

UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE  
FACULTÉ DE DROIT ET DE SCIENCE POLITIQUE  
PÔLE TRANSPORTS  
INSTITUT DE FORMATION UNIVERSITAIRE ET DE  
RECHERCHE DU TRANSPORT AÉRIEN

---

**GESTION DES RISQUES ET ASPECT  
ASSURANTIEL DANS LES PROJETS  
SPATIAUX CONTEMPORAINS**

Mémoire pour l'obtention du  
Master 2 Droit et Management du transport aérien

Par

Justine MIGNONAT-LASSUS

Sous la direction de Mme Julie LABORDE dit BOURIAT

Directrice du Master 2 Droit et Management du transport aérien, Professeur  
associé de droit aérien, Vice-directrice du Pôle transports et Codirectrice de  
l'Institut de formation universitaire et de recherche du transport aérien de la  
Faculté de droit et de science politique d'Aix-Marseille



# REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier, dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de l'Institut de formation universitaire et de recherche du transport aérien (IFURTA), ainsi que les enseignants et professionnels qui sont intervenus tout au long de cette année, nous partageant ainsi leur savoir et expérience dans des matières aussi diverses que variées.

Plus spécialement, un grand merci à Mme. Julie LABORDE dit BOURIAT pour sa bienveillance et son soutien envers tous les étudiants de la promotion 2018 de l'IFURTA.

Je remercie également Maître Cécile Gaubert pour avoir fait naître un réel engouement pour le spatial et l'assurance spatiale au travers de ses interventions au sein du Master ainsi que du colloque.

De plus, je souhaite remercier le commissaire de 1<sup>ère</sup> classe Ayadi, avec qui je travaille depuis maintenant deux mois, pour m'apporter chaque jour davantage de connaissances dans le domaine spatial et me permettre de me familiariser avec cette matière tant technique que complexe.

Enfin, je voudrai remercier tous mes camarades, dorénavant devenus des amis, avec lesquels j'ai eu la chance et la joie de partager cette année riche en émotions et expériences.

En dernier lieu, je remercie mes proches et amis pour leur soutien quotidien au cours de cette année et dans la rédaction de ce mémoire.



# SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	1
SOMMAIRE.....	3
TABLE DES ABRÉVIATIONS .....	5
INTRODUCTION .....	7
PARTIE I : GESTION DES RISQUES DANS LES MISSIONS SPATIALES.....	15
CHAPITRE 1 : LES RISQUES DANS L'ESPACE .....	16
CHAPITRE 2 : LES RISQUES DANS L'INDUSTRIE SPATIALE .....	21
PARTIE II : PARTAGE DES RISQUES SPATIAUX ET NÉCESSITÉ DE L'ASSURANCE SPATIALE .....	32
CHAPITRE 1 : LE RÔLE CENTRAL DE L'ASSURANCE SPATIALE .....	34
CHAPITRE 2 : COUVERTURES D'ASSURANCES RELATIVES AUX RISQUES SPATIAUX.....	45
CHAPITRE 3 : ÉTAT ACTUEL DU MARCHÉ DE L'ASSURANCE SPATIALE	60
PARTIE III : PERSPECTIVE DE NOUVEAUX RISQUES ET DÉFIS FUTURS POUR LES ASSUREURS SPATIAUX.....	65
CHAPITRE 1 : LE TOURISME SPATIAL.....	67
CHAPITRE 2 : MONTÉE EN PUISSANCE DES VÉHICULES ET LANCEURS RÉUTILISABLES .....	74
CHAPITRE 3 : LES SERVICES EN ORBITE .....	77
CHAPITRE 4 : L'ENJEU DES MEGA CONSTELLATIONS DE SATELLITES...	80
CHAPITRE 5 : LE RISQUE LIÉ AUX DÉBRIS SPATIAUX.....	83
CHAPITRE 6 : LE RISQUE CYBER .....	88
CHAPITRE 7 : L'EXPLOITATION DE RESSOURCES SPATIALES .....	91
CHAPITRE 8 : PERSPECTIVES DE MISSIONS SUR MARS .....	95
CONCLUSION.....	101
BIBLIOGRAPHIE.....	103
TABLES DES MATIÈRES.....	106
ANNEXES.....	108



# TABLE DES ABRÉVIATIONS

CNES : Centre National d'études spatiales

CSG : Centre spatial Guyanais

ESA : *European Space Agency*

ESPLS : *European space products liability scheme*

FCC : *Federal communications commission*

GEO : *Geostationary Earth Orbit* - Orbite géostationnaire

IPP : Invalidité permanente partielle

ISS : *International Space Station* - Station spatiale internationale

LEO : *Low Earth Orbit* - Orbite basse

LF : *Launch failure*

LOS : Loi relative aux opérations spatiales

MEO : *Medium Earth Orbit* - Orbite moyenne

NASA : *National Aeronautics and Space Administration*

ONU : Organisation des Nations unies

P\_LF : Paramètre *launch failure*

QP : Quantum de perte

RCES : Responsabilité civile engins spatiaux

TTF : *Time to failure*



# INTRODUCTION

« *L'exploration de l'espace est l'une des plus grandes aventures de tous les temps et aucune nation, ayant la prétention de se poser en exemple vis-à-vis des autres, ne peut envisager de prendre du retard dans la course à l'espace* ». John F. Kennedy

Il y a cinquante ans, le 21 juillet 1969, pour la toute première fois dans l'histoire de l'humanité, un homme marcha sur la Lune. Malgré les années passées, l'aventure spatiale continue de fasciner et de faire rêver chacun d'entre nous. S'il y a bien un lieu inaccessible à la condition humaine et résistant à l'investigation rationnelle, il s'agit sans aucun doute de l'espace. L'explorer revient à pénétrer dans un sanctuaire à la recherche de l'inconnu. C'est bien là la particularité de l'espace : son inaccessibilité et sa méconnaissance. Pourtant, si aujourd'hui plus que jamais, l'espace semble bien plus accessible grâce aux nouvelles possibilités que le *New Space*<sup>1</sup> a ouvertes, il demeure cependant encore inatteignable pour la plupart d'entre nous.

Durant cinquante ans le progrès technologique n'a cessé de croître. A titre d'exemple, Spoutnik 1, lancé le 4 octobre 1957, fut le premier engin d'une longue série placé en orbite marquant ainsi le début de l'ère spatiale. Aujourd'hui, selon l'association *Union of Concerned Scientists*, c'est plus de 2.063 satellites opérationnels qui sont en orbite autour de la Terre au 1<sup>er</sup> avril 2019. 38% de ces satellites, soit 788, sont dédiés à l'observation de la Terre et 37%, soit 773, aux services de communication. Viennent ensuite les satellites à but scientifique ou technologique dans la communication ou la défense, en nombre de 263. Enfin, ceux utilisés pour la navigation globale ou régionale, à hauteur de 138. Ainsi, au vu de leur importance cruciale dans notre quotidien, il est à peine exagéré de dire que sans satellite, « *la planète entière s'arrête* », comme l'a admis le président du Centre national d'études spatiales (CNES), Jean-Yves Le Gall. D'ailleurs, « *le satellite est la solution optimale pour permettre un accès universel aux images et aux données en couvrant les zones situées à l'écart des réseaux terrestres* », renchérit Eutelsat, qui y voit un enjeu de développement pour ces zones délaissées.

Par ailleurs, ces dernières décennies d'évolution spatiale ont entraîné une forte pollution extra-atmosphérique. Actuellement, environ 150 millions d'objets de plus d'un

---

<sup>1</sup> « Nouvel âge spatial » entraînant *de facto* une ouverture de l'espace à de nouveaux acteurs d'origine privé et une extension du champ d'application des technologies spatiales.

millimètre orbitent ou errent au-dessus de nos têtes selon diverses études scientifiques<sup>2</sup>. Il y aurait également 750 000 objets de plus d'un centimètre. Enfin, le 24 janvier dernier, ils étaient exactement 19 542 débris de plus de dix centimètres, contre 18 835<sup>3</sup> en février 2018. Il est donc important et urgent de procéder à une dépollution de l'espace afin de réduire d'autant les risques de collisions pour les futurs satellites qui seront placés en orbite et les projets spatiaux qui verront le jour ultérieurement.

De ce fait, ce grand nombre de satellites, et incidemment de débris, de même que l'augmentation de l'utilisation de l'espace, entraînent nécessairement des dangers à prendre en compte. Une accélération sans précédent au cours des dernières décennies, du fait de l'arrivée sur le marché de nouveaux acteurs privés, a amené au développement d'une réelle culture du risque. Que ce soit dans le cadre d'un vol habité à destination de la station spatiale internationale<sup>4</sup>, d'un ravitaillement en fret vers cette même station ou de l'envoi d'une sonde sur Mars ou sur la Lune, de même que la mise en orbite d'un satellite, l'espace est à présent le lieu de tous les possibles mais également de tous les dangers.

Ainsi, le *risk management*<sup>5</sup> fait dorénavant partie intégrante de chacun des projets spatiaux qui voit le jour. Depuis le commencement de l'exploration spatiale, vingt-deux personnes ont connu la mort lors d'une mission spatiale : trois sur Apollo 1, une sur Soyouz 1, une sur X-15-3, trois sur Soyouz 11, sept sur Challenger, et sept sur Columbia. Bien heureusement, les accidents ne causent pas toujours de perte humaine. Toutefois, compte tenu du coût colossal de chaque projet, un échec peut provoquer la mort, non pas d'une personne, mais d'une entreprise.

Plus récemment, l'échec pour le 15<sup>ème</sup> lancement du lanceur léger Vega « *nous rappelle une fois encore que nous faisons un métier difficile, où la frontière entre le succès et l'échec est extrêmement ténue* », a réagi Jean-Yves Le Gall<sup>6</sup>. Ces paroles du Président du CNES démontrent à quel point les missions spatiales peuvent être imprévisibles. Certes, de nos jours, les échecs se font de plus en plus rares mais il a fallu de nombreux incidents pour arriver actuellement à ces taux de réussite dans les lancements spatiaux.

---

<sup>2</sup> Étude de la NASA

<sup>3</sup> Voir Annexe 1

<sup>4</sup> *International space station* : ISS

<sup>5</sup> La gestion des risques, ou management du risque est la discipline qui s'attache à identifier, évaluer et prioriser les risques relatifs aux activités d'une organisation ou entreprise.

<sup>6</sup> Source Usine Nouvelle

En effet, dans l'espace, concernant les vols habités, les marges de manœuvres étant inexistantes et aucun droit à l'erreur n'étant envisageable, il convient impérativement de tout prévoir préalablement à la mission. Pour aller dans l'espace et y survivre, il faut tout contrôler en permanence et avec la plus grande précision. Les équipements spatiaux doivent donc être à la fois extrêmement précis et fiables. Rappelons également que chaque mission spatiale est unique. Nous vivons aujourd'hui dans un monde où l'on a pour habitude de prôner le risque zéro, ce qui démontre bien la divergence entre l'industrie spatiale et n'importe quel autre domaine d'activité. La chance ou la « faible probabilité » d'occurrence n'entre plus en considération parce que les conséquences économiques ainsi qu'en termes d'image seraient, pour les États et les entreprises privées, un désastre au niveau de leur communication et réputation. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle il y a de plus en plus de règles, de cadre, de limites et d'atténuations afin de prévenir aux mieux les risques afférents à cette activité. Cependant, avec l'arrivée du *New Space*, un droit à l'erreur subsiste en raison des nouvelles technologies encore non éprouvées. C'est justement en tenant compte de cette notion de risque aléatoire que les opérateurs, les industriels, les lanceurs ainsi que les assureurs anticipent et mettent en place, main dans la main, des garde-fous.

Ainsi, la gestion des risques spatiaux est un élément clé dans l'activité spatiale. En effet, la grande complexité technologique des objets spatiaux et des lanceurs, associée au défi physique de positionner les satellites en orbite basse, moyenne ou géostationnaire et, qui plus est, de les faire fonctionner durant de nombreuses années sans possibilité de réparation (pour l'instant du moins), ont fait des risques spatiaux un problème capital dans cette industrie.

Pour les opérateurs, la forte probabilité de survenance de défaillances de satellites combinée à la possibilité d'importantes pertes financières, met la gestion du risque spatial au premier plan dans la mise en place des *business plan*<sup>7</sup> ainsi que la gestion financière des entreprises. Gérer correctement les risques liés à l'espace est en effet une condition préalable à la collecte des fonds nécessaires auprès d'investisseurs pour faire face à cette activité mais surtout pallier d'éventuels sinistres. De plus, malgré la quantité relativement faible de statistiques dans ce domaine, le retour d'expérience des trente dernières années apporte suffisamment d'informations afin d'envisager ces risques avec une approche analytique. Cette approche permet ainsi de se concentrer sur les éléments à part entière en s'appuyant sur des détails précis. Aujourd'hui, la modélisation des

---

<sup>7</sup> Plan d'affaires

risques est devenue un outil puissant pour comprendre et gérer efficacement ces derniers.

De ce fait, si dans un premier temps l'industrie spatiale n'a pas eu besoin d'assurance puisque la recherche scientifique de même que l'ingénierie des satellites et des lanceurs étaient surtout publiques voire militaires, il n'en va plus de même aujourd'hui car les seules garanties étatiques ne suffisent plus. Les coûts de fabrication et de lancement des satellites sont tels qu'un échec, même partiel, peut être catastrophique pour l'entreprise de télécommunications commanditaire. De cette difficulté a pu émerger un nouveau marché de l'assurance spécifiquement dédié aux risques spatiaux. En effet, la fréquence des accidents, soit au lancement, soit en orbite, bien qu'en constante diminution, reste élevée. Malgré ces obstacles actuariels<sup>8</sup>, l'industrie de l'assurance a su imaginer des contrats adaptés, au plus près des risques à prévenir et encadrer. Réciproquement et à juste titre d'ailleurs, « *on ne conçoit plus de nos jours d'investir dans l'industrie spatiale sans des couvertures assurantielles adéquates* », comme le souligne Daniel Zajdenweber<sup>9</sup>. D'autant que dans le spatial, même les projets dits low-cost, comme ceux de SpaceX, se comptent au minimum en dizaine de millions de dollars.

Les prémices en matière d'assurance spatiale ont ainsi vu le jour avec le lancement du satellite *Early Bird* le 6 avril 1965. La couverture était toutefois limitée aux risques au sol uniquement. Une première évolution se fit en 1968 avec la série des satellites Intelsat III qui ont été alors assurés en phase de lancement. Par la suite, dès 1975, la garantie s'est étendue à la couverture intégrale des risques, à savoir la couverture des risques encourus depuis la signature du contrat de fourniture jusqu'à la fin de la vie en orbite du satellite. De nos jours, les assureurs ne proposent plus vraiment ce genre d'assurance car ces polices s'étendent sur des durées trop longues et sont ainsi trop coûteuses pour ceux-ci. Mais au début des années 1990, l'explosion du secteur des industries de l'information a stimulé la construction des satellites ainsi que des lanceurs et indirectement, celui des assureurs. En effet, la première indemnisation d'un sinistre a eu lieu en 1977 avec la destruction du lanceur Thor-Delta et la perte du satellite OTS1. Les industriels ont alors compris l'intérêt des polices d'assurances spatiales afin de garantir le maximum de risques pour leurs prouesses technologiques coûteuses et, souvent, uniques. Malheureusement, en 1998, des pertes importantes dues à des constellations ainsi que des pertes en série sur des satellites ont considérablement ralenti l'essor de l'industrie spatiale. Ces sinistres ont eu pour répercussion la diminution du

---

<sup>8</sup> Relatif aux calculs effectués par les actuaires.

<sup>9</sup> Docteur en sciences économiques et gestion.

nombre de satellites placés en orbite, donc parallèlement moins de satellites construits, et un impact significatif sur le marché de l'assurance spatiale ainsi que ses principaux acteurs.

Mais les assureurs ont su se relever de cette perte de souffle, à la lumière de leur présence indispensable auprès des divers acteurs de l'industrie spatiale. Seule une poignée de compagnies d'assurance ont su se faire une place dans ce marché de niche. Les opérateurs ont ainsi dû revoir leur stratégie afin d'impliquer les assureurs et courtiers à leurs côtés et inclure des couvertures adéquates à chacun de leur projet. De nombreuses firmes spécialisées dans le domaine des assurances spatiales sont désormais connues et reconnues, proposant des polices adaptées aux enjeux de l'espace actuels.

Classiquement, les assureurs proposent deux grandes catégories d'assurance spatiales, les assurances de dommages aux biens spatiaux et les assurances de responsabilité civile spatiale. Dans le cadre des assurances de dommages, trois phases de risques sont à noter en fonction des risques à supporter dans chacun d'elle. La première, au sol et donc antérieurement au lancement, prend en compte les satellites, mais aussi les lanceurs, qui sont assurés pendant les phases d'assemblage, d'intégration, de test, de transport et sur le site de lancement contre les risques de dommages du fait de causes extérieures. Par la suite, les polices d'assurance « lancement » prennent le relais, mais durant cette phase, seuls les satellites sont couverts contre les dommages à leur égard et pouvant avoir des conséquences sur leur effectivité une fois mis en orbite. Pour cela, au cours de cette même phase sont prévus des tests afin de constater la capacité opérationnelle du satellite. Enfin, pendant la phase d'opération en orbite, les satellites, principalement commerciaux, peuvent être couverts, jusqu'à leur fin de vie contractuelle.

Ces assurances de dommages aux biens spatiaux notamment sont aujourd'hui maîtrisées, mais elles nécessitent de s'adapter aux nouvelles technologies et aux nouveaux projets en développement. Ainsi, le doute subsiste quant à la couverture de nouveaux projets développés ou en cours de développement. À ce titre, des hommes ont marché sur la Lune, des robots roulent sur Mars et de nombreuses sondes d'exploration ont déjà quitté notre système solaire et pourtant, les polices d'assurance ne semblent pas encore à maturité, tout au plus aux prémices, afin d'encadrer les évolutions futures de ces missions d'envergure.

En effet, depuis quelques années, de nouveaux acteurs, d'origine privée pour la plupart, proposent des nouveaux types de produits ou services spatiaux en s'appuyant sur ce qui a par ailleurs déjà été accompli.

Le premier, dont la notion est citée de manière récurrente dans l'actualité, prévoit une activité de tourisme dans l'espace. Quelques entreprises telles Virgin Galactic ou Blue Origin, ont d'ailleurs d'ores et déjà vendu des billets pour cette activité commerciale bien qu'elle ne soit pas encore réalisable puisque toujours en phase de test.

