

Clara Sicard Benmedjahed

Maximilien Hebey

PENSER AUJOURD'HUI L'ESPACE DE DEMAIN

The Future of Industry to Government Relationships in Civil and Defence Aerospace



SOMMAIRE

2	AVANT-PROPOS
3	I. LE PRIVÉ ET LA RECHERCHE D'UNE LIBÉRALISATION SOUTENUE PAR LA PUISSANCE PUBLIQUE
3	1. Analyse du marché
4	2. Développement du projet
5	II. LES ÉTATS, ENTRE BÉNÉFICES ET PROBLÈMES DE SOUVERAINÉTÉ
5	1. La puissance publique tire profit de cette collaboration public-privé
6	2. Un conflit avec la question de la souveraineté des états dans un espace de plus en plus militarisé
7	III. LA RÉGULATION COMME OUTIL MÉDIATEUR
7	1. Pourquoi réguler le secteur ?
8	2. Tour d'horizon de la situation actuelle
8	3. Nos propositions
10	CONCLUSION
11	UN RÉSUMÉ
12	BIBLIOGRAPHIE

AVANT-PROPOS

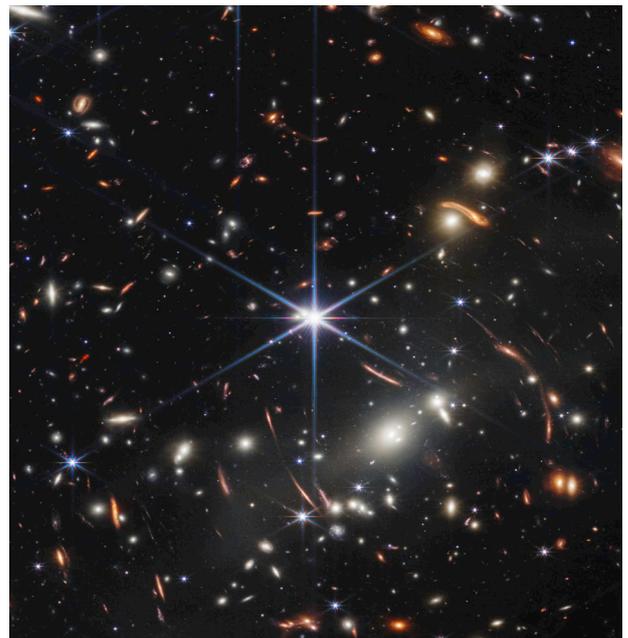
12 juillet 2022. Il suffit de voir l'engouement autour de la publication des premières photographies du télescope spatial James Webb (abrégé en JWST) pour comprendre l'importance et la fascination encore bien présentes pour l'espace dans la culture populaire. Mais le JWST est un exemple à plus d'un titre. Fruit d'une collaboration de près de 30 ans (premières esquisses en 1989) entre la NASA, l'ESA et l'ASC – le programme spatial canadien – et avec la participation de nombreuses entreprises à travers le monde comme Northrop Grumman, Airbus, Honeywell ou Arianespace, le télescope illustre parfaitement les dynamiques du secteur aérospatial. Un secteur complexe, de plus en plus international, coûteux tant financièrement (le coût de fabrication du JWST seul est chiffré à 10 milliards de dollars) qu'en temps de développement et de construction. Et surtout, un secteur où la collaboration entre états et industries est de plus en plus présente. Mais celle-ci n'en est encore qu'à son balbutiement, et elle semble amenée à croître considérablement dans les années à venir. Parallèlement, une militarisation de l'espace semble de plus en plus d'actualité, constituant une entrave majeure à l'internationalisation de telles relations états-industries. Quel est alors le futur de ces relations dans le domaine de l'aérospatiale civile et militaire ? Abordons cette question au travers d'un prisme suggéré par l'IFRI dans son récent rapport *Crowded and Dangerous Orbits : European Space Governance at a Time of Potentially Saturating Programs*. L'institut français y cerne les trois caractéristiques

majeures du secteur aérospatial, regroupées sous l'appellation « 3C » :

- **Un secteur compétitif** : l'activité mondiale est de plus en plus intense, et le domaine s'ouvre de plus en plus aux acteurs privés. La libéralisation du secteur passe alors, de par le budget, les infrastructures et les connaissances requises, par une collaboration étroite avec les acteurs publics et donc les états. De leur côté, ceux-ci tirent de nombreux avantages de cette collaboration : rayonnement, emploi, attractivité entre autres.
- **Un secteur contesté** : les tensions autour du domaine spatial n'ont jamais été aussi importantes comme le souligne la création de nombreuses entités militaires focalisées sur l'espace à travers le monde. Ces tensions semblent à même de mettre en péril les relations entre états et industries au niveau international, dans un secteur aussi critique technologiquement et financièrement.

- **Un secteur congestionné** : aujourd'hui l'espace n'a jamais été aussi encombré, ni les débris spatiaux et éléments hors de contrôle aussi importants. L'activité spatiale semble se développer de manière erratique, sans collaboration internationale et sans régulation saine, entravant le développement futur du secteur. Il convient donc aux états et aux industries de s'accorder sur une législation claire encadrant l'exploration et l'exploitation de l'espace.

Ces trois points illustrent les trois parties que nous développerons dans ce rapport.



Première image de l'amas de galaxies SMACS 0723 prise par le télescope James-Webb et dévoilée le 11 juillet 2022 (détail) © NASA

I. LE PRIVÉ ET LA RECHERCHE D'UNE LIBÉRALISATION SOUTENUE PAR LA PUISSANCE PUBLIQUE

Imaginons. Mettons-nous dans la peau d'un acteur industriel privé. Appelons-le la UA Corp. Il y a cette idée, que vous avez eue. Un projet innovant, révolutionnaire. Mais seulement voilà, entre l'idée et la réalisation, dans un secteur aussi concurrentiel que l'aérospatial, il y a un grand pas que nous franchirons ensemble dans cette partie. Détaillons une par une les étapes, en soulignant à chaque pas l'intérêt, voire la nécessité, du soutien d'entités publiques.

