d'établissements d'enseignement supérieur) de cinq pays européens. Elle a été lancée en novembre 2020 pour développer un nouveau mode de collaboration dans le domaine de l'Espace, dans le cadre de la nouvelle initiative « Universités européennes » promue par la Commission Européenne ; <https://universeh.eu/>

Ces ruptures transforment en profondeur l'écosystème spatial en agissant sur sa dynamique d'innovation. Nous observons une accélération de l'innovation ainsi qu'une hausse des considérations économiques chez les acteurs de l'écosystème. Le développement des acteurs privés renforce le poids de la recherche de profit au sein de l'écosystème, tandis que les acteurs institutionnels donnent plus d'importance à la question des retombées économiques des activités spatiales.

Ces transformations offrent des opportunités pour les sciences économiques et managériales. En effet, ces disciplines ont désormais la possibilité de contribuer davantage à la conquête spatiale en alimentant le New Space en travaux de recherche et en compétences devenues indispensables à la concrétisation de nouvelles opportunités économiques.

Nous suggérons que cette contribution se fasse à travers des collaborations avec d'autres sciences sociales (sciences politiques, histoire, droit), mais aussi avec les sciences de la nature et de l'ingénieur. La rencontre et la fertilisation croisée des disciplines sont nécessaires pour apporter de nouvelles réponses complètes et systémiques aux questions radicalement nouvelles posées par le New Space.

6. Bibliographie

- [ASS 22] ASSISES DU NEW SPACE, Événement pour fédérer l'écosystème spatial, 7 & 8 juillet, 2022 ; <https://lesassisesdunewspace.org/>
- [AUD 19] AUDRETSCH, D.B., CUNNINGHAM, J.A., KURATKO, D.F., LEHMANN, E.E., MENTER, M., « Entrepreneurial ecosystems: economic, technological, and societal impacts », *The Journal of Technology Transfer*, 44 (2), p. 313–325, 2019 ; Disponible sur <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9690-4>
- [BÉN 22] BÉNAROYA, Ch., dans KEFFORD, M., « What Could The Commercial Space Industry Look Like ? », *Business Because Insights*, January 16, 2022 ; Disponible sur : <https://www.businessbecause.com/news/insights/8005/commercial-space-industry>
- [BON 20] BONNAL, C., FRANCILLOUT, L., MOURY, M., ANIAKOU, U., DOLADO PEREZ, J. C., MARIEZ, J., MICHEL, S., « CNES technical considerations on space traffic management, *Acta Astronautica*, 167, (November 2019), p. 296–301, 2020 ; Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.11.023>
- [BRY 22] BRYCETECH, *Start-Up Space: Update on Investment in Commercial Space Ventures*, April 6, Alexandria, VA, 2022; Disponible sur : https://brycotech.com/reports/report-documents/Bryce_Start_Up_Space_2022.pdf
- [CAL 19] CALEB, H., « Amazon Planning 3,236-Satellite Constellation for Internet Connectivity », *Space.com*, 2019 ; Disponible sur : <https://www.space.com/amazon-plans-3236-satellite-constellation-for-internet.html>
- [COU 21] COUDRY, Th., « Opinion - Les multiples défis de l'Europe du spatial », *Les Echos*, 13 décembre, 2021 ; Disponible sur : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/opinion-les-multiples-defis-de-leurope-du-spatial-1372048>
- [DOS 20] DOS SANTOS PAULINO, V., *Innovation Trends in the Space Industry* (Smart Inno), ISTE Editions & Wiley, Londres, 2020.
- [DOS 21b] DOS SANTOS PAULINO, V., DONALD, A., *New Space: Six Disruptions Accelerating the Commercialization of Space*, SIRIUS Chair, 2021.
- [DOS 21a] DOS SANTOS PAULINO, V., GUDMUNDSSON, S. V., « Market Diffusion of Industrial Products and Regulatory Barriers to Adoption: The Case of Satellites », *Journal of Innovation Economics & Management*, n° 36 (3), p. 117–138, 2021; Disponible sur : <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0097>
- [DOS 22] DOS SANTOS PAULINO, V., GENESTE, J.-F., LASISZ, T., LEJARD, M.-C., DE L'ESTOILE, E., RUDELLE, J.-B., « Stratégies industrielles et économiques », dans A. GUYOMARC'H, C. ANGELIER (Dir.), *L'ambition lunaire : défi stratégique pour l'Europe du XXI^e siècle - Livre blanc d'Objectif Lune*, p. 93–106 ; Agence Nationale de la Recherche et de la Technologie, Paris, 2022.
- [ESA 22] ESA, *Space Debris Environment Report*, April 22, 2022; https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf
- [ESP 19] ESPI, *Evolution of the Role of Space Agencies*, 2019 ; Retrieved from <https://www.espi.or.at/publications/espi-public-reports/send/2-public-espi-reports/485-evolution-of-the-role-of-space-agencies>