Également, le développement d'un service en orbite, « *in-orbit servicing* », afin de ravitailler ou de réparer les satellites déjà placés en orbite dans l'optique de prolonger leur durée de vie entraîne de lourds questionnements d'un point de vue des polices d'assurances.

Pareillement, la croissance des cyberattaques et du *hacking*<sup>10</sup> entraîne des interrogations sur les méthodes de prévention mais aussi de répercussion en cas de survenance. Par ailleurs, aucune compagnie d'assurance n'avait prévu jusqu'alors de mettre en place des clauses prévoyant spécifiquement le risque où un satellite subirait un *hacking*.

Plus récemment encore, dans le domaine des lanceurs moyens/lourds, le leadership mondial d'Ariane 5 a été remis en cause par le lanceur Falcon 9 de SpaceX, entreprise créée par Elon Musk grâce à un important financement de la NASA. En effet, SpaceX a démontré sa puissance en réussissant à récupérer les boosters de ses fusées Falcon 9 et Falcon Heavy, provoquant un véritable tournant dans l'histoire de la conquête spatiale. Aussi, dans cette course à l'espace, tant économique que technologique les États-Unis, l'Europe, la Russie et dernièrement, la Chine, se livrent à une guerre sans merci à laquelle les assureurs doivent se tenir prêt pour encadrer au mieux et rapidement les nouveaux projets. « *Falcon 9 pourrait bien ramener les États-Unis en tête de la course à l'espace, alors qu'ils partagent celle-ci avec la Russie et la Chine pour les lancements gouvernementaux et que l'Europe l'occupe pour les lancements commerciaux* », explique dans Le Monde Jean-Yves Le Gall. D'autant plus qu'en l'espèce, à ce jour, les polices d'assurances ne prévoient pas de régime adapté aux lanceurs réutilisables dans le cadre des dommages de dommages.

D'un autre côté, concernant le développement durable, l'enjeu des débris spatiaux est également à prendre très au sérieux en raison des répercussions possibles dans le cas où un débris irait porter atteinte à un satellite en service. De même, avec l'apparition de méga constellations de satellites, pour certaines déjà en cours de lancement ou pour d'autres prochainement mises en orbites, la question des collisions de satellite est à soulever. A ce titre, le projet de constellation de 4400 satellites de SpaceX ayant pour but de connecter le monde entier à internet ou encore celui prévu par l'opérateur

---

<sup>10</sup> Piratage informatique

OneWeb d'environ 900 satellites de télécommunications circulant sur une orbite basse pour fournir aux particuliers une connexion internet à haut débit dans les régions non desservies à partir de 2022 inquiètent sérieusement les scientifiques et autres opérateurs du fait d'une surpopulation en orbite. De plus, comment assurer un si grand nombre de satellite et prévoir les garanties pour les sinistres potentiels ?

Enfin, dans un futur plus lointain, qu'en sera-t-il des couvertures d'assurances relatives aux missions d'exploitation des corps célestes ou, comme le souhaite Donald Trump, pour une mission ayant pour objectif Mars ? Et comme le souligne très justement Yannick d'Escatha<sup>11</sup>, « *L'évolution technologique, les progrès scientifiques et tous les espoirs mis dans les satellites chercheurs et explorateurs nous font dire que l'espace est l'avenir de l'humanité. Les défis ne manquent pas pour faire progresser l'humanité, demain encore plus qu'aujourd'hui, aussi bien en direction des étoiles que vers notre propre planète.* » Aussi nous revient-il de saisir les opportunités de faire progresser la science...

Ainsi, notre réflexion portera sur l'adéquation ou la nécessaire adaptation des polices d'assurances existantes aux innovations spatiales de demain.

Dans un premier temps, avant de pouvoir envisager de garantir des risques de quelque nature que ce soit au cours d'une mission spatiale, il faut pouvoir qualifier et quantifier ces derniers via un processus méticuleux de gestion des risques (Partie I). À la suite de la prise en compte des diverses menaces techniques, juridiques et financières, il est nécessaire de procéder à un partage des risques dans lequel l'assurance spatiale joue un rôle clé (Partie II). En effet, cette dernière couvre l'assuré contre les conséquences financières des sinistres, ce qui, au vu des montants dans l'industrie spatiale, n'est pas négligeable. Toutefois, les polices d'assurance de dommages et de responsabilité civile sont susceptibles de devoir évoluer afin de s'adapter au mieux aux projets ambitieux du *New Space* (Partie III).

---

<sup>11</sup> Scientifique et ancien président du CNES de 2003 à 2013.



# **PARTIE I : GESTION DES RISQUES DANS LES MISSIONS SPATIALES**

De nos jours, le lancement de satellites est devenu une activité industrielle familière, mondiale comme le démontre le nombre de satellite mis en orbite chaque année, et le nombre plus conséquent de ceux orbitant d'ores et déjà au-dessus de nos têtes. Mais c'est avant tout une activité indispensable pour nos sociétés toujours plus connectée. Jean-Yves Le Gall souligne à ce sujet que la « *généralisation des Smartphones, par exemple, n'aurait pu être effective sans le positionnement GPS assuré par des constellations de satellites* »<sup>12</sup>.

Toutefois, bien qu'aujourd'hui de mieux en mieux appréhendés, les risques dans l'espace (Chapitre 1) restent présents et sont par ailleurs susceptibles d'évoluer au fil du temps, compte tenu de l'accroissement de matériels envoyé dans l'espace entraînant un encombrement progressif de ce dernier mais aussi des expérimentations qui sont ou pourront y être menées dans les années futures. C'est pourquoi les industriels, conscients de ces risques (Chapitre 2), ont mis en place des mécanismes de maîtrise et d'appréhension de ceux-ci, dans l'optique de conserver un certain seuil de fiabilité qu'ils ont construit et acquis progressivement.

Cependant, nul doute que s'il convient de mettre en place de nouveaux projets, les acteurs vont devoir se mobiliser face à ces défis futurs et ainsi devoir appréhender ces nouveaux risques, tant d'un point de vue technique, financier ou juridique.

---

<sup>12</sup> Source Revue Risques

# CHAPITRE 1 : LES RISQUES DANS L'ESPACE

La gestion des risques constitue une préoccupation majeure des industriels du secteur spatial mais avant même de pouvoir quantifier et prévenir ce risque, il faut parvenir à déterminer ce que ce qui caractérise ce dernier (section 1) mais également l'apprécier en fonction de sa gravité (section 2) puisque cette dernière permettra de définir la façon dont il conviendra de l'apprécier. Enfin, il existe un risque inéluctable, et ce quel que soit l'activité, qui réside dans le facteur humain (section 3).

## **Section 1 : La notion de risque**

De manière générale, toute entreprise humaine est sujette à l'incertitude. Elle l'est d'ailleurs d'autant plus qu'elle s'écarte davantage de la simple répétition d'actions éprouvées par une longue pratique. À ce titre, le développement industriel d'une nouvelle technologie par exemple, n'est jamais assuré de résultats rentables<sup>13</sup>. La décision d'entreprendre implique l'acceptation d'un risque mais, à l'inverse, la décision contraire en comporte un autre : celui de se voir supplanter à terme par un concurrent plus téméraire. Ceci est encore plus vrai dans le milieu du spatial, d'autant plus avec l'arrivée de nouveaux acteurs constituant la *New Space*. Ces derniers développent sans cesse de nouvelles technologies et les start-ups fleurissent actuellement aux quatre coins du globe. La compétition est ainsi féroce et la notion de risque doit être acceptée mais encadrée puisqu'il faut passer outre afin de mener à bien son innovation.

Par ailleurs, la notion de risque implique nécessairement l'alliance d'un aléa et d'un enjeu<sup>14</sup>. L'aléa se caractérise comme un événement ou une probabilité d'événement pouvant affecter en l'espèce le projet spatial. D'un autre côté, l'enjeu est l'élément susceptible de supporter les conséquences de l'aléa. Il peut s'agir de biens tel un véhicule spatial ou encore de personnes.

Parallèlement, l'appréciation du risque se fera en fonction de leur fréquence de survenance et de leur gravité. À ce titre, les travaux de Farmer<sup>15</sup> mettent en corrélation ces deux critères pour caractériser un risque. Par exemple, le risque sera catégorisé comme étant majeur s'il possède une fréquence faible mais une très importante gravité.

---

<sup>13</sup> Journée d'étude, L'assurance spatiale, 1985

<sup>14</sup> Source Site pédagogique de l'Académie de Grenoble

<sup>15</sup> La courbe de Farmer a pour but de quantifier le risque et de le catégoriser comme étant majeur ou mineur en fonction de sa gravité et de sa fréquence.

Il s'agit par exemple de l'explosion d'une navette spatiale ou d'un lanceur. Ces accidents, heureusement, surviennent de moins en moins souvent mais s'avèrent tragiques.

Les grandes décisions qui incombent à l'investisseur public ou privé relèvent donc en général de l'appréciation comparée des risques de diverses natures. Ses incertitudes ne peuvent guère recevoir d'aide de l'assurance au sens technique du terme, sauf à parler d'auto-assurance.

L'accident est un évènement relativement rare, à conséquences dommageables, dont l'expérience prouve la possibilité de survenance mais dont l'occurrence ponctuelle est psychologiquement ressentie comme relevant de la « chance » (ou plutôt la malchance). Ainsi, l'assurance proprement dite vise un risque tout à fait particulier qui paraît pouvoir être caractérisé par la notion courante d'accident. Toutefois, cette notion est moins facile à cerner lorsque l'accident constitue en la défaillance d'un produit industriel, défaillance dont un constructeur et un utilisateur devraient être amenés à se partager la responsabilité. C'est dans la mesure où un consensus s'établit sur ce caractère aléatoire de l'accident qu'une activité d'assurance pourra prendre naissance. En effet, elle ne fait que traduire l'acceptation par ses victimes potentielles d'une mise en commun du risque, en vue d'une réduction de la part supportée par chacun en vertu des lois qui relèvent du calcul des probabilités.

De plus, indissociablement du risque, il est indispensable d'attacher à tout accident un montant de perte financière afin qu'il soit quantifiable selon une valeur définie. Il s'agit donc de se pencher sur la notion de perte aléatoire. L'évaluation de cette perte ne prête à aucune ambiguïté quand l'accident provoque la destruction d'un bien dont le marché fournit, pour une somme connue, une possibilité de remplacement immédiat et éventuellement à l'identique. En revanche, elle peut être plus difficile à cerner dans le cas où l'accident représente un élément perturbateur ponctuel dans la temporalité d'un processus complexe, et parfois, indépendamment de lui, partiellement aléatoire<sup>16</sup>. La nature de certains dommages n'appelle pas d'équivalents monétaires. Les liens contractuels et juridiques liant les parties concernées ne définissent d'ailleurs pas toujours de façon évidente la répartition de certaines pertes.

L'assurance spatiale joue alors un rôle très important et stratégique pour soutenir le développement des projets spatiaux. Ses caractéristiques sont uniques dans le marché de

---

<sup>16</sup> Journée d'étude, L'assurance spatiale, 1985

l'assurance pour garantir les performances nominales du segment spatial. Le transfert de ce risque est un élément essentiel pour les investisseurs dans leur décision de s'engager. Comme indiqué dans l'introduction, les coûts exorbitants de chaque projet spatial entraînent nécessairement une couverture d'assurance adaptée. Cependant, les conditions actuelles de marché, avec une offre surabondante de capacité, ont un impact sur la baisse du niveau de prime et la moindre sélectivité technique des risques. Cette tendance peut amener rapidement ce marché de l'assurance à des pertes significatives<sup>17</sup>, alors que le nombre de satellites conventionnels à assurer ne va pas augmenter rapidement. Règne alors un enjeu primordial pour les assureurs qui est de se moderniser et surtout de se renouveler en proposant de nouvelles polices d'assurances adaptées aux projets spatiaux de demain et, ainsi, leur permettre de rester compétitif dans ce secteur de pointe.

## **Section 2 : Évaluation de la gravité du risque**

Une théorie mathématique de l'assurance devrait se fonder sur une évaluation de la pénalisation financière liée au risque, définissable de façon précise comme la somme que sa victime potentielle consentirait à payer pour en être affranchie.

Cependant, la notion de variance n'épuise pas la caractérisation du risque. L'intéressé peut se retrouver, selon son niveau financier, plus ou moins sensible à la valeur maximale de la perte, même si la probabilité de cette perte est extrêmement faible<sup>18</sup>. Or, il est bien difficile d'apprécier une valeur acceptable dans la probabilité d'être ruiné, s'il s'agit d'un particulier, ou d'une faillite, dans le cas d'une société. Toutefois, il est certain que le désir de se protéger contre une telle éventualité est une motivation importante dans la souscription d'une assurance.

Enfin, les entreprises se doivent de quantifier leur exposition aux risques spatiaux et ainsi modéliser l'impact de ces derniers quant à leur modèle économique afin d'estimer le coût du risque comme une variable aléatoire et s'y préparer au mieux en cas de réalisation.

Également, il convient d'optimiser le coût du risque en évaluant la rétention des risques et leur couverture. Cela permet d'atteindre une efficacité financière plus aboutie en fonction de la place de l'entreprise sur l'échelle des risques, donc de savoir s'ils sont plus ou moins importants, afin de les apprécier et de les prévenir à leur juste valeur.

---

<sup>17</sup> Au point que certains s'en retirent : voir la décision de Swiss Re, 1<sup>er</sup> août 2019, Source Space News

<sup>18</sup> On parle alors de risque majeur comme vu précédemment.

### **Section 3 : La normalisation de la déviance**

Bien souvent, le facteur humain reste prépondérant par rapport au facteur technique. Il y a ainsi une tendance à l'acceptation des risques et au glissement vers une normalisation des opérations dangereuses.

À titre d'exemple, c'est ce qu'il s'est passé dans le cadre de l'accident de la navette Challenger entraînant la mort de sept personnes. L'accident a été provoqué par la rupture de l'un des joints toriques d'un des deux propulseurs à poudre accolés au réservoir principal d'hydrogène, l'un des joints ayant souffert de conditions climatiques particulièrement froides au cours de la nuit précédant le tir. L'enquête révélera par la suite que les ingénieurs de sécurité de la NASA estimaient les probabilités d'accident de l'ensemble du dispositif à environ 1% alors que les directeurs de tirs, ceux dont découlait la décision finale, tablaient sur des probabilités mille fois inférieures. Ces derniers décidèrent donc de passer outre ces probabilités et d'effectuer le tir. Malheureusement, le résultat fut celui que nous connaissons aujourd'hui. Diane Vaughan, sociologue américaine, ayant longuement enquêté sur l'accident, parle d'une banalisation du risque à la NASA.

Elle établit *de facto* une liste de divers niveaux de criticité, appelés « *Criticality Levels* », et caractérise ainsi des seuils d'acceptabilité des risques. Des niveaux en deçà desquels il est impensable de se placer, sous réserve d'une atteinte à la sécurité du projet. Elle nomme ce comportement la normalisation de la déviance, résultant d'un « *processus progressif par lequel un comportement ou standard inacceptable devient acceptable. Si le comportement déviant est répété sans résultat catastrophique, il devient une norme sociale pour l'organisation*<sup>19</sup>. » De plus, la recherche montre que les problèmes ne surgissent pas seulement des ratés individuels mais aussi des ruptures organisationnelles. Ce phénomène résulte d'un schéma commun : une longue période d'incubation chargée de « *early warning signs* »<sup>20</sup> qui furent négligés ou mal compris voire tout simplement ignorés, des signaux devenus routiniers, contribuant à un résultat d'une grande dangerosité. Selon Diane Vaughan, « *la normalisation sociale de la déviance est telle que les gens au sein de l'organisation deviennent tellement accoutumés au comportement déviant qu'ils ne le considèrent plus comme déviant, en dépit du fait qu'ils dépassent largement leurs propres limites en termes de sécurité. Les*

---

<sup>19</sup> Source Consulting Newslines

<sup>20</sup> Signes avant-coureurs

*gens de l'extérieur voient la situation comme déviante alors que ceux de l'intérieur y sont habitués et ne la voit plus. Plus ils s'exécutent et plus ils deviennent accoutumés ».*

Ainsi, le risque est inhérent à n'importe quelle activité mais comporte un enjeu bien plus conséquent dans certaines missions spatiales. Pour cela, les risques sont catégorisés selon leur nature au sein de l'industrie spatiale et font l'objet d'un schéma de partage des risques qui leur est propre.

## CHAPITRE 2 : LES RISQUES DANS L'INDUSTRIE SPATIALE

La traversée de l'atmosphère, quelles que soient les prouesses technologiques, reste une entreprise contraignante, soumise à de fortes amplitudes thermiques et de hauts niveaux de turbulences et de radiations.

Au commencement, seuls les États étaient en mesure de supporter les coûts de développement des engins spatiaux ainsi que la prise de risque associée aux conditions d'accès à l'espace. Cependant, aujourd'hui, cela s'avère totalement remis en question par l'arrivée de nouveaux acteurs, bien souvent issus de la sphère privée ou de nations spatiales émergentes, et possédant une nouvelle génération de matériel.

Cette nouvelle ère pourrait alors conduire à une situation inédite ainsi qu'à la mise en place d'une nouvelle configuration dans le partage et la maîtrise des risques spatiaux.

Aussi, tant les nouvelles puissances spatiales que les plus anciennes se doivent toutefois de suivre quelques grands principes internationaux relatifs à l'utilisation de l'espace. Ces derniers posent donc une base légale cohérente et connue de tous. Le premier grand principe étant la liberté d'accès des États à l'espace extra-atmosphérique. Le second tenant à l'obligation d'utiliser l'espace à des fins exclusivement pacifiques, la présence en orbite d'armes nucléaires ou de destruction massive étant totalement proscrite<sup>21</sup>. Enfin, le traité prévoit la possibilité d'engager la responsabilité internationale des États pour toutes les activités spatiales qu'ils exercent.

Sur ce dernier point, chaque nation spatiale pour laquelle le spatial revêt une importance conséquente, s'est ainsi dotée de dispositifs spécifiques afin de réduire au minimum les conséquences des risques inhérents à ses activités. À titre d'exemple, la loi sur les opérations spatiales<sup>22</sup> traduit les engagements internationaux pris par la France dans le cadre des traités de l'Organisation des Nations Unies<sup>23</sup> ainsi que les exigences à respecter par les opérateurs spatiaux en matière de sécurité.

---

<sup>21</sup> Traité de l'espace de 1967, Article 4 « Les États parties au Traité s'engagent à ne mettre sur orbite autour de la Terre aucun objet porteur d'armes nucléaires ou de tout autre type d'armes de destruction massive, à ne pas installer de telles armes sur des corps célestes et à ne pas placer de telles armes, de toute autre manière, dans l'espace extra-atmosphérique ».