1. ANALYSE DU MARCHÉ

Pour développer la UA Corp et son projet, il faut une bonne connaissance du secteur aérospatial, un secteur fortement compétitif, notamment en raison de la multitude d'acteurs qui s'y rassemblent et dont le nombre ne cesse de s'accroître. D'une part, se trouvent les acteurs publics dits « traditionnels » que sont les états participants à la conquête spatiale. En plus de ceux bien établis comme les États-Unis, la Russie ou la France, les nouveaux arrivants se multiplient, au premier rang desquels la Chine, l'Inde ou le Japon. À côté de ces acteurs nationaux, et en raison des enjeux diplomatiques majeurs liés au secteur aérospatial, on retrouve des organisations supranationales comme le Bureau des Affaires Spatiales des Nations Unies ou le Comité des Utilisations Pacifiques de l'Espace Extra-Atmosphérique (O.N.U.). Parallèlement, des acteurs privés de taille et d'influence variés font irruption ou s'affirment dans le secteur. Certaines entreprises constituent des « poids lourds » historiques du milieu comme Ariane Group (né de la collaboration Airbus-Safran) ou Thalès (comptant l'état français comme l'un de ses principaux actionnaires). Notons que cet exemple illustre déjà l'implication des acteurs publics dans cette industrie. D'autres entreprises, certes plus récentes, connaissent une croissance spectaculaire ces dernières années. C'est le cas de Blue Origin (de Jeff Bezos) ou SpaceX (de Elon Musk). Certaines PME (Petites et Moyennes Entreprises), officiant plutôt comme sous-traitants, se distinguent par leur haute spécialisation. Leur rôle est essentiel. Les grands groupes du secteur comme ArianeGroup s'appuient historiquement sur un large réseau de partenaires. Au contraire, des entreprises plus récentes ont choisi de nouveaux *business models*, comme SpaceX. Cette dernière présente ainsi un modèle dit vertical, puisqu'elle possède toute la chaîne de création de valeur, permettant de maîtriser toutes les étapes de développement et d'éviter de nombreux écueils ou pertes - le plus évident et connu étant par exemple le phénomène de double

marge, qui traduit la perte économique sèche engendrée par l'appel à des intermédiaires de production entre matière première et commercialisation. Enfin, des start-ups à la pointe de l'innovation ne cessent de se développer dans le secteur comme GAMA, une start-up française spécialisée dans les voiles solaires.

Cette séparation grossière entre états et industries ne suffit cependant pas à dépendre l'entièreté du spectre de l'industrie aérospatiale. Ainsi, les universités et académies y jouent également un rôle majeur : laboratoires et écoles spécialisées (comme SupAéro en France ou Caltech aux États-Unis) sont deux exemples parlants. Au-delà d'être un secteur de plus en plus compétitif de par sa multitude d'acteurs, l'aérospatiale se caractérise par un besoin constant d'innovations. Des défis majeurs et ambitieux y sont à relever, tels que la colonisation de la Lune ou le voyage vers Mars, pour lesquels les technologies d'hier et d'aujourd'hui sont insuffisantes. Dès lors, il faut être capable d'accroître les connaissances scientifiques et les moyens technologiques pour y parvenir. De nouveaux secteurs d'activité se développent, au premier rang desquels le big data. L'un des enjeux majeurs est le stockage des données et en particulier des images satellites (l'entreprise Maxar Technologies étant un des leaders du domaine). Parmi les innovations phares du secteur, SpaceX se démarque avec le développement de lanceurs comme le SpaceX Starship, 100 % réutilisable et visant une capacité à placer une charge utile de plus de 100 tonnes en orbite basse. D'initiative privée, ce lanceur a vocation à servir les intérêts des états puisqu'il a été imaginé pour transporter les astronautes de la NASA sur la Lune, bien que, à terme, son utilisation sera plus large (vol interplanétaire et intraplanétaire). SpaceX développe également son réseau de satellites Starlink, destiné à fournir une connexion internet haut débit partout sur Terre. À l'image du tourisme spatial, certaines entreprises développent des activités directement destinées au grand public, bouleversant le modèle du secteur aérospatial régi par les états. Enfin, plusieurs start-ups à travers le monde partent elles aussi à la conquête spatiale avec leurs solutions innovantes : Exotrail développe et commercialise des moteurs de nanosatellites ou petits satellites, Kinéis est un opérateur satellitaire de connectivité globale dédié à l'internet des objets, ou bien Zephalo propose des vols touristiques en ballon pour l'espace. Ces acteurs innovants doivent s'adapter à un milieu où la réglementation est en constante évolution.

Relever les défis du secteur nécessite donc des moyens financiers, infrastructurels et humains colossaux. Tout d'abord, et de manière très concrète, la construction des satellites, fusées ou tout autre outil au service de

l'aérospatiale nécessite bien souvent des matériaux coûteux. Ils peuvent être rares – comme certains métaux (l'or et le titane sont des bons exemples) –, complexes – comme c'est le cas pour certains alliages (comme les aluminium-lithium, de plus en plus utilisés aujourd'hui) ou les matériaux composites (comme le carbone-aluminium qui permet une très bonne dissipation de chaleur grâce à des coefficients thermiques élevés) – ou tout simplement les deux à la fois.

Le degré d'exigence technique est aussi très haut, la précision de l'usinage étant indispensable à la fois de par la qualité des performances exigées et la difficulté d'intervenir sur un équipement déployé en orbite. Le lancement chaotique de Hubble en 1990, qui a vu son fonctionnement initialement perturbé par une multitude de problèmes, dont un miroir incorrectement poli, en est un bon exemple. Ce polissage imparfait a suffi à détériorer la qualité des images de façon impressionnante. Pour des objets encore plus lointains, ces erreurs deviennent tout simplement irréparables et altèrent les performances attendues. En 2005, après s'être posé sur Titan, l'atterrisseur Huygens prend plusieurs photographies de la surface (1215 au total). À cause d'une erreur de programmation, la moitié de ces photos seront irrémédiablement perdues. Cette exigence si élevée requiert une grande qualité de la part des acteurs du milieu aérospatial. La main-d'œuvre se doit ainsi d'être extrêmement qualifiée, et le milieu se montre très gourmand en ingénieurs extrêmement compétents.

2. DÉVELOPPEMENT DU PROJET

a. Recherches de partenaires stratégiques

Revenons à notre chère UA Corp. Pour se développer dans un secteur aussi compétitif, innovant et coûteux, elle doit être bien entourée. Au-delà d'avoir les ressources financières nécessaires, il faut les bons partenaires stratégiques. Nous pourrions entrer en contact avec des acteurs essentiels au développement du projet : investisseurs, fournisseurs, ou potentiels futurs clients. Nos partenariats peuvent être mis en place très en amont dans le projet, à l'image de ce qui peut se faire en *project finance* pour développer une initiative commune. Les partenaires publics sont alors éminemment stratégiques : l'importance des budgets dédiés à l'aérospatiale et le caractère stratégique du secteur ont permis le développement de laboratoires incontournables, et la construction d'infrastructures coûteuses. On pense bien sûr au CNRS, au CNES ou encore au Jet Propulsion Laboratory à Pasadena. Établir des partenariats très en amont avec des entités publiques pourra nous

permettre d'accéder aux moyens nécessaires au développement de notre projet. Notre rêve : une mise à disposition des laboratoires et infrastructures de recherche pour soutenir notre R&D, certes talentueuse, mais limitée à la UA Corp. En somme, une collaboration état-industrie durable et solide serait hautement profitable dès les premières étapes du développement de l'innovation.

b. Recherches des ressources financières nécessaires

À la UA Corp, nous nous définissions avant tout comme des rêveurs. Mais rêver n'est pas suffisant aujourd'hui. Si nous voulons nous implanter (et nous le voulons), il faut une bonne connaissance de notre environnement financier. Un peu de théorie financière semble ici de mise. L'industrie aérospatiale se distingue par sa forte intensité capitalistique. Pour faire simple, les barrières à l'entrée sont considérables. Pour prétendre être compétitif dans ce secteur, notamment lorsque l'on souhaite proposer une innovation matérielle (un nouveau type de satellite, de lanceur, de robot), il nous faut des capitaux longs, c'est-à-dire des capitaux dont nous pouvons disposer à moyen et long terme. Les plus évidents sont bien entendu les immobilisations corporelles, c'est-à-dire des actifs matériels : machines, robots, infrastructures de lancement, outils de test par exemple. La mise à disposition d'infrastructures publiques dont nous rêvions ci-dessus permettrait alors de diminuer les investissements nécessaires. Mais pour suivre le rythme effréné du secteur, nous avons aussi besoin de ressources financières.