- [ESR 17] ESRE (*Association of European Space Research Establishments*), « Selected Trends and Space Technologies Expected to Shape the Next Decade » ; Disponible sur : https://esre-space.org/wp-content/uploads/2018/01/ESRE_Whitepaper_-2017.pdf
- [EUR 22] EUROCONSULT, *Space Economy Report*, 8th edition, January, 2022; Disponible sur : <https://www.euroconsult-ec.com/>
- [GAL 22] GALLOIS, D., « Arianespace signe avec Amazon le plus important contrat de son histoire », *Le Monde*, April 5, 2022 ; Disponible sur : https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/04/05/arianespace-signe-avec-amazon-le-plus-important-contrat-de-son-histoire_6120689_3234.html
- [GEN 17] GENTILUCCI, E., DOS SANTOS PAULINO, V., LACOSTE, D., « Stratégies des firmes en place suite à l'introduction d'innovations radicales : le cas du secteur spatial », 2^{ème} Journée de l'innovation Abbé Grégoire – CNAM, 2017 ; Disponible sur : <https://sites.google.com/site/journeeabbegregoire2017/home>
- [GUI 13] GUILLERMARD, V., « L'américain SpaceX défie Arianespace », *Le Figaro*, December 4, 2013 ; Disponible sur : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2013/12/04/01008-20131204ARTFIG00515-l-americaain-spacex-defie-arianespace.php>
- [HAR 16] HARMANT, O., « Face à SpaceX , Blue Origin ..., Arianespace ne doit pas se reposer sur ses lauriers », *Les Echos*, December 26, 2016 ; Disponible sur : <http://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/0211622913644-face-a-spacex-blue-origin-arianespace-ne-doit-pas-se-reposer-sur-ses-lauriers-2052837.php>
- [JON 18] JONES, H. W., « The Recent Large Reduction in Space Launch Cost », 48th International Conference on Environmental Systems, 81; USA, Albuquerque, 2018.
- [KME 21] KMET, B., MCKAY, M., OLSEN, Th., « SPACs: Tapping an Evolving Opportunity », March 1st, *Bain & Company Report*, 2021; Disponible sur : <https://www.bain.com/insights/spacs-global-private-equity-report-2021/>
- [LAM 1] LAMIGEON, V., « Falcon 9, cette fusée low-cost américaine de SpaceX qui veut détrôner Ariane 5 », *Challenges*, Novembre, 2013 ; Disponible sur : <http://www.challenges.fr/entreprise/20131125.CHA7485/falcon-9-la-fusee-low-cost-americaine-de-spacex-veut-detroner-ariane-5.html>
- [LED 22] LE DENN, A., « 11 structures à connaître au moment de lancer une startup dans la SpaceTech », *Maddyness*, 7 avril, 2022 ; Disponible sur : <https://www.maddyness.com/2022/04/07/11-structures-lancer-startup-spacotech/>
- [MAD 21] MADDYNESS, « SpaceTech : 6 startups européennes se fédèrent pour avoir leur part du gâteau », 15 septembre, 2021; Disponible sur : <https://www.maddyness.com/2021/09/15/spacotech-association-startups/>
- [MAL 14] MALAVAL, PH., BENAROYA, Ch., *Aerospace Marketing Management*, Springer, Berlin, 2014.
- [MED 22] MEDDAH, H., « Audacia et Starburst veulent créer un fonds de 300 millions d'euros pour financer les start-up du secteur aérospatial », *L'Usine Nouvelle*, 13 avril, 2022 ; Disponible sur : <https://www.usinenouvelle.com/article/audacia-et-starburst-veulent-creer-un-fonds-de-300-millions-d-euros-pour-financer-les-start-up-du-secteur-aerospatial.N1993012>
- [MIC 20] MICHAUD, T., *Le projet spatial européen, entre pragmatisme et imagination*, Collection L'esprit économique, L'Harmattan, Paris, 2020.
- [NEL 18] NELSON, P. L. BLOCK, W. E., *Space Capitalism: How Humans will Colonize Planets, Moons, and Asteroids*, Palgrave Studies in Classical Liberalism, Palgrave Macmillan, 2018.
- [OEC 19] OECD, *The Space Economy in Figures: How space contributes to the global economy*, 2019; <https://doi.org/10.1787/c5996201-en>
- [PAH 22] PAHWA, A., « What Is Space Tech? – Use Cases, Examples, & Future », February 28, 2022 ; Disponible sur : <https://www.feedough.com/what-is-space-tech/>
- [POM 18] POMEROY, C., CALZADA-DIAZ, A., BIELICKI, D., « Fund me to the Moon: Crowdfunding and the New Space economy», *Space Policy*, 47, p. 44-50, 2018; <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2018.05.005>
- [PWC 20] PWC, « Main trends and challenges in the space sector », dans PwC trend report, 2020; Disponible sur : <https://www.pwc.fr/fr/assets/files/pdf/2020/12/en-france-pwc-main-trends-and-challenges-in-the-space-sector.pdf>
- [RED 12] REDDY, M. V., NICA, M., WILKES, K., « Space tourism: Research recommendations for the future of the industry and perspectives of potential participants », *Tourism Management*, 33 (5), p. 1093–1102, 2012; Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.11.026>
- [SCI 19] SCIENCES ET AVENIR avec AFP, « SpaceX veut 42 000 satellites pour sa constellation Starlink », 2019, Consulté le 4 décembre 2019, Disponible sur : https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/spacex-veut-42-000-satellites-pour-sa-constellation-starlink_138298
- [SPA 19] SPACE ANGELS, *Space Investment Quarterly: Q3*, 2019; Disponible sur : <https://www.spacecapital.com/insights>