<sup>22</sup> Loi n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales

<sup>23</sup> ONU

Ainsi, aux termes de la loi, l'opérateur de lancement Arianespace « *a la charge d'apporter la preuve de sa maîtrise des risques sur les personnes, les biens et la santé publique et l'environnement pour toutes les opérations spatiales qu'il réalise* »<sup>24</sup>.

### **Section 1 : Prise en compte des risques**

Étant des activités à haut risques, les opérations spatiales, qu'elles soient menées par des opérateurs publics ou privés, doivent faire l'objet d'une autorisation et d'un contrôle continu de la part des États. Cela a pour but le respect des traités internationaux relatifs à l'espace adoptés dans le cadre de l'Organisation des Nations Unies. Ce corpus de textes contient notamment, en premier lieu, le Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes de 1967, ainsi que l'accord sur le sauvetage des astronautes, le retour des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique de 1968, puis la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux de 1972 et la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, de 1974, enfin, l'accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes de 1979.

De plus, certains États ont fait le choix à leur niveau de promulguer également une loi afin d'encadrer le mieux possible les activités spatiales nationales.

Ainsi, en France, la loi du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales (LOS) est venue formaliser ce mécanisme, en confiant par ailleurs au CNES<sup>25</sup> un rôle notoire dans la prévention des risques techniques. Le CNES est ainsi chargé par l'État de contrôler la conformité à la réglementation technique applicable des opérations spatiales nationales, avant que celles-ci ne soient mises en œuvre, et il assure un contrôle continu de ces activités pendant toute leur durée.

Ce régime d'autorisation et de contrôle permet ainsi de diminuer les risques d'échec et de maîtriser les autres risques relatifs aux personnes, aux biens, à l'environnement et à la santé publique dans l'hypothèse où un échec surviendrait tout de même. Enfin, la diminution des risques permet de contribuer à la fiabilité des systèmes de lancement et des systèmes orbitaux et donc, incidemment, à leurs performances techniques et économiques.

---

<sup>24</sup> Stéphane Israël, Président exécutif Arianespace

<sup>25</sup> Centre national d'études spatiales

Cette maîtrise des risques, assurée concurremment par les opérateurs et par la puissance publique, contribue *in fine* à la baisse du coût des assurances puisque les États se portent garants au-delà d'une certaine somme.

Par ailleurs, en matière de risques et d'assurances spécifiques au secteur spatial, le CNES étant lui-même opérateur, assure *de facto* la maîtrise d'œuvre interne d'instruments ou de satellites innovants. Ces deux casquettes confèrent ainsi à cet acteur une place centrale afin d'appréhender la totalité du spectre des activités mais aussi des risques qui les menacent<sup>26</sup>.

De plus, ce régime de maîtrise des risques connaît un prolongement au travers de l'initiative du CNES dénommée « *Collective for Space Care* »<sup>27</sup> qui rassemble l'ensemble des opérateurs, industriels et autres parties prenantes du domaine spatial et qui poursuivent un objectif conjoint à savoir l'amélioration des bonnes pratiques, l'accroissement des recherches et des échanges entre les différents acteurs, en vue de diminuer les risques spatiaux. Il paraît donc indispensable de mettre en commun toutes les solutions de maîtrise des risques permettant la continuité de ces activités afin que l'ensemble des partenaires industriels ou institutionnels puissent s'y préparer.

Les diverses entités du milieu spatial appliquent donc des méthodes de gestion de projet éprouvées et se protègent grâce à des contrats d'assurance pendant les phases les plus critiques au sol tel l'acheminement jusqu'au pas de tir ou l'intégration du lanceur, mais également au cours du lancement.

Dans un monde de plus en plus numérisé, de nouveaux besoins de connectivité apparaissent et le spatial apparaît dans ce contexte comme un élément stratégique et compétitif. De nouveaux investisseurs sont prêts à soutenir des projets toujours plus ambitieux, que ce soit au niveau des lanceurs ou bien au niveau des missions satellitaires comme nous le verrons par la suite. Il est ainsi devenu normal que les acteurs du spatial assument leurs risques puisque ce secteur est un secteur d'exigence et d'excellence, exacerbant de fait les enjeux techniques et financiers. À ce titre, les risques sont donc bien souvent liés à des causes à la fois techniques et financières mais également environnementales voire légales. La gestion de cette menace multiforme est alors un élément clé au succès de chaque projet.

---

<sup>26</sup> Source Revue Risques

<sup>27</sup> Source CNES

Aussi, dans le cadre de la gestion et prévention des sinistres, il convient d'apporter une attention toute particulière à la maîtrise des risques scientifiques, technologiques, techniques (A), juridiques (B) et financiers (C).

### I – Les risques techniques

La maîtrise des risques techniques a depuis toujours été prépondérantes dans les activités spatiales puisqu'ils sont responsables de la majorité des échecs lors du lancement, qu'ils soient associés à une erreur humaine ou non<sup>28</sup>. Il est donc devenu primordial et essentiel d'investir dans la qualité et la fiabilité des nouvelles générations de lanceurs, ainsi que de toutes les nouvelles technologies prenant part à ce type d'activité. Depuis leur conception jusqu'à la production et à la mise en œuvre des systèmes de lancement, ces derniers font bien évidemment l'objet de processus qualité et contrôle des risques extrêmement poussés. Pour cela, on peut considérer la culture et la « *maîtrise du risque comme véritable ADN de la communauté spatiale* »<sup>29</sup>.

À titre d'exemple, des États peuvent parfois se réunir afin de mettre en commun leurs connaissances comme c'est le cas de l'Agence spatiale européenne et d'être le plus à même de minimiser les risques. Grâce à cette cohésion et à un effort de la part de chacun des acteurs européens, Ariane 5 s'est ainsi imposé comme l'un des lanceurs lourds commerciaux les plus fiables au monde.

Mais les parties prenantes ne se reposent pas sur leurs acquis car elles gardent constamment en tête qu'en quelques secondes un échec est possible et remettrait bon nombre de choses en cause.

C'est par exemple ce qui est survenu le 25 janvier 2018, lors du vol 241 d'Ariane puisqu'une erreur humaine de programmation a entraîné le lanceur sur une trajectoire erronée, plaçant ainsi les deux charges utiles, des satellites de télécommunications, sur une mauvaise orbite. Ces derniers ont tout de même pu rejoindre leur position finale grâce à leurs systèmes de propulsion mais au détriment leur durée de vie opérationnelle puisque de l'ergol nécessaire à leur maintien à poste en orbite a dû être utilisé.

Également, le 8 juillet 2019 sonne le premier échec de la fusée Vega pour son quinzième vol, le lanceur léger d'Arianespace. Ce dernier avait pour mission de placer

---

<sup>28</sup> Voir supra « Normalisation de la déviance » à propos du facteur humain dans la survenance d'un sinistre

<sup>29</sup> Jean-Yves Le Gall, à propos du CNES et de la culture du risque.

en orbite un satellite militaire Falcon Eye 1 pour les Émirats arabes unis depuis le Centre spatial guyanais.

## II - Les risques juridiques

Les acteurs du domaine spatial doivent traiter des risques juridiques propres aux activités qu'ils entreprennent. Cela peut se faire au travers d'une politique de prévention à l'encontre de potentiels conflits d'intérêts. Il s'agit en particulier d'assurer une stricte étanchéité au sein de l'entreprise entre les structures consacrées au développement et à l'exploitation de programmes spatiaux et celles garantissant le contrôle de conformité technique de ces projets dans le cadre de la loi relative aux opérations spatiales précédemment évoquée<sup>30</sup>. C'est pour cela que de nombreuses clauses de renonciation à recours sont insérées dans les contrats spatiaux afin que des acteurs ayant des enjeux communs ne puissent se retourner les uns envers les autres en cas de défaillance ou d'erreur de l'un d'eux.

Dans le but de répondre aux futurs besoins juridiques soulevés par les acteurs de la nouvelle économie, à savoir le *New Space*, il est donc important d'anticiper ces derniers et de créer un cadre législatif adéquat. Les entrepreneurs dont il est question ici proposent dès aujourd'hui des concepts de véhicules spatiaux *low-cost*<sup>31</sup>, ou à des fins de tourisme spatial, voire encore réutilisables. Cela suppose donc l'emploi de moyens financiers importants dans des projets commerciaux inédits. Pour exemple, de nouvelles bases de lancement, les vols suborbitaux, l'exploitation des ressources spatiales ou encore la création de ravitailleur spatial.

Ainsi, ces nouvelles activités appellent à des évolutions nécessaires des cadres juridiques nationaux et internationaux actuels, notamment en matière de responsabilités contractuelle et extracontractuelle. Mais également en matière d'assurances, de partage des risques et concernant la répartition des responsabilités entre secteurs public et privé.

## III - Les risques financiers

La stratégie financière est fondée, premièrement sur la maîtrise des risques, mais également sur une composante non négligeable : une politique d'assurance.

L'assurance se doit donc de faire partie intégrante d'un dispositif de gestion des risques, au même titre que son rôle « *d'amortisseur financier* » comme le souligne Jean-Yves Le

---

<sup>30</sup> Source Revue Risques

<sup>31</sup> À bas coût

Gall. Pour cela, il faut que chacun des acteurs du domaine mette en place des principes de gouvernance en concédant une place non négligeable aux assurances.

Selon Philippe Cotelle<sup>32</sup>, l'identification des scénarii critiques qui dimensionnent l'exposition financière d'un projet permet de définir une stratégie globale de *risk management*<sup>33</sup> incluant « *l'utilisation optimisée de ressources internes couplées avec un support d'assurance spatiale externe pour atteindre un niveau de performance financière satisfaisant* ».

Aussi, l'exploitation des ressources internes nécessite une véritable politique de gestion du risque depuis le développement jusqu'à la qualification opérationnelle. Dans le cadre des objets spatiaux, cela part de la construction de ce dernier jusqu'à sa mise en orbite. De même, dans le cadre des lanceurs, ceux-ci sont généralement élaborés en sous-ensembles avant d'être intégrés sur le site de lancement et de remplir la mission qui leur est confiée. Ainsi, la gestion des risques, même concernant un enjeu en apparence de moindre importance, tel le transport d'un point A à un point B nécessite une gestion des risques optimales en raison des conséquences pouvant en découler par la suite.

De ce fait, les efforts, aussi bien internes qu'externes, sont non négligeables dans le but d'optimiser le coût des programmes assurantiels. À titre d'exemple, le CNES met en œuvre une stratégie d'amélioration perpétuelle basée sur quatre axes. Le premier visant à mettre l'assurance au profit des coûts d'achèvement des projets. Le second afin d'améliorer les couvertures souscrites dans le cadre d'un programme en question. Troisièmement, il est important de ne pas négliger les risques émergents tels le *hacking*<sup>34</sup> ou l'encombrement de l'espace afin de lutter le mieux possible contre ces derniers mais également de prévoir des armes juridiques à leur égard. Enfin, dernièrement, il s'agit de développer la coopération avec les différents partenaires financiers notamment dont les capitaux assurés peuvent être reliés à celui de l'opérateur<sup>35</sup>.

Ces quatre axes sont par ailleurs applicables et nécessaires dans le cas de n'importe quel opérateur ou constructeur, qu'il soit public ou privé. Il s'agit pour les différents acteurs

---

<sup>32</sup> *Head of insurance risk management*, Airbus Defense and Space

<sup>33</sup> Management du risque

<sup>34</sup> Le *hacking* peut se définir également comme un ensemble de techniques permettant d'exploiter les failles et vulnérabilités d'un élément ou d'un groupe d'éléments matériels ou humains. Bien souvent, il s'agit de piratage informatique.

<sup>35</sup> Source Les cahiers de l'assurance

du domaine d'innover et d'avoir un rôle précurseur afin de prévoir les nouveaux enjeux de demain.

Par ailleurs, la maîtrise des risques dans un projet spatial est singulier et unique compte tenu des spécificités de ce milieu.

## **Section 2 : Un modèle de partage des risques singulier**

Compte tenu de leur nature technique particulière, les services de lancement sont fournis sur la base d'une obligation de moyens et non de résultat<sup>36</sup>. Ainsi, en cas d'éventuel échec, partiel voire total, les recours à l'égard des fournisseurs du service sont prohibés par un dispositif d'abandon de recours via des clauses de non recours incluses dans les contrats entre l'opérateur et le lanceur. Ce processus couvre ainsi l'ensemble de la chaîne des sous-traitants, de sorte qu'*in fine*, l'intégralité des risques de dommages pendant la phase de lancement est reportée vers les opérateurs de satellites.

Cependant, en pratique, dans la majorité des cas, ces derniers transfèrent totalement ou partiellement les risques chez les assureurs spatiaux, qui en deviennent les porteurs finaux.

« *La disponibilité d'une offre d'assurance dommages est donc indispensable à la commercialisation des lancements* » explique Stéphane Israël<sup>37</sup>. D'autant plus que les lancements sont à la base du processus de mise en orbite et que, sans ces derniers, aucune activité ni polices d'assurances ne seraient nécessaires.

Toutefois, sans possibilité d'assurer le risque d'échec du lancement ou des satellites une fois en orbite, grand nombre d'investisseurs ou financiers se détournerait peu à peu de ce secteur, notamment du fait de l'impossibilité d'accéder aux actifs financés une fois placés en orbite.

En réponse à cela, Arianespace a alors commercialisé une garantie contre les risques d'échec au lancement. Le risque correspondant a alors été géré au moyen d'une société de réassurance, qui a bénéficié, lorsque le marché de l'assurance spatiale était en carence puisque marché très volatil, d'une garantie de l'État français. Ainsi, avec près

---

<sup>36</sup> L'obligation de moyens est une obligation en vertu de laquelle le débiteur doit déployer ses meilleurs efforts pour atteindre l'objectif visé tandis que l'obligation de résultat consiste en un objectif donné auquel on a obligation de se tenir.

<sup>37</sup> Source Revue Risques, Stéphane Israël, Président exécutif Arianespace

de 135 lancements couverts<sup>38</sup> par cette garantie depuis sa mise en place, cet outil a incontestablement démontré son efficacité.

Aussi, si l'assurance spatiale apparaît comme un enjeu stratégique, l'opérateur de lancement européen est aussi un contributeur majeur en matière de primes collectées et de bénéfices générés<sup>39</sup>.

Par exemple, dans le cas d'un lancement d'Ariane 5, la somme transportée pendant la phase de vol dépasse très souvent les 500 millions de dollars en incluant la valeur des services de lancement ainsi que celle des satellites. De plus, la seule activité d'Arianespace a ainsi permis de générer un volume de primes d'assurance représentant plus de 2 500 millions de dollars<sup>40</sup> au cours des dix dernières années<sup>41</sup>. Le marché de l'assurance spatiale comptabilise un montant d'environ 700 millions de dollars de primes par an permis grâce à la fiabilité des seuls lanceurs européens.

La capacité des assureurs à accompagner l'introduction de nouveaux lanceurs ainsi que toutes les autres nouvelles technologies sera alors cruciale pour l'avenir de la filière. Pour cette raison, les acteurs du spatial se mobilisent, conscient des enjeux futurs, face aux défis qui les attendent.

### **Section 3 : Mobilisation des acteurs face aux défis futurs du secteur spatial**

L'arrivée de nouveaux acteurs, issus du secteur privé ou de nations spatiales émergentes, entraîne des évolutions importantes du secteur spatial. Cela pose notamment la question de l'émergence de nouveaux risques propres à chaque activité et de nouveaux modèles d'appréciation, de partage et de maîtrise de ces derniers.

Aux États-Unis, la société SpaceX a introduit le lanceur Falcon 9 avec un objectif de rupture provoquant la baisse radicale des prix des services de lancement commerciaux, au moyen d'une stratégie d'innovation permanente ainsi qu'un niveau d'activité élevé garanti par des commandes importantes de la part des institutions américaines.

Les ambitions de SpaceX ont de ce fait accéléré la volonté européenne de mettre en place un nouveau modèle d'exploitation ayant pour objectif une amélioration de la

---

<sup>38</sup> En date de septembre 2017

<sup>39</sup> Source Revue Risques

<sup>40</sup> Source estimations Marsh

<sup>41</sup> Toujours tablé sur l'année 2017.

compétitivité de sa filière des lanceurs. Ariane 6 et Vega C sont les clefs de voûte de cette stratégie qui, pour prospérer, suppose que toutes les parties prenantes jouent pleinement leur rôle dans une gouvernance. Dans cette optique, la création d'ArianeGroup a permis la mise en place d'un nouveau schéma industriel, autour d'un acteur unique maîtrisant l'ensemble de la chaîne, de la conception au lancement. Cette maîtrise, au-delà d'avoir un impact significatif sur les coûts, permet la gestion des risques tout au long de la chaîne d'assemblage. D'un point de vue technique, l'offre Ariane 6 repose sur des technologies robustes, éprouvées et parfaitement maîtrisées ayant fait le succès et la fiabilité de son prédécesseur Ariane 5.

La nouvelle gouvernance accompagnant le choix de développer Ariane 6 et Vega C, redistribue les responsabilités au sein de la filière. Les responsabilités sont alors réparties différemment et les risques commerciaux sont assumés par les industriels. Par ailleurs, suite au récent échec de Vega, il paraît probable de supposer un retard dans la mise en place de Vega C en attendant que le problème apparu sur Vega soit analysé et corrigé. L'ampleur du problème réside dans sa nature, à savoir s'il émane d'un défaut de conception ou de production. Auquel cas, cela aura un impact ou non sur le développement déjà bien avancé de Vega C.

Parallèlement, afin de permettre une meilleure compétitivité entre les acteurs, les États se doivent de soutenir leurs industriels sous la forme de commandes institutionnelles itératives. De plus, grâce à ce système, les nations spatiales s'assurent un accès à l'espace fiable, disponible et souverain.

Par ailleurs, l'État français a annoncé vouloir devenir opérateur dans le cadre de la LOS<sup>42</sup>. Cela signifie donc que la charge de la responsabilité lui incombera directement et il ne sera plus garant à hauteur d'une certaine somme comme c'est le cas classiquement. Toutefois, l'État étant son propre assureur, il paraît opportun de s'interroger si du fait de ce changement de statut, ce dernier s'inspirera d'éventuelles polices d'assurances privées, spécialisées en la matière, afin de couvrir les risques spatiaux.

Enfin, l'arrivée de nouveaux risques entraînent également à s'interroger sur la capacité à financer ces derniers.