Dressons maintenant le portrait des options à notre disposition. Avant tout, il y a les capitaux propres (ou fonds propres). Ce sont principalement les capitaux apportés par les actionnaires (qui possèdent alors des parts de l'entreprise, au titre desquelles ils seront rémunérés principalement sous forme de dividendes). Pour avoir les ressources nécessaires à notre développement, nous pouvons faire appel à des investisseurs privés (fonds d'investissement de tout type, autres entreprises, ou même fortunes personnelles ou simples particuliers prêts à nous faire confiance). Les possibilités sont certes déjà multiples, mais l'apport de fonds propres par la puissance publique est tout à fait envisageable et intéressant. Thalès, par exemple, est dans ce cas de figure, l'état français possédant 25,68 % des parts de l'entreprise. Et ce type de relation état-industrie a toutes les raisons de perdurer et de s'intensifier. Le plan France Relance abonde dans ce sens, avec la création d'un fonds de 35 millions d'euros opéré par la BPI et consacré au soutien aux PME du secteur aérospatial. C'est aussi le cas pour d'autres fonds d'investissement publics comme le fonds européen Cassini disposant d'un milliard d'euros.

Mais une entreprise se finance toujours en partie par de la dette bancaire. Actuellement, elle coûte moins cher que le capital, ce qui nous encourage, acteurs privés, à avoir de forts taux d'endettement. Toutefois nous sommes condamnés à ne pas faire défaut, sans quoi nous nous retrouverions en grande difficulté. Les engagements que nous prenons auprès de nos prêteurs sont forts ; ils peuvent par exemple prendre la forme de ratios de couverture à respecter. Ainsi, nous devons toujours être en mesure de rembourser 1.1 à 1.3 fois la somme prévue annuellement. Et l'aérospatiale reste un secteur très risqué, où les imprévus sont coûteux et souvent dramatiques. Il suffit qu'un de nos concurrents trouve une meilleure technologie avec un meilleur rapport qualité-prix pour que nous perdions tous nos clients (dans le numérique, les théoriciens appellent cette situation un « winner takes all »). Une garantie de nos dettes par les états représenterait une aide considérable. Et ce n'est pas une pure utopie que de proposer cela. Il s'agit d'une solution utilisée, par exemple en *project finance*, pour assurer la stabilité financière d'infrastructures jugées essentielles. Au-delà d'être un moyen de recours rassurant les prêteurs, personne n'étant meilleur emprunteur que l'état (preuve en est que le taux sans risque en finance est calqué sur le taux d'intérêt des bons du Trésor à 10 ans), cela serait une marque de soutien importante, encourageant le développement du secteur. Enfin, le dernier mode de financement d'une entreprise ou d'un projet est un moyen dit « alternatif », il s'agit par exemple de *private debt* (dont nous ne parlerons pas ici), ou encore de subventions accordées par l'état. Dans ce cadre, les acteurs publics injectent directement du cash dans l'entreprise, à destination d'un projet ou d'une dépense. De ce fait, nos possibilités de financement pour l'UA Corp sont multiples, et chacune d'elle nous permet de mettre en avant les possibles fortes collaborations avec le secteur public dans le futur.

c. Pérennisation du projet

Par la suite, nous devons pérenniser le projet. Il nous faut être rentable, et proposer un niveau de vente suffisant pour pouvoir ensuite réinvestir et poursuivre notre développement. Jusqu'ici, la meilleure solution a été de travailler pour les états directement, en gagnant des marchés publics et répondant aux appels d'offre. SpaceX l'a bien compris. Son premier client est la NASA, et l'entreprise a, par exemple, réalisé sept lancements en 2021 pour ravitailler l'ISS, dans le cadre d'un partenariat signé en 2008 et prolongé jusqu'en 2024. La croissance de SpaceX, lui permettant une valorisation record passée de 52Mds \$ en 2020 (selon Morgan Stanley) à 100Mds \$ en 2021, est aujourd'hui possible grâce à ses contrats avec le gouvernement améri-

cain, notamment le Pentagone et la NASA. En outre, le développement d'activités très lucratives telles que le tourisme spatial peut nous permettre d'obtenir d'importants revenus à réinvestir dans la recherche et développement de projets plus coûteux. Parmi les principales entreprises ayant misé sur cette stratégie, on retrouve encore SpaceX, mais aussi Virgin Galactic (de Sir Richard Branson) et Blue Origin. Et pourquoi pas demain UA Corp ?

Après avoir déroulé toutes ces étapes, notre idée devient déjà plus concrète, et UA Corp prend vie.

Mais en encourageant une collaboration public-privé aux multiples facettes, ne risquons-nous pas de dépendre financièrement des institutions étatiques et internationales ? Au contraire, avec l'émergence d'initiatives privées lucratives comme le tourisme spatial ou le développement des satellites, que penser de l'évolution du secteur vers une économie de marché ?

II. LES ÉTATS, ENTRE BÉNÉFICES ET PROBLÈMES DE SOUVERAINETÉ

1. LA PUISSANCE PUBLIQUE TIRE PROFIT DE CETTE COLLABORATION PUBLIC-PRIVÉ

Si les entreprises bénéficient indubitablement d'une collaboration avec les états, ces derniers ne sont pas en reste. Les retombées avantageuses de cette situation d'entraide mutuelle sont nombreuses. Tout d'abord, pour accélérer la croissance économique du pays et améliorer sa situation globale, l'état a tout intérêt à soutenir les secteurs stratégiques. Et cette situation crée un cercle vertueux : plus le secteur aérospatial est actif sur un territoire, plus il recrute, réduisant le chômage, boostant les activités économiques et incitant des acteurs industriels étrangers à investir sur le sol national ou à s'y implanter. En outre, la grande exigence technique et technologique du secteur y attire parmi les plus grands talents scientifiques, permettant à l'état d'éviter l'appréhendée « fuite des cerveaux » vers l'étranger. Preuve en est la création de véritables pôles scientifiques spécialisés dans l'aérospatiale rassemblant tous types d'acteurs comme Toulouse en France ou Houston aux États-Unis. Ce phénomène semble être amené à s'accroître dans le futur, en raison des défis à venir.