- [SPA 21] SPACE FOUNDATION, Global Space Activity, dans *Annual Report*, p.6, 2021; Disponible sur : <https://www.spacefoundation.org/>
- [SWE 18] SWEETING, M. N., « Modern Small Satellites - Changing the Economics of Space », *Proceedings of the IEEE*, 106 (3), p. 343–361, 2018.
- [TID 09] TIDD, J., BESSANT, J., *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*, Wiley, Chichester, 2009.
- [VER 18] VERNILE, A., *The Rise of Private Actors in the Space Sector*, Springer International Publishing, Cham, 2018.
- [ZIN 15] ZINGER, K. J., « An Overreaction That Destroyed an Industry: The Past, Present, and Future and US Satellite Export Controls », *University Colorado Law Review*, 86 (1), p. 351–387, 2015.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les évaluateurs anonymes et les éditeurs de la revue *Technologie et innovation* (Laurent ADATTO et Dimitri UZUNIDIS). Leurs commentaires constructifs ont permis d'améliorer la qualité du papier.

Ce travail a bénéficié du soutien de la Chaire SIRIUS.

À propos des auteurs

Christophe BÉNAROYA est professeur de marketing à la TBS Education (Toulouse). Après avoir lancé le centre d'excellence *Aerospace & Mobility* de TBS et dirigé l'*Aerospace MBA* plusieurs années, il anime le programme *MSc Aerospace Management*. Ses travaux et enseignements portent sur le marketing B2B et aérospatial avec la publication de nombreux ouvrages.

Victor DOS SANTOS PAULINO est professeur associé de stratégie et de management de l'innovation à la TBS Business School (Toulouse). Il est membre du Réseau de Recherche sur l'Innovation et co-directeur de la Chaire SIRIUS. Créée en 2013, la Chaire SIRIUS a pour mission de conduire des recherches en management et en droit appliquées au secteur spatial.