---

<sup>42</sup> Loi relative aux opérations spatiales du 3 juin 2008

#### **Section 4 : Aptitude à financer de nouveaux risques**

Les modèles classiques de financement, fondés sur l'apprentissage et tenant compte de l'introduction de mesures correctives suite à la survenance d'anomalies, n'apparaissent aujourd'hui plus en adéquation avec la réalité du marché de l'assurance. En effet, la capacité assurantielle pour l'année 2018 était d'environ 1180 millions de dollars pour la phase de lancement et de 1055 millions pour la garantie vie en orbite. Également, l'on note une exposition totale des assureurs de 27,5 milliards de dollars pour les satellites situés en orbite géostationnaire et de 5,5 milliards de dollars pour les satellites situés en orbite<sup>43</sup>. Aussi, il existe de manière significative une surabondance de capitaux qui entraîne une réelle concurrence entre les différents assureurs.

Néanmoins, les acteurs spatiaux de longue date proposant des systèmes fiables et éprouvés, se retrouvent, malgré eux, à devoir participer au financement des risques de nouveaux arrivants dans l'industrie spatiale compte tenu de l'appréciation globale du marché assurantiel. Ce mécanisme renforce d'autant la volatilité du marché. Or, cette situation a bien entendu des conséquences indésirables pour les acteurs historiques possédant généralement une faible sinistralité en raison de leur expérience acquise. En effet, ces derniers se doivent de poursuivre une politique de transparence technique afin de permettre aux assureurs de comprendre et d'apprécier au mieux les risques des divers systèmes. À titre d'exemple, Ariane 6 a été entièrement conçu sur la base de la transparence afin de permettre une meilleure lisibilité, aux assureurs entre autres, et prévoir les garanties en conséquence.

Cette volatilité du marché de l'assurance spatiale conduit nécessairement à réfléchir à différentes options de financement des risques. Par exemple, l'Europe entend mettre en œuvre une organisation industrielle novatrice dans le secteur spatial dans le but de mettre à jour le mécanisme de risques. Elle s'appuie sur les modèles classiques et éprouvés d'assurance, réassurance, coassurance et investisseurs financiers, mais qu'elle souhaite combiner à des approches alternatives, comme la place d'assureur additionnel dont font l'objet les États au-delà d'un certain montant de garantie. À ce titre, la LOS française entend modifier les conditions relatives à l'État en donnant un rôle d'opérateur à ce dernier concernant les missions menées dans un cadre militaire. Ainsi, un régime de gestion des risques plus homogène et commun permettrait une meilleure fiabilité et la diminution de l'exposition financière des parties prenantes.

---

<sup>43</sup> RFDAS 2019, Vol. 289, E. Pedone, Bilan 2018 de l'assurance spatiale, Cécile Gaubert.

Les solutions existent donc bel et bien mais, pour pouvoir les mettre en œuvre, il faudra recourir à des approches alternatives ou s'inspirer dès à présent de l'expérience existante de maîtrise des risques mis en place par divers acteurs. Conjointement, il faudra penser de nouveaux mécanismes qui permettront de perpétuer la continuité de la maîtrise des risques spatiaux à plus long terme.

Enfin, une fois les risques caractérisés, il convient de procéder au partage des risques, quel que soit leur nature, et ainsi de recourir aux assureurs, soutien primordial dans le cadre de ce processus.

## **PARTIE II : PARTAGE DES RISQUES SPATIAUX ET NÉCESSITÉ DE L'ASSURANCE SPATIALE**

L'institution de l'assurance vise à décharger les associés potentiels des risques résiduels liés à une activité ciblée. L'assureur prend alors à sa charge le paiement de toutes les pertes prévues dans le cadre de polices d'assurances spécifiques, moyennant le versement préalable par chacun de la valeur moyenne de la perte individuelle. L'assuré est alors affranchi de tout risque et surtout, de toutes pertes financières attelées à ce risque.

Aussi, en matière d'assurance concernant les lanceurs et satellites, les objets qui sont assurés, de même que les risques, les divers défis techniques ainsi que les montants exorbitants dont il est question ne sont comparables à aucun autre secteur. Les assureurs spatiaux ont donc dû de ce fait inventer des garanties adéquates afin de soutenir cette activité complexe, en évolution permanente, et lui permettre de prospérer. C'est également ici l'enjeu de ce mémoire, il convient de s'interroger si le travail d'innovation dont on fait preuve jusqu'à présent les assureurs est adapté aux nouveaux projets spatiaux d'aujourd'hui et de demain. En effet, chaque mission, chaque situation et chaque sinistre pouvant en découler est unique. Il doit donc pour cela avoir été anticipé dès le commencement.

Toutefois, ce système n'est viable que si on admet que la prise en charge de la perte aléatoire de l'assuré est un service évalué à juste prix en raison du montant des technologies concernées, et qui justifie donc bien souvent un supplément de prime.

Notons également que l'assurance spatiale ne garantit, pour l'heure actuelle, que les dommages ou pertes financières afférents aux satellites civils, étant pour la plupart des satellites commerciaux de communications, ainsi que leurs lanceurs. En effet, l'État est son propre assureur concernant les satellites à usage militaire, ces derniers ne font donc pas l'objet de garanties spécifiques. De même, concernant les satellites ou autres sondes mis en orbite dans le cadre d'une mission scientifique puisque cela relève de l'exploration spatiale et les agences spatiales telles l'ESA ou la NASA n'assurent pas ce genre de technologies, uniques en leur genre.

Enfin, la part du budget alloué à l'assurance représente 15 à 25% du total des programmes spatiaux. Mais avec l'avènement de nouvelles technologies toujours plus complexes, cette part est en constante hausse, occupant aujourd'hui le troisième poste dans les budgets des opérateurs spatiaux.

Ainsi, du fait de l'impossibilité physique d'accéder à l'objet assuré en cas de sinistre, l'assureur doit se contenter d'évaluer le montant du sinistre en se basant sur des probabilités, des causes incertaines et des conséquences aléatoires. La confiance est donc à la base de sa relation avec l'opérateur ou le lanceur afin que l'assureur puisse bénéficier du maximum d'informations possibles et nécessaires à la mise en place d'une police d'assurance parfaitement adéquate à la mission effectuée et à la technologie employée.

Pour ce faire, l'assurance spatiale possède des caractéristiques qui lui sont propres, lui conférant ainsi un rôle central (Chapitre 1) en proposant des couvertures d'assurances associés à chaque nature de risques (Chapitre 2).

# CHAPITRE 1 : LE RÔLE CENTRAL DE L'ASSURANCE SPATIALE

Une fois la caractérisation des risques effectuée, les assureurs ont un rôle capital à remplir dans l'appréhension du schéma de partage des risques.

Pour cela, afin de démontrer leur importance dans le cheminement d'un projet spatial, il convient d'étudier les principes mêmes de l'assurance spatiale (section 1) puis d'en souligner les spécificités nombreuses (section 2). De plus, compte tenu du risque inhérent à l'espace, les partenaires financiers de ces programmes bénéficient de certaines exigences (section 3) qui leur sont propres pour pallier d'éventuelles importantes pertes monétaires en cas d'échec. Enfin, des contraintes, notamment réglementaires (section 4), encadrent parfois strictement la souscription des contrats assurantiels.

## **Section 1 : Principes de l'assurance spatiale**

Tout d'abord, il paraît évident que l'activité spatiale soit justiciable de l'assurance. L'échec du tir d'un lanceur ou l'interruption de service d'un satellite présentent tous les caractères de l'accident. Ce caractère aléatoire issu de la notion d'accident ressort du fait qu'à partir d'un certain instant, l'intervention humaine est, au pire, complètement impossible, au mieux, confinée à quelques opérations limitativement définies. Toutefois, l'applicabilité des techniques de l'assurance est assortie de conditions particulières.

La première de ces conditions est le niveau élevé que l'on est conduit à accepter pour la probabilité de l'accident. Niveau élevé également lié au coût indéfiniment croissant du produit dans l'optique de se rapprocher de la fiabilité parfaite. Hors du cas des véhicules habités, il en résulte, pour la définition du niveau de l'effort consacré à l'amélioration de la fiabilité, un optimum qui est de nature en principe purement économique. Chiffrer le coût de l'accident par le seul montant de la prime d'assurance à payer, conduirait cependant, à une valeur sous-estimée de cet optimum car il est peu vraisemblable que l'indemnité versée couvre réellement les conséquences de l'échec dans sa totalité.

De plus, du niveau relativement élevé de chances d'accident, résulte évidemment un niveau élevé de primes d'assurances. Ce dernier est parfois encore majoré, par rapport au prix de revient de l'élément assuré, du fait que sa défaillance puisse entraîner une perte très supérieure à sa propre valeur. Le niveau de ces primes est donc un élément important d'un projet. Pour la meilleure définition et organisation d'une opération

spatiale complexe, pouvant s'étendre sur de nombreuses années, son opérateur a besoin d'avoir de la part des assureurs, des engagements à long terme suffisamment précis. Il existe cependant la possibilité que ces derniers soient, si besoin, révisables en fonction d'éléments définis et prévus au préalable. Cette association obligatoire de l'assureur aux programmes et aux projets paraît particulièrement spécifique au domaine spatial.

Enfin, l'autre trait essentiel de l'activité spatiale est la concentration des risques sur un petit nombre d'opérations qui ont chacune un enjeu très important. Au niveau de l'assurance dans son ensemble, c'est la cadence des opérations spatiales mondiales qui compte. La variance ramenée au niveau de l'assurance est donc exceptionnellement forte et le fait d'en affranchir l'assuré mérite souvent une surprime importante, à moins que celui-ci n'accepte, sous une forme ou sous une autre, d'en conserver une juste part.

Toutefois, le risque lié à une opération spatiale est d'un niveau tel que le recours à une assurance classique se trouve pratiquement exclu. Il convient donc d'apprécier la probabilité de la perte afin de prévoir un mécanisme adéquat.

À ce titre, la combinaison de probabilités en cascade dans le cadre d'une expérience permet toujours la probabilisation du résultat, grâce au théorème des probabilités composées. En effet, en mathématiques, la formule des probabilités composées permet de calculer la probabilité d'une intersection d'événements à l'aide de probabilités conditionnelles.

Soient  $A_1, \dots, A_m$  des événements tels que  $P(A_1 \cap \dots \cap A_m) \neq 0$ . Alors :  
$$P(A_1 \cap \dots \cap A_m) = P(A_1) P(A_2|A_1) P(A_3|A_1 \cap A_2) \dots P(A_m|A_1 \cap \dots \cap A_{m-1}).$$

De cette dernière découle donc la probabilité de survenance d'événements et ainsi, celle de la perte de l'objet spatial.

Toutefois, tant que la statistique n'aura pas donné, par l'exploitation de résultats suffisamment nombreux, la preuve pratique que les risques ont été correctement évalués, alors des discussions inévitables se produiront pour savoir si ces résultats ont un caractère systématique ou accidentel. Mais le problème est particulièrement difficile en matière spatiale. Le matériel évolue sans cesse, d'une part parce que l'on cherche à corriger ses défauts et d'autre part, encouragé par les succès, on cherche très vite à satisfaire de nouveaux besoins à un niveau plus élevé de performance.

Le problème de l'assurance spatiale est ainsi celui de la fiabilité spatiale. C'est par ailleurs de cette caractéristique que découle les spécificités de l'assurance en matière spatiale.

## **Section 2 : Les spécificités de l'assurance spatiale**

L'assurance spatiale est une branche unique et à part entière dans le marché qu'est celui des assurances. Celle-ci possède des caractéristiques qui lui sont propres (I) et lui permettent de se distinguer avec des couvertures d'assurances singulières. Par ailleurs, ce marché hautement volatil fait l'objet d'une féroce compétitivité entre les différents acteurs (II), bien que peu nombreux. Ainsi, ces derniers devront évaluer les risques de façon subjective (III) afin de mettre éventuellement en place des mécanismes pouvant pallier le montant du risque couvert.

### I - Des caractéristiques propres

Chaque police d'assurances de satellite ou de lanceur, quelle que soit la phase du projet à assurer, est tout à fait unique. Ainsi, en réponse aux conditions générales standardisées se trouvent des clauses spécifiques adaptées à la mission et aux performances attendues de l'objet assuré.

Le contrat d'assurance spatiale prend ainsi en compte un grand nombre de facteurs en considération afin de coller le plus à même à la mission.

À titre d'exemple, en matière spatiale, tout ne s'avère pas assurable. En effet, les missions ordinaires habitées ne font par exemple pas l'objet de couverture car le facteur de risque est trop important du fait de la présence humaine. Aussi, les compagnies d'assurance refusent de prendre la responsabilité d'un si gros risque. Cependant, avec l'avènement du tourisme spatial, nul doute que ces dernières vont devoir prendre le problème à bras le corps afin de conserver leur compétitivité sur le marché.

Mais ce n'est pas là la seule spécificité de l'assurance spatiale. Cette dernière traite notamment de valeurs à assurer conséquentes (A) dues en partie aux particularités techniques propres à chacun des objets assurés (B) pouvant faire l'objet d'attentes particulières concernant leurs performances (C). Toutefois, des clauses de renonciation à recours (D) sont classiquement prévues dans les contrats répondant à l'idée d'une industrie spatiale à portée « globale ».

#### A) La valeur des biens assurés

Selon l'article L. 121-1 du Code des assurances, « *L'assurance relative aux biens est un contrat d'indemnité* ». Par conséquent, l'assurance de choses doit respecter le principe indemnitaire selon lequel l'assuré doit être indemnisé à hauteur de son préjudice uniquement. En effet, l'indemnité due par l'assureur est destinée à replacer l'intéressé

dans la situation dont il faisait l'objet avant la survenance du sinistre<sup>44</sup>. Le principe est qu'une personne ou entreprise ne peut s'enrichir sur le fondement qu'il a été victime d'un dommage à un bien dont il est propriétaire ou opérateur. L'engagement maximal de l'assureur est donc déterminé par la valeur du bien assuré.

Toutefois, lorsque le droit applicable au contrat le permet, il est possible de choisir entre une couverture respectant le principe indemnitaire ou une couverture sur base « valeur agréée ». La valeur agréée, essentiellement utilisée pour les objets de de valeur, est la valeur du bien assuré déterminée d'un commun accord entre l'assuré et l'assureur au moment de la souscription du contrat ou en cours de contrat. Les biens sont généralement estimés par un expert, en l'occurrence maîtrisant les spécificités de l'industrie spatiale compte tenu des technologies employées.

Ainsi, en cas de sinistre, l'assureur indemnise l'assuré sur la base de la valeur agréée<sup>45</sup>.

En pratique, les polices spatiales couvrent la valeur de remplacement d'un satellite, c'est-à-dire sa valeur comptable. Cela comprend donc le coût de son lancement, celui des opérations réalisées au sol ainsi que la prime d'assurance couvrant son lancement et sa mise en orbite.

On observe par ailleurs une tendance grandissante à intégrer dans les valeurs assurées, certaines pertes financières indirectes comme une perte partielle de l'effectivité du satellite ou n'importe quelle autre défaillance susceptible de survenir au cours de l'utilisation du bien.

#### B) Particularités techniques uniques des matériels assurés

Les polices d'assurance sont adaptées aux caractéristiques et spécifications techniques d'un lanceur ou d'un satellite. Celles-ci déterminent alors les seuils et formules de pertes qui serviront à justifier le niveau d'indemnisation en cas de sinistre.

Les polices intègrent de ce fait les éléments et critères techniques des contrats préalablement signés au moment de la souscription de l'assurance. Il en va par exemple du contrat de construction ou de livraison de l'objet assuré, du contrat de financement de l'engin spatial ou encore de son contrat de lancement.

---

<sup>44</sup> Source L'Argus de l'assurance

<sup>45</sup> Source Add Value assurance

La rédaction des clauses-types « techniques » des polices évolue conjointement aux innovations spatiales. Là réside donc un enjeu crucial pour l'avenir avec l'avènement de nouvelles technologies toujours plus abouties les unes que les autres. Le contrat pourra alors être de plus en plus sur-mesure et collé précisément au projet dont il est question. De nouvelles adaptations seront alors nécessaires pour tenir compte des risques inhérents à ces activités. L'un des enjeux sera d'ailleurs de pallier la particularité de futures activités mettant en œuvre des systèmes encore non éprouvés, tel le tourisme spatial pour lequel les engins assurés nécessaires à sa mise en œuvre traverseront les espaces aériens ainsi qu'extra-atmosphérique. De même, concernant l'exploitation des corps célestes, compte tenu du retour de la matière sur Terre ou encore des satellites responsables de missions de service en orbite.

### C) Niveau de performance escompté

Autre particularité de l'assurance spatiale, outre les propriétés techniques, la performance de certains matériels spatiaux fait l'objet de clauses spécifiques. Cette idée est par ailleurs traduite dans le concept d'« *intended commercial purposes* <sup>46</sup> ». Cette notion imposerait à l'assuré, comme condition préalable et cumulative aux autres conditions d'indemnisation, de prouver, outre le dommage subi par son satellite, que ce dernier ne peut plus être utilisé conformément à la mission commerciale qui lui avait été confiée. En effet, lors de phase de test en orbite, le satellite peut s'avérer défaillant et ainsi ne pas répondre exactement aux tâches qui lui sont normalement conférées.

Ainsi, la particularité de ce marché est de couvrir, non seulement les dommages comme le ferait une assurance sol classique, mais également les déviations de performance par rapport à une performance nominale que l'on évalue via un pourcentage. Un pourcentage de 100% pour l'effectivité totale du satellite, en deçà, les indemnisations se feront graduellement en fonction du pourcentage de déficience. L'on qualifiera alors la perte comme étant, par ordre décroissant d'importance, totale, réputée totale ou simplement partielle. En effet, en raison de l'impossibilité de réparer en orbite, il faut concevoir une indemnisation de l'assuré en cas de dégradation par rapport à la performance optimale de son satellite. Cette pratique est par ailleurs propre au secteur spatial.

De plus, l'assurance spatiale pourra indemniser les conséquences de pertes futures liées à un événement identifié et survenu au cours de la période de couverture. Par exemple, la perte de combustible subie par un satellite aura pour conséquence une réduction de la

---

<sup>46</sup> À des fins commerciales

durée de vie de celui-ci mais qui n'interviendra que des années après que le dommage soit survenu. Toutefois, comme un lien direct de causalité peut être établi entre le dommage et les conséquences que ce dernier aura dans un futur, plus ou moins proche, alors l'indemnisation de la diminution de la durée de vie du satellite concerné pourra effectivement prendre effet.

À ce titre, cela implique nécessaire un échange technique détaillé entre les assureurs, les assurés, les constructeurs et les agences de lancement avec des informations précises sur tous les éléments se rapportant à la mission faisant l'objet d'une couverture.