Il est aussi politiquement intéressant pour la puissance publique de s'allier avec les acteurs industriels, notamment pour mettre en place des politiques favorables à leur secteur et encourageant leur croissance. Avec les collaborations à

l'échelle internationale qui s'accroît, cette coopération public-privé devient essentielle pour peser dans les discussions ; une entreprise incarne la puissance de l'état dont elle est issue. Cette notion renvoie directement à l'idée plus générale de *soft power* et donc de rayonnement scientifique et culturel à travers le monde.

2. UN CONFLIT AVEC LA QUESTION DE LA SOUVERAINÉTÉ DES ÉTATS DANS UN ESPACE DE PLUS EN PLUS MILITARISÉ

Cependant, cette « capitalisation de l'espace » se heurte à la problématique fondamentale de la souveraineté des états. Le domaine spatial présente la particularité d'être à la fois compétitif, donc tendant à une économie de marché, et sensible, tant les technologies en jeu sont stratégiques. Le secteur entier est de plus en plus soumis à des enjeux militaires.

a. L'espace comme nouvelle zone de conflits

L'espace semble en effet se profiler comme étant un théâtre de conflit dans les années à venir. En avril 2021, les autorités russes annoncent avoir détruit un de leurs satellites grâce à une missile antisatellite. Ces derniers, et plus généralement les armes antisatellites (ASAT) se multiplient depuis le début des années 2000, et de nombreux états s'en dotent (Inde, Chine, Russie, États-Unis...). En février 2022, au début de l'invasion russe de l'Ukraine, une attaque a paralysé le réseau de satellites Ka-Sat, premier pourvoyeur d'accès internet en Ukraine, coupant ainsi le pays du reste du monde. En avril, les États-Unis deviennent le premier pays au monde à adopter un moratoire sur les ASAT, qui n'a cependant été ratifié ni par la Russie ni par la Chine.

Preuve de l'importance grandissante accordée à l'espace, les États-Unis ont créé en 2019, sous l'administration Trump, l'United States Space Force (USSF), marquant ainsi l'indépendance de cet organisme dans la gestion des affaires spatiales. La France les a précédés de quelques mois en créant le Commandement de l'Espace (CDE) et en renommant l'Armée de l'Air « Armée de l'Air et de l'Espace », plaçant ainsi le domaine spatial au cœur des préoccupations stratégiques actuelles. Des exercices interarmes (exercices AsterX) sont organisés depuis 2021 sous l'égide du CDE afin de tester et d'éprouver les capacités de réaction face aux menaces spatiales.

Pour l'instant, et comme le souligne le déroulé même de l'exercice AsterX, la guerre dans l'espace est avant tout envisagée comme une guerre de l'informatique et de l'information. Les attaques directes, physiques, ne sont que peu envisagées tant leurs conséquences, notamment en termes de création de débris spatiaux, seraient catastrophiques. En effet, un satellite ou tout autre orbitant détruit, créerait une multitude de débris qui, à leur tour percutant d'autres corps,

créeraient une cascade aux conséquences imprévisibles ; ce phénomène est connu sous le nom de « syndrome de Kessler ».

b. Le secteur aéronautique, un indice ?

Cette notion de souveraineté, conjuguée à la perspective d'un conflit spatial, se heurte alors directement à la volonté d'internationalisation de l'espace, et de création d'une économie de marché dérégulée.

On peut à ce stade tracer un parallèle avec la situation actuelle dans le domaine de l'aéronautique militaire. Les deux secteurs présentent des nombreux points communs dont leur importance stratégique et le haut degré d'expertise qu'ils requièrent. On peut notamment y constater un cloisonnement assez important et un système centré sur quelques « superproducteurs » (États-Unis, France, Suède, Russie, Chine) accompagnés d'une multitude de clients. Si les pays exportent leurs avions (la France vend ainsi son Rafale à sept pays, avec d'autres prospects en cours), faisant ainsi penser à un modèle concurrentiel classique, il faut apporter de nombreuses nuances. L'avion vendu n'est pas le système d'armes complet, mais bien le porteur. L'avionique diffère, parfois sensiblement, entre les modèles d'export et les modèles « nationaux » : absence de certains capteurs, anciennes versions de logiciels, etc. Outre les déclinaisons spécifiques à chaque pays, certains avionneurs vont jusqu'à développer des versions spécifiquement dédiées à l'exportation, comme le Mirage 2000-9 français. À l'inverse, certains modèles sont interdits d'exportation par leur pays, comme le F22 Raptor, les États-Unis le considérant comme un élément-clé de leur puissance. Les intérêts nationaux et de défense prédominent donc aux dépens de la compétitivité et des exigences de l'économie de marché. Un raisonnement similaire semble à notre avis applicable dans le secteur spatial. En effet, au moins dans les prochaines années, le boom du secteur semble à même de redéfinir la carte géopolitique mondiale, et il paraît important de conserver les bénéfices procurés par l'avance technologique de certains états. Si l'entièreté du secteur spatial n'est pas militarisée, l'avantage stratégique procuré par la possession de satellites et de corps en orbite, en termes de gestion des flux d'information et de renseignement, est colossal.

La question des jeux d'alliance découle tout naturellement de cette thématique. Les industries du domaine spatial seront-elles soumises aux jeux d'alliance entre états ? Là aussi, le secteur de l'aéronautique militaire peut nous apporter un éclairage précieux. Et celui-ci semble plutôt définir l'échelle nationale comme échelle de base. On peut le constater avec la stratégie agressive de vente du F35 aux alliés des États-Unis. Récemment, dans un souci de modernisation de sa flotte

aérienne, l'Allemagne a été contrainte d'acheter des F35, seuls capables de porter les bombes atomiques américaines (rôle qu'elle se doit de tenir dans le cadre de l'OTAN). Si l'on peut imaginer une situation similaire dans le domaine spatial, la réalité sera à notre avis, et au moins à court terme, plus nuancée. En effet, le budget nécessaire à l'exploration de l'espace force, dans une certaine mesure, la collaboration interétatique, comme le souligne l'existence de l'ESA ou même la collaboration entre ESA et NASA pour certains lancers.

Sur le plus long terme en revanche, la situation est plus floue, et cette problématique peut être cristallisée dans celle du futur de l'ISS. Si la coopération a été nécessaire pour créer la première station spatiale de grande envergure, la tendance semble être au retour aux stations nationales (mais de plus grande taille que Mir ou Skylab) et à l'émergence de stations commercialisées à disposition d'entreprises et d'agences, appelées par la NASA des *Commercial Destinations in Low-Earth Orbit*. La répercussion sur l'ISS de l'invasion de l'Ukraine illustre parfaitement cette tendance.

Comme nous avons pu le voir, l'intensification de la collaboration entre états et entreprises paraît bénéfique aux deux parties, mais génère aussi de nombreux questionnements, portant notamment sur les questions de souveraineté. La problématique appelle celle du maintien d'un équilibre dans ces relations entre acteurs étatiques et industriels, et donc celle de la création d'instruments de régulation forts.

III. LA RÉGULATION COMME OUTIL MÉDIATEUR

1. POURQUOI RÉGULER LE SECTEUR ?

Comme l'a suggéré Thomas Pesquet, il est possible de dresser un parallèle entre la découverte du continent américain – et même plus généralement la colonisation – et l'évolution du secteur aérospatial.

Les points de rapprochements sont nombreux entre le tableau actuel du secteur aérospatial et celui qui se dessinait au moment de la colonisation des Amériques au début du xv^e siècle. Tout d'abord, et il demeure important de le souligner, bien que le secteur soit extrêmement porteur, il reste néanmoins jeune, et pour l'instant réservé à une poignée d'acteurs. Cela peut nous faire penser aux grandes nations maritimes que furent l'Espagne et le Portugal (que l'on pourrait s'avancer à comparer, de par leur implantation solide et leur dimension « historique » aux États-Unis et à la Russie [ex URSS]), timidement accompagnés par la

France, les républiques italiennes, la Grande-Bretagne et les Pays-Bas dans un second temps. La découverte du Nouveau Monde et les grandes explorations ont amené l'apparition de grands pouvoirs « privés », comme la Compagnie des Indes Orientales ou plus simplement les commerçants négriers. Cette situation – que l'on peut grouper avec la colonisation de l'Afrique et de l'Asie de l'Est – a provoqué un grand nombre de conflits et exactions essentiellement dues à l'absence d'une régulation internationale. Il est donc primordial, pour ne pas la reproduire, de créer un corpus clair encadrant l'exploration spatiale.

Commençons par dresser un état des lieux des problèmes actuels de régulation. Passons rapidement sur le nombre de lancements. Celui-ci est en constante augmentation depuis quelques années, et les records établis durant les années 1970, c'est-à-dire en plein cœur de la conquête spatiale, ont été battus en 2021, avec 146 lancements dont 136 réussis. L'intensification des relations entreprises-états, et de manière générale la conjoncture générale du secteur, augurent une multiplication du nombre de lancements dans les années à venir. Outre le problème de l'encombrement, que nous traiterons ci-dessous, la question des infrastructures de lancement pose déjà problème, tant celles-ci sont en nombre limité. Les plus importantes se comptent aujourd'hui sur les doigts d'une main, à savoir Kourou en Guyane, Cap Canaveral et la Vandenberg Air Base Air aux États-Unis, et Baïkonour au Kazakhstan. De nouveaux sites se développent cependant dans les nouvelles nations spatiales, mais aussi via des entreprises privées comme SpaceX, avec le SpaceX South Texas Launch Site, ou les plateformes de lancements océaniques de la marque Sea Launch.

La plus grande problématique actuelle est sans aucun doute celle de l'encombrement des orbites et de l'espace en général. Avec la multiplication des acteurs présents et les perspectives de futur déjà décrites, et compte tenu de l'absence de moyens efficaces pour traiter les déchets spatiaux, ce problème ne peut que nous alarmer. Les orbites sont de plus encombrées, notamment l'orbite géostationnaire, critique pour les satellites météorologiques ou de télécommunications puisqu'elle permet de rester constamment au-dessus de la même zone géographique, et l'orbite terrestre basse est souvent considérée comme saturée. Inquiète de ces problématiques, l'ESA a d'ailleurs récemment proposé sur son site internet un panel de statistiques relatives à ce problème. Ainsi, au 1^{er} janvier 2020, la surface équivalente d'objets en orbite autour de la Terre était estimée à 80 000 mètres carrés. En moyenne, sur les deux dernières décennies, douze fragmentations accidentelles ont eu lieu dans l'espace chaque année, et cette tendance semble en hausse.

2. TOUR D'HORIZON DE LA SITUATION ACTUELLE

Avant de passer aux solutions que nous proposons, il est intéressant de se pencher sur l'état des lieux actuel de la régulation dans le secteur aérospatial. Le constat est globalement celui d'un échec. Si de nombreux traités existent, comme le traité de l'Espace (ratifié en 1967) ou le traité sur la Lune (datant de 1979), ceux-ci sont aujourd'hui dépassés. Le traité sur la Lune est d'ailleurs en lui-même un semi-échec puisqu'il n'a été ratifié par aucune nation ayant un programme autonome de vol spatial habité actif ou en développement. Concernant le problème des orbites par exemple, il existe bel et bien des organismes en charge de la régulation, comme l'ITU (*International Telecommunications Union*). Mais, comme le souligne le rapport *Crowded and Dangerous Orbits European Space Governance at a Time of Potentially Saturating Programs* publié par l'IFRI en janvier 2022, la situation actuelle est plus proche d'un statut type « far west » : une entité de régulation certes, mais avec des règles tellement laxistes qu'il est facile d'en exploiter les zones d'ombre. Ainsi, si le traité de l'Espace garantit un libre accès à qui souhaite se lancer dans l'exploration spatiale, l'ITU adopte quant à elle, dans sa gestion des orbites et bandes de fréquences de communication, la règle du « premier arrivé, premier servi », favorisant ainsi le monopole des grandes puissances en place. Cette contradiction a amené à de nombreuses dérives dont la création d'un marché des orbites et des fréquences de communication, et à des méthodes peu orthodoxes. L'une d'entre elles, appelée *over-filling*, exploite un autre flou juridique. En effet, d'après les règles de l'ITU, les états peuvent acquérir un emplacement en orbite et le garder pendant sept ans sans l'utiliser. De plus, aucune loi n'existe concernant la fin de vie des satellites et leur retrait de service. Les états peuvent alors conserver artificiellement des orbites en relançant un autre satellite ou en allouant la place à un autre acteur. Enfin, on peut légitimement remettre en cause le fait que les états soient responsables des accidents spatiaux et autres problèmes causés par des entreprises sous leur juridiction, dans le cadre d'une économie qu'on imagine basculer vers une économie de marché. Soulignons cependant la prise de conscience récente autour de cette problématique, qui a mené à la prise de mesures. Les États-Unis sont pionniers dans ce domaine avec la création du Space Surveillance Network ou SSN, et l'initiative des accords Artémis qui entreront en vigueur en 2025.