#### D) Clauses de renonciation à recours

Une autre spécificité tient aux nombreuses clauses de non recours insérées dans les contrats portant sur le spatial. En effet, en principe, aucune action en responsabilité ne peut être engagée à l'égard des divers participants de la filière construction ou de la filière de lancement. Tous ces acteurs sont assimilés comme ne faisant qu'un puisque, si échec il y a, cet échec sera considéré comme étant commun.

De plus, la loi française<sup>47</sup> relative aux opérations spatiales énonce en son article 20 qu'en « *cas de dommage causé par une opération spatiale ou la production d'un objet spatial à une personne participant à cette opération ou à cette production, la responsabilité de toute autre personne participant à l'opération spatiale ou à la production de l'objet spatial à l'origine du dommage et liée à la précédente par un contrat ne peut être recherchée à raison de ce dommage, sauf stipulation expresse contraire portant sur les dommages causés pendant la phase de production d'un objet spatial destiné à être maîtrisé dans l'espace extra-atmosphérique ou pendant sa maîtrise en orbite, ou cas de faute intentionnelle* » et entérine donc cette pratique des clauses de renonciation à recours.

Ainsi, le marché spatial est réputé pour être relativement global puisque lanceurs, opérateurs, fabricants et assureurs sont obligés de se faire confiance, expliquant ainsi la forte présence des clauses de renonciation à recours.

#### II – Un marché soumis à une forte compétitivité

L'assurance spatiale est un marché à très forte volatilité.

---

<sup>47</sup> Loi du 3 juin 2008, Chapitre II : Responsabilité à l'égard des personnes participant à l'opération spatiale

Premièrement, les assureurs n'opèrent jamais sur des échantillons suffisamment nombreux de risques homogènes. Cela provient tout d'abord du faible nombre d'opérateurs assurés, compte tenu du nombre de lancements assurés par an, de même pour ce qui est du nombre de satellites assurés encore en activité.

Deuxièmement, le matériel et les technologiques assurés subissent des modifications constantes du fait des améliorations apportées après chaque lancement. Le domaine spatial constitue, à lui seul, un processus d'apprentissage, évolutif, graduel et constant. À titre d'exemple, la probabilité d'échec d'un lanceur est, en moyenne, divisée par six entre le premier et le quarantième lancement. Et dans le cas où surviendrait un échec, ce dernier serait en quelque sorte bénéfique pour l'activité puisque chaque échec permet de révéler des failles ainsi que de nouvelles informations, utiles à des améliorations futures tant d'un point de vue des lanceurs que des opérateurs voire constructeurs de satellites. La loi de probabilité citée précédemment et caractérisant chaque matériel est donc constamment mise à jour. L'évaluation du risque par les parties prenantes est ainsi particulièrement sensible à la survenance de sinistres qui engendrent, de ce fait, une forte volatilité du marché. D'autant plus, qu'un sinistre entraîne généralement une suspension des lancements. On peut par exemple citer le cas du lanceur Vega ayant fait l'objet d'un échec en juillet 2019 et qui marque ainsi une pause dans la carrière de ce lanceur, le temps de trouver la raison du sinistre. De même, en matière aéronautique, avec l'affaire des Boeing 737 Max qui se trouvent immobilisés au sol depuis des mois, entraînant un coût prohibitif pour les assureurs. Parallèlement, ces suspensions emportent également une suspension du versement de nouvelles primes. Enfin, par ricochet, des suites d'un incident, d'autres matériels peuvent se voir impacter par des surprimes mettant en lumière une certaine méfiance vis-à-vis de produits du même acabit voire à des catégories plus larges.

Par ailleurs, les taux de prime d'assurance spatiale sont fortement corrélés à l'offre de capacité d'assurance. Ainsi, la corrélation est quasiment parfaite entre une augmentation de capacité d'assurance et une diminution du taux de prime.

Pour finir, la forte volatilité de ce marché est également due au petit nombre d'acteurs prenants part à cette activité mais assurant de très forts montants. A titre indicatif, une couverture lancement se situe autour de deux cent cinquante millions de dollars jusqu'à sept cent millions de dollars pour un lancement multi-satellites tel Ariane 5 avec deux satellites géostationnaires.

### III - Évaluation subjective du niveau de risque par l'assureur

Tout d'abord, la rédaction d'une police dépend dans une large mesure de l'idée qu'un assureur se fait de la nature de chaque risque qu'il lui est proposé de couvrir. La

définition du périmètre de garantie et la liste des exclusions seront donc à l'image de la « qualité du risque » telle que perçue dans l'état d'esprit de l'assureur concerné. Ce dernier pourra ainsi mandater un expert afin qu'il aille constater et analyser la technologie dont il sera question.

Par ailleurs, dans tous les contrats d'assurances, il est classique d'imposer à l'assuré de conserver une partie du risque à sa charge pris en compte via une franchise. La franchise dans les contrats d'assurances de satellite prend la forme de « marges » applicables. Par exemple, pour les satellites de télécommunications, en cas de pertes de puissance électrique des panneaux solaires (diminution de puissance d'émission ou de canaux simultanément disponibles) ou en cas de perte de carburant (réduction de durée de vie). Dans ces exemples-là, le satellite ne sera donc plus effectif à 100%.

De plus, l'assureur pourra également imposer une franchise additionnelle ou un taux de prime plus élevé en présence d'un équipement qui ne serait pas encore éprouvé ou qui aurait connu des pannes sur un satellite en question ou sur un autre satellite de la même famille. En effet, comme nous le verrons préalablement, le problème de l'assurance spatiale est corrélé à celui de la fiabilité. Lorsque l'assureur s'engage à assurer ce risque, il se protégera via un taux de prime élevé ou une franchise, conscient du taux d'échec potentiellement haut.

### **Section 3 : Protection des partenaires financiers du programme spatial**

Du fait de l'environnement spatial, un satellite en panne ou dont le contrôle ne peut être maintenu peut perdre tout ou partie de sa valeur. L'indemnité d'assurance seule pourra alors permettre une partie du remboursement d'un investisseur qui aurait financé le programme spatial concerné.

Par ailleurs, les partenaires financiers sont qualifiés de « tiers impliqués » au contrat d'assurance puisqu'eux même, conseillent ou obligent même parfois leur client à souscrire des polices d'assurances. Compte tenu de leur place et de l'enjeu, il paraît normal que ces derniers aient un droit de regard sur le contrat d'assurance.

Cependant, le financement de tout ou partie du projet ne leur permet pas de prétendre aux mêmes droits que l'assuré, ni même de remplir les obligations de ce dernier à sa place.

De plus, les partenaires financiers exigent parfois le profit direct de certains droits au titre de la police d'assurance appelée « délégation de tout ou partie des indemnités d'assurance ». Cela inclut par exemple le droit d'être informé de toute aggravation des risques assurés soulevant un risque de non-couverture et donc nécessairement la

possibilité de perte financière conséquente. Parallèlement, les polices peuvent protéger les investisseurs en insérant des clauses de renonciation à recours à l'intention de l'assureur, au cas où ce dernier déciderait d'intenter une action à leur encontre.

Également, le Protocole Spatial du 9 mars 2012 à la Convention UNIDROIT<sup>48</sup> relative aux garanties portant sur des matériels d'équipements mobiles permet aux entreprises investissant dans le domaine spatial de sécuriser sur un plan international les sûretés et garanties qu'elles prennent sur les objets spatiaux<sup>49</sup>. Ainsi, les partenaires financiers conservent leurs droits sur les matériels spatiaux sur lesquels ils ont investi et voient leurs investissements protégés internationalement.

#### **Section 4 : L'existence de contraintes réglementaires**

L'industrie spatiale est un marché de niche avec ses spécificités, elle possède également des contraintes qui se répercuteront sur le marché de l'assurance. Premièrement, du fait des enjeux de certains programmes, la confidentialité (I) est de rigueur alors que les assureurs prônent la transparence pour assurer au mieux les risques. Deuxièmement, le risque terroriste (II) prévu dans de nombreuses autres activités, ne fait pourtant l'objet d'aucune couverture dans le domaine spatial, quand bien même ce risque est non négligeable tant les conséquences d'un acte terroriste à l'encontre d'un lanceur ou d'un satellite feraient l'objet d'une médiatisation importante.

##### I - Confidentialité

L'industrie spatiale est une industrie unique et sensible dans laquelle la propriété ainsi que les données diverses et variées, sont fortement protégées. Aussi, un transfert d'informations relatives aux objets assurés ne peut se faire que dans le cadre d'accords de confidentialité très restrictifs. En effet, certaines missions spatiales menées par des entreprises privées font très souvent l'actualité, cependant certaines technologies et matériels n'ont pas vocation à être aussi médiatisés. Or, d'un point de vue assurantiel, il est nécessaire de pouvoir quantifier le risque réellement pris.

Également, les assureurs doivent, dans certaines circonstances, pouvoir transférer des informations techniques à leurs conseils externes, auditeurs ou encore réassureurs ainsi que co-assureurs. Le marché de l'assurance spatiale étant très complexe comme nous le

---

<sup>48</sup> L'Institut international pour l'unification du droit privé a pour but d'étudier des moyens et méthodes en vue de moderniser, harmoniser et coordonner le droit privé - en particulier le droit commercial - entre des États

<sup>49</sup> Source UNIDROIT

verrons par la suite<sup>50</sup>. La confidentialité peut ainsi constituer un frein à un tel transfert de données.

Par ailleurs, de nombreuses législations nationales, à portée parfois extraterritoriales, et internationales régissent l'exportation d'informations technologiques spatiales vers d'autres pays.

À titre d'exemple, l'*International Traffic in Arms Regulations*<sup>51</sup>, la réglementation qui contrôle l'exportation des données relevant de la sécurité nationale des États-Unis s'avère très contraignante. Cependant, pour les assureurs, les importations de « *technical data*<sup>52</sup> » et de « *defense articles*<sup>53</sup> » est indispensable afin d'évaluer les risques qu'ils acceptent de couvrir. L'ITAR est par ailleurs une de ces législations à vocation extraterritoriale. Ainsi, les assureurs non américains se doivent de signer un accord de confidentialité, de même qu'un accord cadre validé par le *Directorate of Defense Trade Controls*<sup>54</sup> ou le *technical assistance agreement*<sup>55</sup>. L'application du principe « *need to know* » est en l'espèce fondamental afin, comme toujours, de prévoir des clauses qui collent le plus à même au projet spatial.

Cependant, ce n'est pas la seule contrainte à laquelle doivent faire face les assureurs de l'industrie spatiale.

## II - Terrorisme

Depuis les attentats de septembre 2001, l'on a vu éclore une nouvelle de forme de terrorisme à laquelle nous n'étions pas préparé. Cela fut un élément déclencheur, bien que tragique, dans la prise en compte nécessaire de ce risque.

Aussi, après les attentats aux États-Unis, les actes de terrorisme et leurs conséquences ont été ajoutés à la liste des exclusions générales-types des polices spatiales.

Parallèlement, le code des assurances a isolé la catégorie des « grands risques » pour permettre à ces derniers d'échapper, sous certaines conditions, au régime de couverture obligatoire des actes terroristes. Les « grands risques » sont ceux qui sont

---

<sup>50</sup> Partie II, Chapitre 3 : État actuel du marché de l'assurance spatiale, Section 1 : Principaux opérateurs du marché

<sup>51</sup> ITAR : Réglementation américaine sur le trafic d'armes au niveau international

<sup>52</sup> Données techniques

<sup>53</sup> Articles de défense

<sup>54</sup> DDTC : Direction des contrôles commerciaux en matière de défense

<sup>55</sup> TAA : Accord d'assistance technique

limitativement énumérés par l'article L. 111-6 du Code des assurances<sup>56</sup> à savoir « *Sont regardés comme grands risques : 1° Ceux qui relèvent des catégories suivantes : a) Les corps de véhicules ferroviaires, aériens, maritimes, lacustres et fluviaux ainsi que la responsabilité civile afférente auxdits véhicules ; b) Les marchandises transportées ; c) Le crédit et la caution, lorsque le souscripteur exerce à titre professionnel une activité industrielle, commerciale ou libérale, à condition que le risque se rapporte à cette activité ; d) Les installations d'énergies marines renouvelables, définies par un décret en Conseil d'État ; 2° Ceux qui concernent l'incendie et les éléments naturels, les autres dommages aux biens, la responsabilité civile générale, les pertes pécuniaires diverses, les corps de véhicules terrestres à moteur ainsi que la responsabilité civile, y compris celle du transporteur, afférente à ces véhicules, lorsque le souscripteur exerce une activité dont l'importance dépasse certains seuils définis par décret en Conseil d'État* ». L'on constate donc que les activités spatiales n'y figurent pas.

Ainsi, qu'en sera-t-il, comme le souligne justement Cédric Wells<sup>57</sup>, à supposer que le droit français régisse un jour la police d'assurance, lorsqu'un acte de terrorisme n'a pas été commis sur le territoire national, mais sur un territoire étranger, en haute mer ou dans l'espace extra-atmosphérique ?

La question reste en suspens, d'autant que la loi spatiale française<sup>58</sup> actuelle, qui pose l'obligation pour les participants à une activité spatiale menée sous la juridiction française de souscrire une assurance de responsabilité civile, n'y répond pas. Mais il reste toutefois possible, et opportun, que le projet d'une nouvelle loi spatiale prenne en compte cette problématique. En effet, la ministre de la Défense, Florence Parly, a par ailleurs annoncé des « *adaptations de notre droit spatial pour tenir compte des spécificités des opérations spatiales*<sup>59</sup> ».

---

<sup>56</sup> Source Legifrance : Article L111-6, Modifié par LOI n°2016-816 du 20 juin 2016 - art. 84

<sup>57</sup> Gestion et partage des risques dans les projets spatiaux, E. Pedone

<sup>58</sup> Loi relative aux opérations spatiales du 3 juin 2008.

<sup>59</sup> Discours de Florence Parly, Présentation de la stratégie spatiale de défense à Lyon, le 25 juillet 2019

## CHAPITRE 2 : COUVERTURES D'ASSURANCES RELATIVES AUX RISQUES SPATIAUX

L'assurance spatiale constitue à l'heure actuelle un marché de niche complexe et volatil comme nous avons pu le constater précédemment. Elle a pour vocation de fournir une couverture complète des risques d'un véhicule spatial tout au long de son cycle de vie, s'étalant de son lancement à la fin de son exploitation en orbite. Aussi, l'existence de solutions d'assurance performantes constitue une condition *sine qua non* au développement d'une activité économique profitable.

En effet, bien que relativement « proche » autour de notre planète, l'espace reste un territoire-frontière difficilement accessible et apprivoisable. Le coût d'accès à l'espace résulte d'une combinaison de facteurs comprenant la complexité technologique à mettre en œuvre, les conditions extrêmes à surmonter ainsi que l'éloignement des matériels envoyés quelle que soit l'orbite concernée. A titre d'exemple, il faut être capable de s'acquitter de la somme de 15 millions de dollars par tonne transportée pour mettre un objet en orbite (GEO)<sup>60</sup>.

De plus, à une éventuelle perte du satellite, il faut ajouter le coût du lancement, les pertes de revenus commerciaux, voire d'éventuels dommages occasionnés aux tiers par l'échec du lancement. Pour cela, compte tenu des risques pouvant survenir à chaque étape de la vie du satellite, l'assurance joue un rôle central.

Enfin, si dans les premières années seule une poignée de satellites était assurée, le marché a véritablement décollé dans les années 1980 avec la multiplication des projets de satellites commerciaux privés allant de pair avec l'évolution de nos sociétés et de nos besoins.

C'est pour cela qu'aujourd'hui, le marché de l'assurance est un marché consolidé et puissant, séparant les polices d'assurance en deux catégories distinctes ; les garanties en responsabilité civile (section 1) d'un côté et l'assurance dommage aux biens (section 2) de l'autre côté. En effet, compte tenu de la multiplicité des risques et d'acteurs, il existe presque autant de polices d'assurance que de risques.

---

<sup>60</sup> Les tarifs variant selon les entreprises de lancement, les caractéristiques propres aux satellites embarqués, au modèle de lanceur utilisé etc...

## **Section 1 : Assurance responsabilité civile des parties prenantes dans les projets spatiaux**

L'exposition aux risques de responsabilité civile spatiale peut revêtir plusieurs formes pour les participants à un projet spatial en fonction de leurs rôles dans la fabrication, le lancement ou encore l'opération de mise en orbite du satellite.

Une responsabilité propre à chacun des participants peut être identifiée avec une solution d'assurance associée pouvant spécifiquement être mise en place.

De nos jours, les assurances spatiales sont maîtrisées tant en termes de dommages aux biens que de mises en cause de la responsabilité civile. Aussi, les assureurs « spatiaux » couvrent les risques de dommages aux engins spatiaux en complément des assureurs « aviation » qui offrent des garanties responsabilité civile spatiale.

Par ailleurs, il existe une obligation de souscrire une assurance responsabilité civile (I) prévue par de nombreux textes de lois. De plus, les couvertures responsabilité civile existantes sont propres à chaque activité du secteur spatial (II).

### **I – Obligation légale d'assurance responsabilité civile**

Chaque État est reconnu comme internationalement responsable des activités spatiales menées depuis son territoire, qualifié alors d'État de lancement, ainsi que des dommages causés à l'occasion de ces activités spatiales<sup>61</sup>. Cette responsabilité est par ailleurs encadrée à deux niveaux ; par des éléments juridiques internationaux (A) mais également par les législations nationales (B).

#### **A) Cadre juridique international**

Le Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes de 1967 pose le principe de responsabilité des États de lancement en cas de dommage causés à des tiers résultant d'activités spatiales. Ce traité s'applique aux États et indirectement aux entreprises de la nationalité de l'État concerné. De plus, la puissance spatiale garde un certain contrôle sur les opérations spatiales menées sous sa nationalité puisqu'il délivre les autorisations pour ces dernières.

Le 1<sup>er</sup> septembre 1972 entre en vigueur la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux. Cette Convention

---

<sup>61</sup> Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par les objets spatiaux, 1972

énonçant des règles spécifiques, prime ainsi *de facto* sur le traité de 1967. Ainsi, les États procédant ou faisant procéder à un lancement, de même que ceux qui prêtent leur territoire ou leurs installations aux fins d'un lancement, seront solidairement tenus du dommage qui pourrait être causé par l'engin spatial. Ainsi, une fois le lien de causalité établi, la Convention de 1972 posant un régime de responsabilité pour faute pour les dommages causés dans l'espace extra-atmosphérique, il faudrait alors prouver que l'opérateur auquel est imputable le dommage était fautif de par son comportement. Ceci serait envisageable s'il pouvait être établi, par exemple, que la création d'un débris responsable de l'accident était due à la violation d'une norme internationale applicable en matière de prévention des débris spatiaux et de passivations des objets. À l'inverse, la responsabilité est absolue lorsque le dommage est causé à la surface de la Terre ou à un aéronef en vol. La distinction s'opère donc au titre de la définition de l'espace extra-atmosphérique puisqu'en fonction de l'altitude à laquelle l'on décrète être dans l'espace terrestre ou extra-atmosphérique, en découle le régime de responsabilité applicable.