3. NOS PROPOSITIONS

a. Création d'une police de l'espace

Passons maintenant à nos propositions. Avant tout, une augmentation de l'activité spatiale requiert une surveillance accrue de celle-ci. Pour l'instant, chaque organisme est responsable de ses propres lancements. C'est pourquoi nous pourrions suggérer la création d'une « police de l'espace » calquée sur le principe de la police du ciel. Son rôle serait de répertorier les lancements, recenser les problèmes et réagir en conséquence. Sa fonction serait avant tout celle de réguler et de centraliser les organismes de gestion de collision et d'interférences entre lancements et vols afin d'harmoniser la gestion d'un trafic qui s'annonce surchargé. L'idée d'une permanence opérationnelle copiée sur ce qui se fait aujourd'hui en aéronautique semble toutefois utopique, un lancement de fusée demandant autrement plus de préparation qu'un décollage de chasseur. Cependant, la démocratisation des vols et avions orbitaux annoncée dans les prochaines années peut constituer une option viable à moyen terme. On peut envisager dans quelques décennies, ou même années, des sites de lancements dédiés, sur les pas de tirs actuels et futurs, qui permettraient d'accomplir cette fonction de police du ciel. À court terme, et bien que cela soit limité par les prix exorbitants de production et d'entretien, on peut proposer la récupération et réutilisation de certains avions stratosphériques type SR71 ou U2 pour gérer des cas de force majeurs. Le point crucial de cette entité de régulation serait son caractère supranational et indépendant. On peut ainsi envisager cet organisme comme étant rattaché aux Nations Unies. Contrairement à ce qui se fait avec la police du ciel, qui est sous commandement militaire (l'opération de police du ciel de l'OTAN en Europe est ainsi placée sous l'autorité du commandant suprême des forces alliées en Europe), cette police devrait être certes équipée de moyens militaires, mais indépendante de toute armée. Une première étape pourrait toutefois être une situation type « casques bleus ». L'entité de régulation ferait appel aux forces des pays membres pour les interventions. Cela permettrait notamment de prendre en charge une partie des frais dans la situation de transition avec des avions stratosphériques proposée plus haut.

b. Encadrement strict de l'exploration et l'exploitation des ressources

Si une économie de l'espace se développe comme nous le supposons, la question de l'exploitation des ressources spatiales se pose inévitablement. Le point est d'ailleurs déjà abordé dans les accords Artémis puisque ceux-ci prévoient déjà « l'extraction et l'exploitation de ressources spatiales ». Les corps

extraterrestres, au premier rang desquels la Lune et Mars, renferment en effet des ressources clefs de l'économie mondiale, et même certains éléments essentiels pour les colonisations envisagées pour le futur ; on pense notamment à l'eau sous forme de glace dans les calottes polaires martiennes. Il est essentiel de définir dès le début un cadre légal strict quant à l'exploitation de ces ressources pour éviter de répéter des erreurs du passé, comme celles commises, par exemple, lors de la colonisation de l'Afrique, et tous les conflits et tensions qui ont accompagné la course aux ressources du continent. Pour apaiser les conflits entre états, il serait pertinent de décharger ceux-ci de l'exploitation et de la vente des ressources découvertes. Les entreprises privées prendraient la main, comme c'est le cas aujourd'hui pour l'exploitation pétrolière. La question de l'attribution des ressources est aussi un point épineux : à qui reviennent les droits d'exploitation sur un terrain donné ? Si la règle du « premier arrivé, premier servi » semble tentante, elle favorise un monopole ou tout du moins un oligopole entre nations et entreprises déjà fermement implantés dans le domaine aérospatial. Deux solutions alternatives nous semblent mériter un développement :

- La première serait celle d'un ensemble de parcelles dédiées à chaque état participant à l'exploration spatiale. L'attribution de ces parcelles serait gérée par un organisme indépendant et supranational, et pourrait être déterminé en fonction de la taille du pays, de son importance dans la conquête spatiale ou même de son besoin de ressources. Nous serions alors dans un hybride entre gestion nationale et gestion industrielle : les parcelles seraient attribuées à des états pour y implanter leurs entreprises, tandis que ces dernières gèreraient ensuite leurs frais d'exploitation. Cette situation fait penser à celle des ZEE comme définies en 1982 lors de l'adoption de la convention de Montego Bay. Ce scénario présente néanmoins l'inconvénient d'être « figé dans le temps » : une nouvelle nation arrivant après l'attribution des parcelles se retrouvant dans l'impossibilité d'opérer. Une parade à cet argument serait de céder les droits d'exploitation des terrains pour une durée donnée, et renégocier, par exemple, tous les dix ans. Notons que cette situation semble se profiler dans les accords Artémis, avec la création de *safety zones* visant à préserver de toute ingérence des sites « historiquement importants », autorisant de facto l'exploitation par les états de terrains où se poseront leurs missions !
- La deuxième serait une situation beaucoup plus proche d'une économie de marché classique. La présence d'une entité indépendante internationale est là aussi essentielle, mais celle-ci fonctionnerait plutôt comme une maison d'enchères, gérant et régulant l'achat et la vente de certaines parcelles lunaires.

Soulignons tout de même que cette exploitation des ressources de l'espace rentre directement en conflit avec l'idée d'un « espace pour tous » tel que posé en principe fondamental dans le traité de l'Espace, annonçant donc une réécriture majeure des textes actuels dans les années à venir. Enfin, la problématique des ressources spatiales s'inscrit tout naturellement dans les enjeux liés au réchauffement climatique, aujourd'hui incontournables.

c. *Prise en compte des enjeux environnementaux*

Revenons un instant sur la question des débris spatiaux. Outre la gestion saine et régulée des orbites, il nous paraît essentiel de traiter le problème en amont. Pour cela, la régulation doit intervenir dans la conception des satellites elle-même. Des spécifications existent déjà mais, comme le souligne l'ESA, celles-ci ne sont que rarement respectées. Il incombe alors de créer une juridiction internationale forte, établissant un contrôle de qualité et de conformité aux normes de construction de satellites. Les points majeurs sont, comme le rappelle l'agence européenne :

- Concevoir les lanceurs et les véhicules spatiaux pour qu'ils « perdent » le moins possible d'éléments – tant au décollage que pendant l'exploitation – suite aux conditions hostiles rencontrées dans l'espace.
- Prévenir les explosions en libérant l'énergie stockée, c'est-à-dire en passivant les véhicules en fin de vie.
- Mettre les missions terminées hors de portée des satellites opérationnels, soit en les désorbitant, soit en les envoyant vers une orbite cimetière.
- Éviter les collisions dans l'espace en choisissant avec soin ses orbites et en effectuant des manœuvres d'évitement de collision.

Pour s'aligner avec les exigences climatiques dans un monde en pleine prise de conscience, il faut cependant faire plus. L'emprunte carbone du secteur est considérable, et il faut s'attaquer à la réduire. À l'image de ce qui se fait actuellement avec les crédits CO₂ échangeables, nous pourrions imaginer la création d'un quota d'emprunte carbone attribué annuellement à chaque entreprise, ou à chaque grand projet de lancement. À plus long terme et pour assurer la durabilité du secteur, il semble incontournable d'établir un ensemble de normes environnementales strictes à respecter impérativement dans le cahier des charges d'un projet aérospatial. Il est donc essentiel de créer un organisme international chargé d'édicter ces normes. Cependant, cette régulation ne doit pas être à sens unique.

L'aérospatiale a un rôle crucial à jouer dans la lutte contre le réchauffement. Le suivi par satellite permet en effet de prévoir, observer et analyser les phénomènes climatiques. La régulation que nous souhaitons ne se veut pas punitive, mais plus un cadre orientant le développement du secteur vers une situation durable. Les entreprises du secteur aérospatial doivent avoir leur mot à dire dans ces normes, qui doivent être le fruit d'une réflexion conjuguée pour être appliquées efficacement.

Finalement, au vu de tout ce qui a été proposé en amont, la création d'une institution internationale forte et indépendante semble s'imposer. Cette entité sera responsable de la gestion et de la régulation de l'ensemble du processus, de la conception à l'exploitation. Cette idée prend pour inspiration directe le secteur de l'aéronautique civile. En effet, et suite aux problèmes de collisions entre avions survenus

dans les années 1950 à cause de l'intensification du trafic aérien – qui ne sont pas sans rappeler les problématiques actuelles du secteur aérospatial – plusieurs entités ont été créées. L'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) placée sous l'égide de l'ONU et qui édicte des lignes et normes à suivre pour assurer la standardisation du transport aéronautique international. Elle est appuyée par deux grandes organisations, la FAA (Federal Aviation Administration) aux États-Unis et l'AESA (Agence de l'Union Européenne pour la sécurité aérienne) en Europe. Leur rôle est principalement de gérer le trafic aérien et de certifier les appareils (et le personnel navigant). Il apparaît donc pertinent de créer une autorité de gestion de l'espace inspirée de ce modèle qui pourrait être subdivisée en départements spécialisés dans chacun des points évoqués plus haut.

CONCLUSION

Si l'on devait résumer ce rapport en quelques mots, la tendance semble être à une intensification des relations entre états et industries. Cette situation serait globalement bénéfique aux deux parties, puisqu'elle apporterait du budget, des infrastructures et un savoir-faire permettant le développement de nouveaux projets innovants et la compétitivité du milieu. Cette compétitivité, cette émulation générerait en retour de multiples avantages pour les états, par ses retombées économiques, sociales et culturelles. Mais le domaine aérospatial reste un domaine sensible sur lequel le spectre de la militarisation plane. Ce phénomène crée une tendance inverse, en réduisant le secteur à une échelle nationale et donc en gelant l'intensification des relations entre états et industries, le spectre des possibilités étant limité.

Une telle militarisation de l'espace semble inévitable mais son ampleur et la rapidité de sa mise en place peuvent être fortement limités en établissant une législation claire et en mettant en place une régulation forte.

En définissant le rôle de chacun, un cadre serait établi, permettant un développement sain de l'économie et du secteur aérospatial tout en évitant les zones de non-droit et donc les conflits larvés. Il convient d'établir un plan précis de mise en place d'une telle entité, et donc de se questionner sur les échéances et étapes intermédiaires (on pense notamment à la création d'entités internationales spécialisées dans chacune des problématiques évoqués, dépendant de l'ONU dans un premier temps) à établir pour réaliser ce programme.

UN RÉSUMÉ

1. NOS VUES SUR LE FUTUR DES RELATIONS PUBLIC-PRIVÉ DANS L'AÉROSPATIAL :

Une intensification de la collaboration états-industries :

- Sur le plan économique et financier : apports de ressources et de garanties publiques, partenariats avec attribution de contrats à long-terme
- Sur le plan technique : soutien des laboratoires et institutions comme les universités
- Sur le plan infrastructurel : mise à disposition de moyens physiques tels que des chaînes de construction, sites de lancement, souffleries...

Une intensification bénéfique aux états :

- Emploi
- Attractivité et rayonnement

Des problématiques de souveraineté bien présentes :

- Militarisation de l'espace
- Conflits autour de l'exploitation spatiale
- Enjeux autour d'un partage de technologies sensibles

2. Nos SOLUTIONS

Une régulation accrue :

- Gestion et coordination des lancements
- Surveillance des activités spatiales
- Encadrement légal de l'exploitation des ressources spatiales
- Législation sur les déchets spatiaux
- La mise en place d'institutions calquées sur le secteur aéronautique :
 - ◆ Une inspiration directe du triptyque OACI/FAA/AESA
 - ◆ Institution internationale et indépendante chargée d'appliquer chacun des points évoqués ci-dessus
 - ◆ Un modèle d'organisation type : une structure rattachée à l'ONU afin de garantir l'indépendance (type OACI) coordonnant des subdivisions chargées de chacun des points évoqués plus haut

3. POINTS DE QUESTIONNEMENT

- Vers quel modèle économique se diriger pour l'exploitation des ressources spatiales ?
- Quelles échéances adopter pour la mise en place de ces institutions ?
- À quel point peut-on susciter l'adhésion internationale à ce sujet ?

BIBLIOGRAPHIE

AEROSPACE VALLEY | PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ DE LA FILIÈRE AÉROSPATIALE, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.aerospace-valley.com/>

ARIANEGROUP, [sans date]

Nos principaux actionnaires : Airbus et Safran. [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.ariane.group/fr/a-propos/nos-actionnaires/>

BAROTTE, Nicolas, 2022

Guerre spatiale : alertes sur les réseaux satellites. Le Figaro.fr [en ligne]. 28 mars 2022. [Consulté le 18 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.lefigaro.fr/international/guerre-spatiale-alertes-sur-les-reseaux-satellites-20220328>

BOULETEL, Cécile, 2022

La décision de l'Allemagne de se doter de F-35 risque de créer des tensions avec ses partenaires européens.

Le Monde.fr [en ligne]. 15 mars 2022. [Consulté le 18 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/international/article/2022/03/15/la-decision-de-l-allemande-de-se-doter-de-f-35-risque-de-creer-des-tensions-avec-ses-partenaires-europeens_6117588_3210.html

BPI France, 2022

NewSpace : ces startups françaises qui partent à la conquête de l'espace, 2022. [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://bigmedia.bpifrance.fr/news/newspace-ces-startups-francaises-qui-partent-a-la-conquete-de-lespace>

CABARÉ, Pierre et LECOQ, Jean-Paul, 2022

Rapport d'information sur l'espace par la Commission des affaires étrangères.

Assemblée Nationale [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/opendata/RINFANR5L15B4991.html#_Toc256000006

CHAMROUNE, Nabil, 2018

Matériaux composites Aluminium/Carbone : architectures pécifique et propriétés hermiques adaptatives [thèse de doctorat]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01941727/document>

CITÉ DE L'ESPACE, [sans date]

Il y a 15 ans, l'Europe se posait sur Titan. [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.cite-espace.com/actualites-spatiales/huygens-titan-15/>

CNES, 2022

Synthèse des activités de SpaceX au 1^{er} janvier 2022 Mission

pour la Science et la Technologie. [en ligne]. 21 janvier 2022 [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://france-science.com/synthese-des-activites-de-spacex-au-1er-janvier-2022/>

DE NEVE, Alain, 2022

« Crowded and Dangerous Orbits : European Space Governance at a Time of Potentially Saturating Programs ». *Notes de l'Ifri.* Ifri [en ligne]. Février 2022. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.ifri.org/en/publications/notes-de-lifri/crowded-and-dangerous-orbits-european-space-governance-time-potentially>

ENTREPRISES.GOUV.FR [2021]

Plusieurs dispositifs pour le plan de relance spatial, 2021. entreprises.gouv.fr [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/crise-sanitaire/france-relance/plusieurs-dispositifs-pour-plan-de-relance-spatial>

GÉOCONFLUENCES, [sans date]