Parallèlement, il peut exister deux cas de figures concernant l'engagement des responsabilités. Le premier sera en cas de dommages causés à des non-nationaux. Dans ce cas, le recours pourra être à l'encontre du ou des États de lancement, sur la base d'une responsabilité pour faute ou sans faute. Deuxièmement, en cas de dommages causés à des nationaux, le droit applicable pour régir la responsabilité ne sera autre que le droit commun de l'État concerné.

À titre d'illustration, lors de la collision entre le satellite Iridium 33 et Kosmos 2251, aucun contentieux n'a abouti devant les juridictions ou n'a fait l'objet d'une procédure d'arbitrage. En l'espèce, Iridium 33, satellite commercial, est venu percuter Kosmos 2251, satellite de télécommunications militaires russe. Toutefois, l'entreprise Iridium Satellite a été indemnisée par son assureur puisque leur police d'assurance ne prévoyait pas de clause d'exclusion pour les débris spatiaux.

#### B) Cadres juridiques nationaux

Certains États imposent à leurs ressortissants ou aux sociétés exerçant des activités spatiales dans le cadre de leur souveraineté qu'ils souscrivent une assurance responsabilité civile.

C'est par ailleurs le cas dans la loi française relative aux opérations spatiales du 3 juin 2008. Elle instaure un plafonnement de la responsabilité de l'opérateur et prévoit qu'au-delà de ce plafond, l'État accordera sa garantie en fonction du lieu de survenance du dommage selon les articles 16 et 17. De plus, elle étend cette garantie à tout opérateur spatial en son article 6.

Par ailleurs, le dommage est également défini par la loi spatiale française dans son article 1 comme étant *“toute atteinte aux personnes, aux biens, et notamment à la santé publique ou à l’environnement ... à l’exclusion des conséquences de l’utilisation du signal émis par cet objet pour les utilisateurs”*.

Toutefois, la garantie n’est pas accordée de façon intemporelle. Il faut qu’il y ait un lien d’ordre temporel entre la garantie et l’événement pour lequel celle-ci est appelée par une personne entendant en bénéficiaire. De plus, il faut que le sinistre soit survenu à un moment où la garantie apportée par le contrat d’assurance jouait, on parle de période de garantie. C’est cet événement qui permettra de déclencher la garantie.

Par exemple, Ariane fait l’objet d’une obligation d’assurance à hauteur de soixante millions d’euros<sup>62</sup> minimum. Cette couverture prévoit en l’espèce le cas d’une responsabilité sans faute pour les dommages sur Terre et pour faute, concernant les dommages extra-atmosphériques.

Enfin, la LOS prévoit également la répartition du régime de responsabilité entre les participants à une opération spatiale. Selon les articles 19 et 20, il n’existe pas de possibilité de recours entre les participants en cas de dommages causés entre eux ou à des tiers. Le but étant d’éviter les recours en cascade. Ainsi, c’est au sein du contrat que les intéressés devront insérer des clauses de renonciation à recours, de même que des pactes de garantie. Cette police est rédigée afin de permettre la couverture de toutes les mises en cause sauf si d’éventuelles exclusions ont été prévues. Et comme le souligne très justement Bruno Bajard<sup>63</sup>, *« L’impossibilité d’établir précisément les causes d’un sinistre à 36 000 km d’altitude explique la généralisation des clauses d’abandon de recours au sein de l’industrie spatiale et, ultimement, la renonciation des assureurs à leur droit de subrogation »*.

De plus, la LOS ne prévoit les dommages causés du fait de la pollution sauf s’il est prouvé que cela entraîne un dommage au sol, une explosion ou un incendie par exemple. À l’inverse, la loi inclut les atteintes à l’environnement à hauteur de sept cent cinquante millions d’euros<sup>64</sup>.

---

<sup>62</sup> Source Argus de l’assurance

<sup>63</sup> Head of specialties chez Marsh, Source Les cahiers de l’assurance

<sup>64</sup> Pratiques juridiques dans l’industrie aéronautique et spatiale, Edition Pedone, 2014, Risques et assurances de responsabilité civile spatiale

D'un autre côté, la législation américaine a mis en œuvre le *Commercial Space Launch act* de 1984 amendé successivement en 1988, 2000, 2004 et 2008. Cette loi prévoit pareillement les renonciations à recours entre les participants. De même qu'une obligation de souscrire une assurance responsabilité d'un montant ne pouvant excéder cinq cent millions de dollars, à moins de démontrer que la capacité financière du titulaire de la licence est suffisante.

De plus, le 26 mars 2019, la secrétaire du département des Transports des États-Unis, Elaine L. Chao, a annoncé un projet de nouvelle réglementation concernant les exigences de lancement<sup>65</sup>. La règle proposée fournit une approche réglementaire sécuritaire et axée sur le rendement pour le transport spatial commercial. Par ailleurs, il favorise les pratiques de sécurité en donnant aux exploitants la souplesse nécessaire pour satisfaire aux exigences en matière de sécurité et en améliorant la collaboration entre les intervenants.

Enfin, l'État américain est tenu responsable jusqu'à 1,5 milliards de dollars, à la suite de quoi, l'opérateur reprend le relai et redevient responsable mais sans obligation d'assurance.

Par ailleurs, en matière de débris spatial, établir une responsabilité civile paraît difficilement envisageable. Cela supposerait d'abord d'apporter la preuve qu'un débris soupçonné d'être la cause d'un dommage provient bien d'un objet spatial donné. Les technologies permettent aujourd'hui de recenser les débris d'une certaine taille et les opérateurs de satellites utilisent ces informations pour procéder à des mesures d'évitement. À titre d'exemple, ArianeGroup a mis en place un réseau du nom de GEOTracker qui permet de détecter et surveiller des objets spatiaux. Ce système fournit des données très précises de positionnement et d'orbitographie des objets spatiaux en orbite moyenne (MEO) et géostationnaire (GEO).

D'autant plus que dans l'espace, les craintes que suscitent les débris d'objets spatiaux sont très sérieuses : on en compte environ 5000 tonnes actuellement en orbite autour de la Terre. La situation s'est de plus aggravée après la destruction volontaire du satellite Fengyun 1-C par un missile chinois le 11 janvier 2007, entraînant 1500 débris supplémentaires d'une taille excédant 10 centimètres. En l'espèce, la responsabilité de la Chine ne fut pas engagée. Plus récemment, le 27 mars 2019, le test de missile antisatellite indien a engendré des débris dont certains pollueront des orbites basses pendant bien plus longtemps que les quelques semaines initialement annoncées par les

---

<sup>65</sup> Source Federal Aviation Administration

autorités indiennes. Le satellite Microsat-R détruit, s'est fragmenté en plus de 6500 débris de taille supérieure à 0,5 cm, d'autant que la plupart sont trop petits pour être repérés.

Aussi, cela explique qu'une minorité d'assureurs acceptent de garantir ce type de risque. Parallèlement, beaucoup refusent de s'engager sur le long terme comme c'est le cas avec le risque de débris spatiaux.

## II - Responsabilité civile des industriels

Afin de bénéficier de garanties responsabilité civile pour les industriels spatiaux, il convient d'identifier un régime de responsabilité adéquate. Il existe ainsi différentes catégories de responsabilité civile en fonction de l'activité.

La première étant la responsabilité civile engins spatiaux dont nous traiterons ici. Il s'agit de la police d'assurance que l'on souscrit lorsque l'on est un opérateur de lancement ou de satellite.

La seconde est la responsabilité civile produits spatiaux qui permet de garantir les dommages causés à des tiers du fait d'un produit qui a été livré. Ainsi, le risque est rattaché directement au risque produit défectueux.

Troisièmement, la responsabilité civile du fait du signal et une garantie qui s'applique exclusivement aux opérateurs de signal tels Galileo ou le *European Geostationary Navigation Overlay Service*<sup>66</sup> (EGNOS).

Enfin, la responsabilité civile avant lancement qui n'est autre qu'une responsabilité civile classique afin de garantir les dommages causés à des tiers avant que le lancement n'ait eu lieu.

Nous nous consacrerons dans cette partie aux garanties concernant les deux premières responsabilités civiles précitées à savoir celle relative aux engins spatiaux (A), ainsi que celle en cas de produits défectueux (B).

### A) Responsabilité civile engins spatiaux

La garantie responsabilité civile engins spatiaux (RCES) couvre les conséquences pécuniaires de la responsabilité encourue par l'assuré du fait de dommages aux tiers résultant du lancement ou de l'exploitation en orbite d'un satellite et ce, jusqu'à

---

<sup>66</sup> Service Complémentaire Européen de Navigation par Satellites Géostationnaires

concurrence de la somme assurée de la police (limite de garantie). Leur durée, comme de nombreuses autres couvertures, est de douze mois et elle sera rédigée de manière à inclure le plus grand nombre d'acteurs pour éviter les recours à l'encontre de ces derniers. Elles seront rédigées de sorte à inclure le grand nombre d'acteurs. Ici, il ne convient pas de chercher qui sera responsable du dommage s'il survient puisque l'assureur indemniserait quoiqu'il en soit, tel que cela est défini dans la police. Cette police a pour ambition de protéger autant que faire se peut l'industrie spatiale afin que cette dernière n'ait pas à débours des millions supplémentaires en cas de dommages. Généralement, les preneurs d'assurance responsabilité civile sont les agences de lancement pour la phase de lancement et les opérateurs des satellites pour la phase de vie en orbite. De plus, les États de lancement étant généralement assurés additionnels, ils pourront donc bénéficier de la garantie en cas de mise en cause de leur responsabilité.

Cependant, un détail non négligeable, dans les couvertures d'assurances de manière générale, réside en la période de garantie. Il s'agit de la période au cours de laquelle la police est effective. Cela signifie que la prise d'effet des risques ainsi que le dommage doivent survenir nécessairement pendant la durée de la police.

De plus, deux modes de déclenchement des garanties RCES sont susceptibles de survenir au cours des douze mois de la durée de la police. Le premier intitulé « en base occurrence » permet le déclenchement de la garantie en cas de survenance d'un événement. Cet événement peut être un accident ou incident, causant un dommage corporel, matériel ou immatériel consécutif, directement ou indirectement, à des tiers pendant la période de garantie.

Le second mode de déclenchement en base « de fait dommageable » est une solution alternative à la première. Elle se déclenche en cas d'accident ou incident pendant la période de garantie, et ce, peu importe la date de réalisation du dommage et de la réclamation résultant de celui-ci. Ce dispositif est à l'avantage de l'assuré puisqu'il bénéficie d'une protection de ses intérêts adaptés au secteur spatial puisque les conséquences d'un accident ou incident sont parfois très lointaines.

#### B) Responsabilité du fait des produits défectueux

Cette garantie est souscrite par les fabricants, les équipementiers, les fournisseurs de services ainsi que les sous-traitants. Elle leur permet de couvrir les conséquences financières de la mise en cause de responsabilité d'un fabricant, en cas de défectuosité d'un service ou produit duquel découlerait un dommage à un tiers. Cette responsabilité peut par ailleurs être engagée conjointement à une responsabilité délictuelle ou contractuelle pour vice caché ou garantie légale conformité.

Toutefois, cette garantie ne s'applique qu'après livraison de ces derniers. En effet, il n'existe aucune obligation légale d'assurance de responsabilité civile des produits après livraison. Aussi, les termes et conditions d'assurance de produits spatiaux peuvent varier d'une police à l'autre, étant donné que la rédaction est laissée libre aux parties contractantes.

Par exemple, il existe deux types d'assurances responsabilité civile produits défectueux sur le marché européen.

Premièrement, cette couverture est disponible sur le marché des assurances aéronautiques mais il est possible de la contracter par extension de garantie pour les produits spatiaux spécifiquement via un avenant spatial.

Deuxièmement, une autre garantie, indépendante celle-ci, est spécifique aux produits spatiaux. Il s'agit de la directive européenne sur la responsabilité du fait des produits défectueux<sup>67</sup> adoptée en juillet 1985 (85/374/CEE<sup>68</sup>). Elle met en place au niveau communautaire un système de responsabilité du producteur pour les dommages causés par la défectuosité de ses produits. Aussi, toute personne victime d'un produit défectueux n'a qu'à prouver le lien de causalité entre le dommage et la défectuosité du produit. Il s'agit d'une adaptation du schéma traditionnel de l'aéronautique, comme précité dans le cas de l'avenant spatial, mais adapté au spatial. Elle a pour vocation de couvrir les problèmes de pannes, de perte d'usage d'un satellite déjà lancé et qui ne répondrait pas à cent pour cent aux performances escomptées ou encore à la découverte d'un défaut sur un produit déjà livré. Elle possède un montant maximum de couverture de 200 millions d'euros par événement et par période d'assurance. Cette directive fut transposée en France par la loi n°98-389 du 19 mai 1998<sup>69</sup> relative à la responsabilité du fait des produits défectueux. Il est par ailleurs important de noter qu'il est difficile de maintenir une assurance pendant toute la durée d'utilisation du produit, cela reviendrait à faire des polices d'assurances très longues et coûteuses. Il serait d'ailleurs intéressant

---

<sup>67</sup> Directive n° 85/374/CEE du Conseil relative au rapprochement des dispositions législatives réglementaires et administratives des États membres en matière de responsabilité du fait des produits défectueux, *JOCE* L 210 du 7 août 1985.

<sup>68</sup> *European space products liability scheme* (ESPLS)

<sup>69</sup> Loi n° 98-389 du 19 mai 1998 relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, article 2, *JORF* du 21 mai 1998

de savoir ce qu'il adviendra en cas de panne de Galileo<sup>70</sup> de plusieurs jours lorsqu'aura été déclaré la « *full operational capability* »<sup>71</sup> du service.

Enfin, en cas d'actionnement de la garantie, l'indemnisation pourra être effectuée par l'assureur lui-même ou bien par l'État de lancement si la victime choisit d'engager son action directement envers l'État de lancement.

## **Section 2 : Assurance de dommages**

Cette assurance permet l'indemnisation en cas de dommages matériels ou de pannes subis par le satellite ou le lanceur. Également, elle comprend une garantie en cas de pertes financières consécutives aux dommages matériels.

Par ailleurs, les garanties mises en œuvre dans le cadre de cette assurance sont relatives à chacune des phases du lancement. Ainsi, la première sera la phase de pré-lancement (I), suivi de la phase de lancement (II), et pour finir, la période de vie en orbite (III).

### **I - Phase de pré-lancement**

Un projet d'activité dans l'espace débute généralement au sol avec la fabrication d'un lanceur spatial ainsi que son acheminement vers le pas de tir et les multiples tests précédant la mise à feu. En effet, chaque élément du lanceur étant précieux, il convient de les assurer en cas de court-circuit, choc, chute ou incendie.

Parallèlement à cela, la fabrication d'un satellite ainsi que son transport par air, terre ou mer jusqu'au site de lancement en vue de son intégration au sein du lanceur peuvent comporter de nombreux risques à assurer. A cela s'ajoute les périodes éventuelles de stockage et les tests du satellite avant l'assemblage sur le pas de tir.

Les dommages sont par ailleurs parfois irréversibles, à l'image de la destruction du Falcon 9 de SpaceX ainsi que de toute sa cargaison, à savoir un satellite israélien, en septembre 2016.

Cependant, les polices d'assurance qui permettent la couverture de ces multiples risques durant la phase de pré-lancement ne font pas partie du marché de l'assurance spatiale, on parle d'assurances sol. En effet, l'assureur dit spatial ne prend à sa charge que les aléas spatiaux intervenant après que le lancement soit devenu irréversible. Cela correspond généralement à la mise à feu intentionnelle du premier étage du lanceur, qui

---

<sup>70</sup> Source *European Global Navigation Satellite Systems Agency*

<sup>71</sup> Pleine capacité opérationnelle du système Galileo

ne permet plus d'arrêter le lancement sauf à détruire celui-ci. Toutefois, ce moment précis dépendra des caractéristiques propres à chacun des lanceurs, et c'est ce moment qui dictera le passage à la phase dite « de vol ». Par exemple, dans le cas d'Ariane 5, ce moment correspond à l'allumage du moteur vulcain + sept secondes, soit l'allumage (irréversible) des boosters à propulsion solide.

Classiquement, ce sont des assureurs transport classiques qui acceptent de fournir ce type de garanties. Cela remonte à plusieurs décennies car les premières assurances spatiales étaient des polices d'assurances normalement dédiées au transport. Aussi, des extensions de ces polices ont été faites pour les acteurs spatiaux en étendant la garantie en amont et en aval du transport, prenant en compte la fabrication et la pose sur le lanceur. De plus, un point non négligeable, réside dans l'accès aux objets si un problème devait survenir. Aussi, la réparation ou le changement d'un élément du lanceur ou du satellite sont parfaitement envisageables. Or, cette accessibilité n'est pas possible une fois le véhicule placé en orbite. Pour cela, il est possible d'assurer le coût d'acquisition ou de remplacement d'un satellite ou des services de lancement, ainsi que toutes dépenses annexes telles les primes d'assurances ou des frais de mise à poste. Ceci pourrait changer, comme nous le verrons plus loin, avec l'introduction de *l'in-orbit servicing*.

De ce fait, si le lanceur ou le satellite n'ont rencontré que des problèmes superficiels, sans avoir à déplorer de perte totale, alors il n'y aura indemnisation que pour simple réparation avec un taux de prime relativement bas, en moyenne 0,5%. Ce pourcentage sera ainsi appliqué sur la somme totale assurée.

Ainsi, à partir de la mise à feu, tout le processus est divisé en deux produits d'assurance qui correspondent chacun à des couvertures distinctes : le contrat lancement et le contrat vie en orbite. Par ailleurs, ce sont ces deux phases qui font l'objet de polices d'assurances plus onéreuses puisque jugées plus critiques.

## II - Phase de lancement

Le contrat lancement débute lors de la mise à feu, lorsque le lancement devient irréversible comme vu précédemment, et couvre le lancement à proprement parler ainsi que l'insertion en orbite et les tests de fonctionnement qu'il convient d'effectuer une fois le satellite inséré sur son orbite correcte.