Zone économique exclusive (ZEE). Géoconfluences [en ligne]. [Consulté le 18 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/zone-economique-exclusive-zee>

GQ FRANCE, 2022. Seul sur mars, First Man, Gravity... Thomas Pesquet décrypte des scènes sur l'espace | GQ [en ligne]. 6 mars 2022. [Consulté le 23 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=ynByxVrxsrq>

LAROUSSERIE, David, 2022

Télescope spatial James-Webb : nébuleuses, exoplanète, groupement de galaxies... découvrez toutes ses premières images. Le Monde.fr [en ligne]. 12 juillet 2022. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2022/07/12/james-webb-quelles-sont-les-premieres-cibles-du-telescope-spatial_6134477_1650684.html

LE MONDE, 1990

La faute de Hubble. Le Monde.fr [en ligne]. 11 juillet 1990. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/archives/article/1990/07/11/la-faute-de-hubble_3990629_1819218.html

LE MONDE, 2022 (2)

Les premières images du télescope spatial James-Webb dévoilées. Le Monde.fr [en ligne]. 12 juillet 2022. [Consulté le 17 juillet 2022].

Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2022/07/12/les-premieres-images-du-telescope-spatial-james-webb-devoilees_6134533_1650684.html

OACI, 2022

L'OACI en quelques lignes. Représentation permanente de la France auprès de l'Organisation de l'Aviation Civile

Internationale (OACI) [en ligne]. [Consulté le 18 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://oaci.delegfrance.org/L-OACI-en-quelques-lignes>

MEDDAH, Hassan, 2022.

1 milliard d'euros pour les PME innovantes européennes du secteur spatial. Usine Nouvelle [en ligne]. 25 janvier 2022. [Consulté le 17 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://www.usinenouvelle.com/article/1-milliard-d-euros-pour-les-pme-innovantes-europeennes-du-secteur-spatial.N1777592>

MINISTÈRE DES ARMÉES, 2019.

Arrêté du 3 septembre 2019 portant création et organisation du commandement de l'espace. Légifrance [en ligne]. 3 septembre 2019. [Consulté le 18 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000039062984/>

MINISTÈRE DES ARMÉES, 2022.

AsterX 22 : La guerre des étoiles sous l'œil du commandement de l'espace et de la DIRISI. [en ligne]. 15 mars 2022. [Consulté le 18 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://www.defense.gouv.fr/ema/actualites/asterx-22-guerre-etoiles-loeil-du-commandement-lespace-dirisi>

NASA [sans date].

Artemis Accords, NASA [en ligne]. [Consulté le 18 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/index.html>

NATO, [sans date].

Police du ciel - Sécuriser l'espace aérien OTAN. NATO [en ligne]. [Consulté le 18 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : https://www.nato.int/cps/fr/natohq/topics_132685.htm

PAUNET, Micheline, 1963.

Les organisations internationales spécialisées démarrent assez lentement. Le Monde diplomatique [en ligne]. 1er novembre 1963. [Consulté le 17 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://www.monde-diplomatique.fr/1963/11/PAUNET/25655>

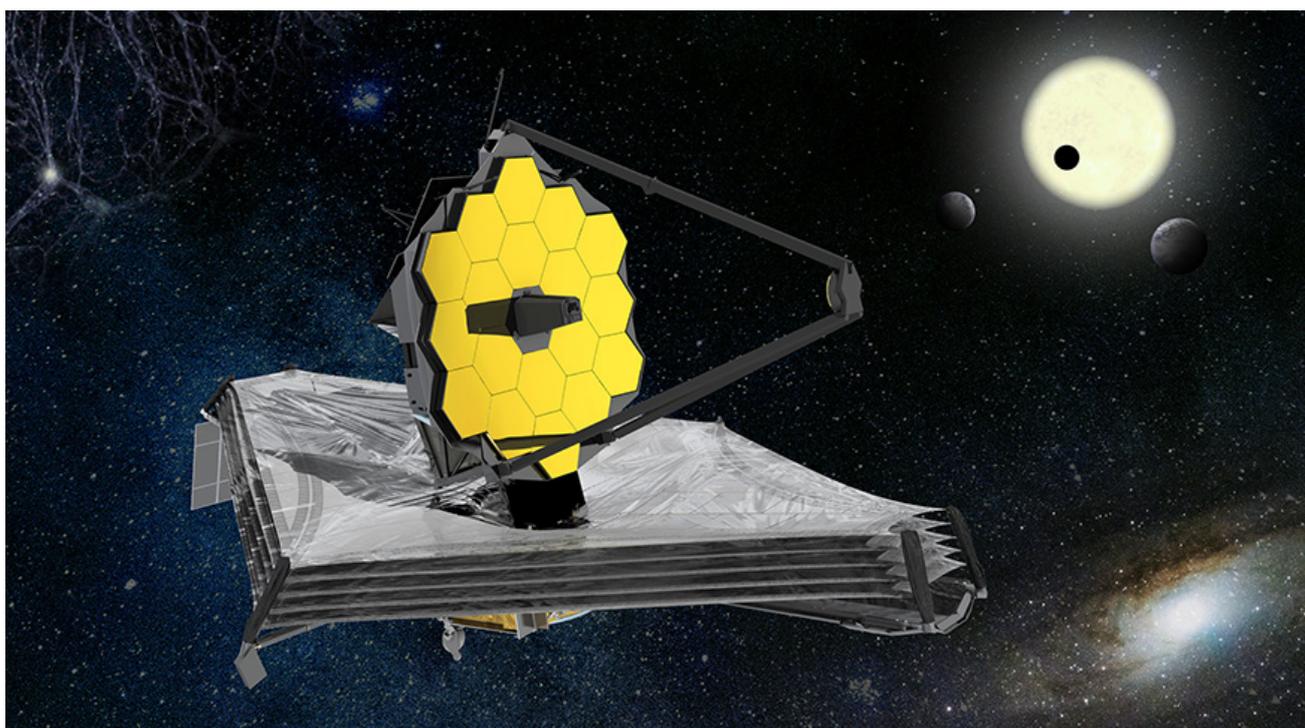
UNTERSINGER, Martin, 2022.

Guerre en Ukraine : les utilisateurs du réseau satellitaire Viasat victimes d'une cyberattaque. Le Monde.fr [en ligne]. 8 mars 2022. [Consulté le 18 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/pixels/article/2022/03/08/guerre-en-ukraine-les-utilisateurs-du-reseau-satellitaire-viasat-victim-d-une-cyberattaque_6116600_4408996.html

VERNIMMEN, Pierre, QUIRY, Pascal et LE FUR, Yann, 2020.
Finance d'entreprise (19^e édition). Paris. Dalloz. 2020.

ZONE BOURSE, [sans date].

THALES : Actionnaires Dirigeants et Profil Société. [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022].
Disponible à l'adresse : <https://www.zonebourse.com/cours/action/THALES-4715/societe/>



Vue d'artiste du télescope spatial James Webb (JWST) © ESA/ATG medialab