Selon les statistiques, la plupart des sinistres sont toutefois concentrés dans les premières semaines, voire les premiers instants du contrat puisque 45 % sont survenus

au moment du lancement, 42 % lors de l'insertion en orbite et lors des tests, enfin, seulement 13 % sont intervenus dans la phase de vie en orbite<sup>72</sup>.

De plus, le taux de fiabilité de tous lanceurs confondus est d'environ 94%<sup>73</sup> pour les véhicules dont la conception a fait ses preuves. Cependant, le taux d'échec s'avère naturellement plus élevé concernant les nouveaux lanceurs puisque non encore totalement éprouvés.

Ainsi, la période de lancement, aussi appelée « *launch insurance*<sup>74</sup> », est la phase la plus risquée techniquement en raison des contraintes extrêmes auxquelles sont soumis le lanceur et les satellites transportés. Ces contraintes font de chaque lancement un défi physique. Tous les événements du lancement étant considérés comme totalement indépendants, ils peuvent de ce fait aboutir soit à un succès, soit à une perte, qui sera déterminée par la loi de Bernoulli avec un paramètre « *launch failure*<sup>75</sup> » (P\_LF) représentant la probabilité d'échec d'un lancement donné<sup>76</sup>. P\_LF sera spécifique à chaque lancement en fonction de la maturité technique du lanceur et de son historique. Ainsi, un échec du lanceur entraînera, selon l'ampleur du dommage, la destruction du satellite ou encore l'injection de ce dernier sur une mauvaise orbite.

À l'inverse, la clause « *no loss*<sup>77</sup> », possiblement insérée dans le contrat de lancement, permet à l'assuré de recouvrer une partie de la prime en cas de bon déroulement du lancement et de la mise en orbite du satellite. Il s'agit d'une récompense du fait service rendu et du bon fonctionnement du satellite.

De plus, seuls les satellites sont susceptibles d'être assurés au cours de cette phase car il n'existe pas d'assurance pour couvrir les dommages au lanceur non réutilisable. Le lanceur est considéré comme ayant accompli son obligation et il sera détruit au fur et à mesure au cours des phases successives de mise en orbite.

Enfin, la police distingue trois échecs différents.

---

<sup>72</sup> AON, *Insuring Space Activities*, 2016, p. 7

<sup>73</sup> Gunter's Space Page, statistiques des lancements sur la période 1990-2016, Voir Annexe 3

<sup>74</sup> Assurance de lancement

<sup>75</sup> Échec du lancement

<sup>76</sup> On the Estimation of Space Launch Vehicle Reliability, SERGIO GUARRO, *International Journal of Performability Engineering*, Vol. 9, No.6, November 2013, pp.619-631.

<sup>77</sup> Aucune perte

Le premier étant la perte partielle du satellite. Ainsi, la capacité opérationnelle ou la durée de vie de ce dernier est réduite sans que le niveau de dégradation n'ait atteint le seuil de la perte réputée totale. L'indemnisation correspondante est alors appelée « invalidité permanente partielle » (IPP) et est calculée en utilisant la notion de quantum de perte (QP). Elle pourra par ailleurs, selon les cas, être accompagnée d'une franchise adéquate. L'IPP équivaut ainsi à la somme assurée multiplié par le quantum de perte auquel on soustrait la franchise.

$$\text{IPP} = \text{Somme assurée} \times \text{QP} (- \text{franchise})$$

L'opérateur de satellite sera ainsi partiellement indemnisé du fait du fonctionnement partiel de son objet. De plus, il existe une dégressivité en fonction de l'âge du satellite.

Deuxièmement, la perte réputée totale lorsqu'il y a réduction de la durée de vie ou de la capacité fonctionnelle du satellite au-dessous d'un seuil qui entraîne une exploitation économiquement non rentable. En spatial, la contraction des polices d'assurance se fait en fonction des missions particulières, à la différence de l'aéronautique qui souscrit en fonction d'une activité.

Aussi, le seuil est agréé au moment de la souscription de la police et il variera entre 75% à 95% de perte. Compte tenu des spécificités techniques du satellite, cette perte aura des conséquences hautement préjudiciables quant à la capacité opérationnelle, entraînant de fait une indemnisation à 100% de la valeur assurée. Ce concept fera également jouer la clause de sauvetage en faveur des assureurs en leur permettant ainsi de bénéficier d'une partie des revenus du satellite lorsque celui-ci fonctionne encore, même partiellement.

Enfin, troisièmement, la perte totale correspond à la destruction physique de la chaîne de vol à savoir le lanceur ainsi que le satellite, ou du satellite seul. Cela peut également être la non réalisation du transfert en orbite ou de la mise à poste du satellite voire si ce dernier est totalement incontrôlable.

Ainsi, cette assurance couvre le satellite à compter du lancement et pour une durée qui peut varier de plus douze mois à plusieurs années après le lancement. Elle couvre également les premiers tests en orbite afin de laisser un temps à l'opérateur du satellite de vérifier que ce dernier est effectif à 100%. Dans ce cas, il pourra activer une des trois garanties définies précédemment relatives à la hauteur de la perte.

À ce titre, la phase d'essai en orbite se déroule généralement dans les 180 jours suivants la mise en orbite. Au cours de cette phase, tous les éléments sont déployés et toutes les composantes du satellite sont testées. Il existe par ailleurs de nombreuses causes

possibles de dysfonctionnement car les satellites sont extrêmement complexes et réunissent une pléiade d'éléments électroniques, électriques, pyrotechniques, chimiques et mécaniques. Aussi, la défaillance d'un seul composant peut potentiellement empêcher le satellite d'atteindre sa position finale ou d'atteindre sa configuration opérationnelle.

La durée de vie d'un satellite allant pour les plus petits, présents dans les constellations, d'un mois à cinq ans et, pour les plus gros, jusqu'à dix ans pour un satellite d'observation voire quinze ans pour un satellite de télécommunication, cela entraîne nécessairement la mise en place d'une garantie pour la période de vie en orbite.

### III - Phase de vie en orbite

Lorsque le contrat de lancement prend fin, l'assurance vie en orbite, également appelée « *in-orbit insurance* », prend le relais et protège l'opérateur du satellite contre les nombreux dysfonctionnements du matériel qui peuvent survenir lors de son exploitation.

Au cours de cette phase, classiquement les assureurs considèrent que le satellite étant en orbite, le risque que ce dernier soit endommagé est moins élevé. Toutefois, et notamment pour les orbites basses, cela s'avère de moins en moins vrai avec la profusion de débris spatiaux pouvant endommager à tout moment le satellite. Le satellite doit également faire face aux multiples contraintes de la navigation dans l'espace puisque se trouvant dans un environnement agressif, en état d'apesanteur, pouvant être endommagé par des météorites ou soumis à l'effet des radiations solaires (éruptions notamment) et des radiations cosmiques.

Classiquement, ces couvertures ont une durée d'un an afin de permettre à la fin de la période assurantielle de renégocier ou réajuster la garantie et autres conditions du contrat, ainsi que la prime, en fonction de l'état actuel du satellite. L'estimation de ces défaillances dans le temps est permise grâce à la modélisation de courbe de survie du satellite, ce qui signifie en fonction de la variable aléatoire « *time to failure*<sup>78</sup> » (TTF). Elle pourra ensuite être convertie en une probabilité de défaillance périodique, sur la base d'une année par exemple. Cette méthode est réputée car elle permet une modélisation détaillée en fonction des paramètres de l'état de santé réel de tous les équipementiers et la fiabilité intrinsèque du satellite.

Pour cela, l'origine des défaillances peut être analysée et classée en trois catégories. Premièrement, les défaillances dites « aléatoires » résultant de la survenance

---

<sup>78</sup> Temps avant l'échec

d'événements inattendus ou de contraintes excessives dépassant les possibilités du satellite et ce, malgré l'absence de défaut de conception ou de fabrication de ce dernier.

Deuxièmement, les défaillances dues à un défaut de conception ou de fabrication non détecté entraînant une faiblesse des systèmes du satellite ou une dégradation rapide de ses performances. Ce type de cause de défaillance peut d'ailleurs être partagé par plusieurs satellites de même conception ou utilisant des sous-systèmes communs, pouvant ainsi entraîner des pertes en série et donc des corrélations de risques.

Troisièmement, le satellite peut faire l'objet de contraintes environnementales excessives dues à une activité solaire extrême ou à la présence de débris pouvant l'endommager. Cette cause peut également être partagée entre satellites situés sur la même orbite et à des positions similaires et, ainsi, entraîner des pertes en série.

Enfin, la sinistralité, bien que résiduelle contrairement à la phase de lancement, est à son apogée au cours de la première année de vie du satellite. Dès la deuxième année, cette dernière n'équivaut en général qu'à 10% de celle observée la première année.

Pour autant, un exemple récent datant d'août 2019 démontre que les risques se maintiennent avec le temps. En l'espèce, la société APT Satellite a indiqué avoir reçu 21 millions de dollars en primes d'assurance<sup>79</sup> pour la défaillance partielle de son satellite de télécommunications Apstar-6 en mai 2018. De plus, dans un rapport publié le 8 août 2019, l'opérateur a déclaré que la plupart des indemnités étaient relatives à la perte partielle d'énergie solaire de l'Apstar-6, âgé aujourd'hui de quatorze ans.

Ainsi, les polices d'assurances sont vitales pour les opérateurs de satellites qui parfois, n'hésitent pas à contracter des garanties encore plus spécifiques, propres aux spécificités du projet spatial.

### **Section 3 : Les polices d'assurances spécifiques**

Le principe dans la rédaction des contrats d'assurance étant la liberté contractuelle, les acteurs du secteur spatial peuvent alors contracter des polices d'assurances plus spécifiques que celles, plus classiques, citées précédemment.

Premièrement, l'opérateur peut choisir de contracter une garantie contre le risque politique. Ce genre de police s'applique en cas de confiscation ou d'embargo, selon le contexte géopolitique de l'État de lancement par exemple.

---

<sup>79</sup> Source Space News

Deuxièmement, le risque commercial peut être assuré. Cela revient à prévenir en cas de défaillance financière d'un client, dans le cas du lanceur par exemple ou du fabricant de satellite.

Troisièmement, il est possible de couvrir les retards au lancement. L'assuré voudra ici se protéger à l'encontre des incidences financières qui pourraient découler d'un éventuel retard au lancement de son satellite. Toutefois, dans le cadre de cette garantie, le retard doit résulter consécutivement d'un dommage au satellite tel un incendie, une chute ou encore un choc.

Quatrièmement, les garanties contractuelles « *incentives* », ou assurance intéressement aux performances, permettent aux constructeurs de garantir les risques découlant de la non-conformité du bien spatial par rapport aux spécifications techniques attendues.

Cinquièmement, la garantie en cas d'interruption de service ou de perte de revenus a pour but de couvrir les pertes et/ou dépenses additionnelles découlant d'un dommage à un satellite. Cela s'adresse aux opérateurs tels les chaînes de télévision, les fournisseurs d'accès à internet ou encore les services *Very Small Aperture Terminal*<sup>80</sup> comme les banques et groupes industriels. Classiquement, cette garantie est mise en place pour des périodes relativement courtes comme la retransmission d'événements sportifs de grande ampleur.

Sixièmement, il est possible de compléter les assurances mise en place durant les phases de pré-lancement et lancement, en contractant des garanties plus spécifiques relatives à l'érection des usines et sites de lancement ou des sites de fabrication. Ce type d'assurance est rattaché aux risques spatiaux du fait des spécificités techniques des installations, des produits manipulés et aux opérations réalisées pendant les phases de pré-lancement et de lancement (remplissage carburant ou commande d'autodestruction lanceur).

---

<sup>80</sup> VSAT : « terminal à très petite ouverture », désigne une technique de communication bidirectionnelle par satellite qui utilise au sol des antennes paraboliques directives et qui visent un satellite géostationnaire.

## **CHAPITRE 3 : ÉTAT ACTUEL DU MARCHÉ DE L'ASSURANCE SPATIALE**

L'assurance est devenue essentielle au développement des activités spatiales.

Malgré les défis posés par la nature des risques à prendre en compte dans chacun des projets spatiaux, le marché de l'assurance spatiale a su démontrer sa capacité à s'organiser et à se mobiliser. Cependant, certaines conditions d'assurabilité restent à la limite des capacités du marché, et l'équilibre demeure fragile pour les assureurs dans un marché à très forte volatilité. Ainsi, dans ce contexte, l'arrivée de nouveaux entrepreneurs, de même que la mutation dont le secteur fait l'objet, constituent à la fois une menace et une opportunité pour l'assurance spatiale.

Premièrement, l'assurance spatiale permet la mutualisation de la plupart des risques spatiaux au cœur d'un marché unique, où les pics de risques élevés sont généralement gérés par un système de coassurance et de réassurance pour chaque risque. Aussi, l'état ainsi que la capacité du marché (section 2) fluctueront en fonction d'une multitude de facteurs.

Deuxièmement, chaque acteur jouant un rôle dans un projet spatial a tout intérêt à contracter une police d'assurance en fonction de sa tâche à accomplir. Il existe donc divers intervenants au sein de ce marché assurantiel particulier (section 1).

Enfin, à court et long terme, les assureurs devront apprendre à évaluer les risques de demain et se préparer à absorber de nouvelles façons de faire (section 3).

### **Section 1 : Les principaux opérateurs du marché**

Afin de prospérer dans notre économie contemporaine, un secteur quel qu'il soit nécessite l'existence d'un marché spécifique, de ressources de financement plus ou moins importantes, ainsi que de capacité d'assurance permettant aux investisseurs de protéger leurs investissements en cas d'échec et aux sociétés de diminuer leurs besoins en capital. Aussi, le rôle des assurances est primordial pour le secteur spatial compte tenu des lourds financements dont il est question.

À ce titre, les principaux acteurs concernés par l'aspect assurantiel dans les projets spatiaux s'avèrent être, sans grande surprise, toutes les parties prenantes à ces activités mais chacun selon un régime spécifique à son activité. Il en va donc des constructeurs de lanceur mais également de satellites, des lanceurs, des exploitants de satellites ou autres objets spatiaux. Il existe une réelle distinction entre les acteurs privés et publics

puisque ces derniers n'ont besoin d'aucune garantie assurantielle compte tenu du fait que les États sont leur propre assureur. L'État se portera ainsi garant de la mission, qu'elle soit scientifique ou militaire.

Aujourd'hui, l'on estime à environ une trentaine le nombre de compagnies d'assurance et de réassurance qui dominent le marché de l'assurance spatiale. Les assureurs prennent les risques mais, aussi importants soient-ils, ils ne peuvent pas réaliser à eux seuls la compensation de tous les sinistres relatifs à cette branche d'activité spécifique.

Parmi elles, avec une très forte capacité de financement, les Lloyd's, ainsi que d'autres entreprises privées reconnues pour leurs compétences dans le domaine spatial telles XL Re, Munich Re, AGF/Spaceco, AXA Space, Megaruss, Swiss Re, etc...

Les syndicats Liberty du Lloyd's ont par exemple constitué en 2007 un consortium de services d'assurance « tout-en-un » pour les opérations de satellites. Avant cela, AXA Space fut la première compagnie à se spécialiser dans les technologies spatiales et AGF se mit à assurer des risques spatiaux dès les années 1985, puis a par la suite créé sa filiale reconnue aujourd'hui : Spaceco, représentant environ 10% de l'activité mondiale. Enfin, chez les russes, le leader du marché n'est autre que Megaruss<sup>81</sup>.

Parallèlement, la mise en place d'un programme d'assurance relatif à une mission spatiale nécessite l'intervention d'un courtier ainsi que d'un ou plusieurs co-assureurs et réassureurs preneurs de risques du fait des montants engagés. Ainsi, ce système de coassurance avec une concurrence ouverte sur l'ensemble du marché est pratique courante pour chaque risque.

Classiquement, le courtier est mandaté par le client afin d'inventorier les risques, de prospecter sur le système d'assurance approprié ainsi que de négocier avec les assureurs directement les conditions de la garantie contractée. Il pourra par ailleurs proposer un type de police adéquat et, éventuellement, un taux de prime. Par la suite, il assurera la gestion de la police d'assurance et recouvrira les indemnités auprès des assureurs en cas survenance d'un sinistre.

Une fois la liste des opérateurs dressée, il convient de se pencher sur la capacité financière que le marché de l'assurance spatiale est susceptible de proposer.

---

<sup>81</sup> Source Atlas magazine

## **Section 2 : Capacité financière du marché**

La somme qu'un assureur peut engager à lui seul sur un risque est désignée par la capacité. L'offre globale d'assurance se mesure donc à hauteur de la totalité des sommes que l'ensemble des assureurs opérant sur le marché peuvent engager au titre du sinistre maximum possible (SMP) qui serait susceptible d'affecter les biens en risques.

De plus, le marché de l'assurance spatiale s'avère extrêmement cyclique. Avec des phases successives qualifiées de « *soft* » ou « *hard* »<sup>82</sup>. Ainsi, les taux fluctuent dans le temps en fonction de la capacité du marché par rapport à la demande mais également de l'historique des profits et pertes. Par ailleurs, on peut noter qu'après les années 1998 et 2001, qui ont été fortement négatives à la suite de sinistres sur satellites et lanceurs, le marché a su démontrer des résultats positifs par la suite jusqu'à 2017 qui a connu quelques frémissements suite à divers incidents. Toutefois, les résultats globalement positifs démontrent l'accroissement de la fiabilité de l'industrie spatiale.

De plus, la prime perçue par les assureurs est composée d'une prime basée sur le risque technique encouru par les assureurs ainsi qu'une prime commerciale destinée à couvrir les commissions de souscription encourues par l'activité et à rémunérer le risque.

À titre d'exemple, les taux de prime n'ont cessé de diminuer, à tel point qu'aujourd'hui, deux sinistres importants suffiraient à absorber la prime annuelle des assureurs. En effet, les primes perçues étant assez faibles, l'exposition est d'autant plus élevée. Toutefois, les taux vont certainement augmenter pour Ariane 6, Vega C, SpaceX ainsi que tous les nouveaux acteurs dont les technologies n'ont pas encore été éprouvées.

Pour illustration, la capacité de lancement mondiale était de 1,180 milliards pour l'année 2018 contre 850 millions en 2017. De plus, la capacité maximale disponible sur le marché pour les assurances vie en orbite est d'environ 1 milliard d'euros, toujours en 2018. Cependant, les petits sinistres en orbite s'avèrent de plus en plus récurrents. Pour cela, certains assureurs n'hésitent pas à diminuer leur capacité voire à ne plus du tout proposer cette garantie vie en orbite. À l'inverse, d'autres compagnies se différencient justement en proposant des polices dites « long terme » pour un, deux voire cinq ans. En échange, si un sinistre survient, l'assuré devra tout de même payer la prime pour la durée totale de l'assurance. Cela a tout de même un avantage pour l'assuré, à savoir celui de posséder une couverture pour toute la durée de vie du satellite avec un taux de

---

<sup>82</sup> Mou ou dur / rigide. Aujourd'hui le marché est qualifié de *soft* car il y a beaucoup d'assureurs présents sur le marché et le montant des assurances est bien supérieur à ce qu'on assure.

prime stable et négocié au moment de la conclusion du contrat puisqu'aucune modification ne pourra être faite par la suite.

Enfin, le marché peut également s'avérer sensible aux événements extérieurs notamment environnementaux ou autres catastrophes nécessitant la mise en jeu assurances.

De plus, ce secteur industriel est actuellement sujet à une mutation importante du fait des nouveautés apparaissant et dont le marché doit tenir compte.

### **Section 3 : Un marché spatial en pleine mutation**

Aujourd'hui, la faiblesse des taux de prime exerce une pression sur les marges des assureurs, qui sont par conséquent forcés de faire preuve davantage de sélectivité dans le choix des profils de risque, voire se retirer du marché comme évoqué précédemment (Swiss Re). Ainsi, les lanceurs les plus fiables bénéficient de baisses supplémentaires de prix alors qu'à l'inverse, la réduction des tarifs s'est estompée pour les autres. Par exemple, les lanceurs russes qui connaissent une recrudescence de la sinistralité depuis plusieurs années doivent faire face à des tarifs encore relativement élevés du fait de leur historique de sinistralité.

Toutefois, une plus grande sélectivité dans la souscription rencontre très rapidement des limites dans un marché où la surcapacité règne. De ce fait, une évolution sensible des tendances de la demande est inévitable pour l'ensemble du marché.

À court terme, le marché devra apprendre à évaluer les nouveaux matériels qui font ou feront prochainement leurs premiers pas comme les Falcon 9 et Heavy réutilisés, Ariane 6, Vega C, les lanceurs de Blue Origin, ou des nouvelles lignes de produits pour les satellites incluant la propulsion électrique notamment.

À plus long terme, le marché de l'assurance spatiale devra se préparer à absorber la transformation des *business models* rendue possible par l'entrée sur le marché des nouveaux acteurs dont les efforts se concentrent sur la baisse significative du coût d'accès à l'espace, tel SpaceX, notamment grâce au recours aux lanceurs réutilisables et à l'apparition de nouvelles missions. Également, le tourisme spatial et les vols orbitaux constituent des chantiers d'innovation. En effet, les véhicules en question ne sont ni des lanceurs spatiaux ni vraiment des avions. Or, les règles et les pratiques des assurances spatiales et aériennes sont très différentes. Pour cela, les courtiers et les assureurs se doivent de s'organiser dès à présent pour fournir des réponses aux besoins d'assurance de ces nouvelles applications. De plus, les capitaux considérables investis dans ce genre de projets, d'initiative privée pour la majorité d'entre eux, sont souvent issus

d'entrepreneurs prêts à prendre des risques inédits, basés sur des « innovations de rupture », tout en étant prêts à échouer pour poursuivre leurs rêves et convictions.

Enfin, un autre bouleversement, porté par les opérateurs de l'ère digitale, consiste en la création de méga constellations regroupant des milliers de satellites en orbite basse dont le principal objectif serait d'universaliser l'accès aux réseaux ultra-rapides de données.

Les assureurs doivent donc anticiper ces évolutions pour être capables d'évaluer les risques associés et une relation de confiance entre les assureurs et les industriels du spatial est et restera la « *pierre angulaire de l'innovation* »<sup>83</sup>.

---

<sup>83</sup> Bruno Bajard, Head of specialties chez Marsh.

## **PARTIE III : PERSPECTIVE DE NOUVEAUX RISQUES ET DÉFIS FUTURS POUR LES ASSUREURS SPATIAUX**

L'assurance spatiale existe en tant que secteur autonome depuis les années 1980. Ce marché a accompagné depuis bon nombre d'innovations technologiques, aussi bien concernant les lanceurs que pour les satellites. C'est un marché qui sait analyser et traiter les risques spatiaux, dès lors que les enjeux techniques sont maîtrisés et correctement présentés.

Cependant, la forte concurrence dans le domaine spatial entraîne, comme vu précédemment, une nécessaire évolution dans la souscription des risques spatiaux. De même, l'augmentation de la durée de période de police, allant parfois jusqu'à durer toute la vie du satellite, obligent de ce fait les assureurs à se positionner beaucoup plus en amont du développement des projets et donc à avoir une analyse technique par moment moins précise.

Toutefois, l'industrie spatiale est au cœur d'une période très intéressante de changement en matière de technologie et d'application. La croissance de la demande de connectivité sur tout support et en tout lieu, y compris dans les avions et bateaux, l'Internet des objets et autres applications planétaires, entraînent de nouveaux besoins spatiaux. De nouveaux projets de lanceurs voient également le jour, ouvrant de nouvelles perspectives d'accès à l'espace. De plus, de nouvelles technologies satellitaires prédominent avec le récent développement de constellations de satellites et dont les méthodes d'industrialisation utilisent les nouvelles possibilités de la digitalisation et de l'industrie aéronautique (« l'usine 4.0 »).

Ainsi, dans ce monde changeant, au-delà des défis de fiabilité technique qui demeurent, des risques d'une nature nouvelle vont apparaître. Autant de nouveaux risques à envisager que de nouvelles polices d'assurances à adapter voire élaborer.

Il s'agit donc pour ce marché assurantiel, très innovant il y a quinze ans mais dont les couvertures ont peu évolué depuis, de prendre en considération les évolutions majeures que nous vivons actuellement : le tourisme spatial (chapitre 1), la montée en puissance des véhicules et lanceurs réutilisables (chapitre 2), de même que les enjeux des méga constellations (chapitre 3) ainsi que l'apparition des concepts de service en orbite (chapitre 4). Mais aussi le changement de nature des risques, avec le risque environnemental dû à la présence de débris (chapitre 5) et le risque de cyber-attaque

(chapitre 6). Enfin, dans un futur bien plus lointain, la possibilité d'exploiter des corps célestes (chapitre 7) ainsi que le projet d'un jour s'aventurer voire coloniser d'autres planètes, à commencer par Mars (chapitre 8).

Il est donc important de saisir ces opportunités nouvelles de création de valeur tout en continuant plus que jamais à soutenir le développement du secteur spatial. Dans cet écosystème complexe, l'assurance spatiale reste un partenaire indispensable, au rôle clé, et dont sa modernisation permettra de soutenir les défis de notre monde de demain.

Dans cette partie, nous allons évoquer à la fois des perspectives quasi-certaines et d'autres, plus hypothétiques, quant aux futures activités spatiales. Nul doute que le marché de l'assurance saura à la fois s'adapter et accompagner la révolution industrielle qui s'annonce pour l'industrie spatiale.

## CHAPITRE 1 : LE TOURISME SPATIAL

Récemment, la société Virgin Galactic, fondée en 2004, a réussi pour la première fois à emmener des hommes dans l'espace après des essais laborieux. Également, Blue Origin, créée en 2000, a aussi montré les récentes capacités de son vaisseau à atteindre les frontières spatiales de manière contrôlée.

Ces deux entreprises souhaitent commercialiser leurs vols très prochainement une fois la technologie éprouvée et moins risquée puisqu'il s'agit de placer dans ce type de vol des participants ayant déboursé des centaines de milliers de dollars.

Premièrement, l'appellation de « tourisme spatial » peut de décrire dans la réalité des activités très diverses. En ce sens, quelques minutes en apesanteur, de même que plusieurs jours dans une station spatiale sont qualifiables de tourisme spatial.

Historiquement, c'est la NASA qui a mis au point le premier programme de « tourisme spatial » sous la forme de « *teacher in space* » à l'époque. Il s'agissait, en l'espèce, d'envoyer dans l'espace, une personne n'étant pas du domaine spatial afin de donner une image plus accessible à tous de l'espace. Malheureusement, ce programme s'est rapidement heurté à la dure réalité puisque la navette Challenger a explosé en vol peu de temps après son décollage provoquant ainsi la mort de six personnes, dont l'enseignante que l'on pourra qualifier de « touriste ».

Bien plus tard, en 1990, un journaliste japonais eut l'occasion de passer une semaine sur la station spatiale russe MIR. Cependant, les participants à ce programme n'ont pas payé pour ce voyage, pour lequel aucun contrat de transport n'a été rédigé : on ne peut donc parler de tourisme spatial à proprement parler.

Entre 2001 et 2009, l'entreprise Space Adventures a permis à sept clients fortunés de s'offrir quelques jours en orbite. Le premier, en 2001, a réalisé le voyage pour la somme de vingt millions de dollars. Il est donc parfaitement impossible de démocratiser ce genre de voyage. D'autant que l'entreprise de voyage n'avait pas développé sa propre infrastructure mais s'était contentée d'acheter des places sur des vols de Soyouz.

De ce fait, le nombre très limité de places pour aller dans l'espace affiche un coût prohibitif et peu d'hommes peuvent se vanter d'être allés dans l'espace. Par ailleurs, on peut se questionner sur la pertinence d'un tel tourisme qui vient perturber de réelles missions spatiales à but scientifique.

Parallèlement, les premières entreprises du *New Space* ont commencé à émerger. Elles ont cherché à trouver un intérêt économique à l'exploitation de l'espace et se sont ainsi tournées vers le tourisme. Toutefois, elles ont eu recours à un *business plan* bien différent de Space Adventures en désirant créer un tourisme de masse dans le but de faire baisser, autant que faire se peut, le prix du billet, augmenter la sécurité et aussi développer leurs propres infrastructures. Ces entreprises ont été désireuses de maîtriser l'intégralité des tâches relatives à ces missions afin de ne pas avoir recours à des sous-traitants, pour augmenter le bénéfice. Le vol suborbital paraît ainsi en être la meilleure réponse à cette stratégie. Les vaisseaux à développer sont alors moins chers mais, surtout, les véhicules se doivent d'être réutilisables pour toujours plus de compétitivité. Cependant, au vu de la complexité de cette mission, les deux entreprises positionnées sur ce marché, à savoir Virgin Galactic et Blue Origin, ont déjà pris plus de dix ans de retard sur leur premier lancement estimé. De plus, les premiers contrats commerciaux n'ont pas encore été honorés mais uniquement conclus.

De plus, leurs solutions techniques sont bien différentes Virgin Galactic s'appuie sur un « avion fusée », puis le « planeur » une fois arrivé à quinze kilomètres d'altitude se détache de l'avion porteur et allume son moteur afin de monter en orbite suborbitale et être en apesanteur puis il revient se poser en planant. Le vol durerait en tout 2h (dont quelques dizaines de secondes d'apesanteur) et Virgin Galactic vend cette prestation 250.000 dollars. Toutefois, de nombreux clients ont déjà réglé leurs tickets et attendent de pouvoir effectuer ce vol. A ce jour, deux essais ont déjà été réalisés et ont prouvé que cela fonctionnait.

À l'inverse, Blue Origin s'appuie sur une fusée appelée *New Shepard* ainsi qu'une capsule. La capsule est libérée pour quelques minutes en apesanteur avant de redescendre aidée de parachutes. Toutefois, aucune personne n'a encore essayé cette méthode et aucun tarif n'est connu à l'heure actuelle. Blue Origin parle également d'une fusée géante appelée New Glenn, afin de concurrencer le vaisseau Starship de SpaceX mais cela n'en est encore qu'au stade de projet.

Cependant, une chose est certaine, il s'agit de la question de la sûreté qui va décider de l'échec ou de la réussite de ces entreprises. Blue Origin par exemple a déjà communiqué sur des possibilités d'évasion de sa capsule durant n'importe quelle phase du vol en cas de survenance d'un incident.

Enfin, dans le même registre, d'autres voient encore plus loin comme notamment SpaceX. Ce dernier, avec son vaisseau Starship compte s'appuyer sur le tourisme spatial pour aider à financer des projets encore plus importants. à moindre échelle, le vaisseau

habitable Crew Dragon, développé dans le cadre d'un contrat avec la NASA a effectué son premier vol avec succès le 2 mars 2019.

En parallèle, Space Adventures tente de se maintenir dans la course et travaillerait sur un projet similaire nommé DNE Alpha. Cela consisterait à utiliser des lanceurs russes à des fins touristiques. Cependant, la date de la première mission ne cesse d'être repoussée bien qu'un des deux sièges disponibles ait déjà été vendus 150 millions de dollars. Enfin, dans un avenir plus proche, la compagnie mise également sur un vaisseau de Boeing CST-100, Starliner, dont les essais se dérouleront dans *a priori* quelques mois, le programme ayant aussi connu quelques retards.

En conclusion, le tourisme spatial semble réservé encore pour longtemps à une élite économique bien que des entreprises tendent à proposer des modèles plus « low-cost ». Si l'on peut toutefois imaginer que les prix iront à la baisse avec le temps mais, il est important de souligner qu'un tourisme spatial de masse aurait un impact environnemental non négligeable qu'il convient d'encadrer et réglementer.

Toutefois, le budget du tourisme spatial ne dépendant ni des agences spatiales, ni des politiques changeantes des divers gouvernements, les entreprises du *New Space* ont donc la possibilité de construire quelque chose de réellement indépendant. Cette activité économique permettrait de réaliser une véritable industrialisation mais également susciter un plus grand intérêt public pour le spatial.

Aussi, nul doute que les assurances vont devoir se saisir de ces questions très prochainement afin de proposer des polices d'assurances adéquates et adaptées à cette activité spécifique notamment du fait de la présence humaine. À titre d'exemple, aux États-Unis, ce type d'activité est directement rattaché aux opérations de lancement, sous l'autorité de la FAA. Il existe également un amendement au *Commercial Space Launch Act*<sup>84</sup>. À l'inverse, en Europe donc en France, les vols habités sont exclus de la réglementation en matière spatiale. Toutefois, un groupe d'experts a proposé que le vol suborbital soit rattaché au statut d'un aéronef selon la Convention de Chicago de 1944 et se voit donc appliquer les règles du droit aérien. Il est évident qu'une harmonisation internationale de la qualification serait souhaitable.

---

<sup>84</sup> Loi fédérale américaine de 1984 visant à faciliter la tâche de l'entreprise privée de commercialisation de l'espace et de la technologie spatiale

Par ailleurs, si d'un point de vue légal, le droit applicable semble être pour certains le droit aérien, tandis que pour d'autres ce serait le droit spatial, des polices d'assurances de droit aérien ne seraient en l'espèce pas suffisantes.

Dans le cadre de cette prestation, on ne parle d'ailleurs pas de « passagers » mais de « participants à un vol spatial ». Cela permet de faire peser sur l'individu une responsabilité particulière. L'écrit est ainsi obligatoire pour mesurer l'ampleur des risques et attester du consentement éclairé du participant.

Comme vu précédemment, le tourisme spatial se découpe donc en deux catégories : les vols suborbitaux et les vols orbitaux.

Avant toute chose, il s'agit de constater la présence d'un contrat de transport spatial, sans quoi les garanties assurantielles ne pourraient être envisagées. Ainsi, dans les contrats de vol spatial, il existe deux notions. La première étant le lancement spatial, qui consiste en une opération de lancement classique comme elles le sont pratiquées habituellement lorsqu'un lanceur place en orbite un satellite par exemple. Ce contrat à proprement parlé ne relève pas d'un réel transport, il s'agit plutôt d'une fourniture de service à savoir de placer en orbite l'objet.

Le second, appelé transport spatial, à l'inverse, est un contrat *sui generis*. Dans ce cas-là, le contrat doit réunir trois conditions afin de qualifier la notion de transport. Il doit y avoir réalisation d'un déplacement qui est d'ailleurs l'objet principal du contrat. La maîtrise du déplacement doit, de plus, être opérée par un transporteur professionnel qui dirige les manœuvres, le qualifiant ainsi comme étant maître du déplacement. Enfin, il faut être en présence d'un contrat synallagmatique à titre onéreux c'est-à-dire que les parties s'obligent réciproquement l'une envers l'autre.

Après quoi, le contrat de transport spatial pourra alors être qualifié et des garanties assurantielles pourront se voir proposées. Il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'un contrat spécifique au domaine spatial du fait des risques inhérents à ce mode de transport et à ce milieu. Pour cela, des clauses peuvent être insérées dans le contrat afin de limiter la responsabilité de l'opérateur ou de toute autre partie prenante. Il faut cependant découper cela en trois temps : avant le vol (I), au cours du vol (II) et, enfin, après le vol (III).

### I - Avant le vol

Avant ce type d'activité, il est impératif de suivre une formation physique et une préparation adéquate pour se préparer au mieux au milieu spatial. Aussi, lors de la survenance d'un dommage causé au passager au cours de la phase de préparation au vol,

il en ira de la responsabilité de l'opérateur. En effet, c'est ce dernier qui est responsable de son client du fait que ce dernier s'est déchargé de sa responsabilité pour la faire peser sur l'opérateur, au moins durant la préparation.

De même, dans le cadre d'une annulation ou d'un retard de vol. Cette dernière problématique s'apparente d'ailleurs à celle déjà existante concernant les retards ou annulation de vol d'avion. L'on peut ainsi songer à des polices d'assurances du même genre mais adaptées nécessairement à un vol spatial. Cela signifie qu'en cas de retard ou d'annulation, l'indemnisation devra être calculée en fonction du prix du billet, qui pour l'instant est *a minima* de 250.000 dollars. Également, dans l'hypothèse d'une annulation, un éventuel report ne pourra se faire dans les mêmes circonstances que pour un aéronef puisque les conditions atmosphériques mais aussi extra-atmosphériques doivent être prises en compte. Il est bien connu qu'il y a bien moins de fenêtres de tirs pour lancer une fusée que de possibilités de faire décoller un aéronef.

## II - Au cours du vol

Au cours du vol, les vaisseaux spatiaux sont confrontés à des phénomènes naturels contraignants et dangereux tels les effets électrostatiques, les éruptions solaires, les pluies de météorites ou encore des interférences électromagnétiques...

Pour cela, le plus judicieux pour les opérateurs est encore, dans un premier temps, d'insérer des clauses de renonciation à recours dans les contrats de transport spatial puisque ce dernier est synonyme d'un vol réalisé « à ses propres risques et périls ». Aux États-Unis, des États ont d'ailleurs déjà adoptés des textes disposant la renonciation à recours entre le participant et le gouvernement américain, l'opérateur ou encore un autre participant au vol. Ces clauses de renonciation à recours sont par ailleurs, comme vu précédemment dans ce mémoire, couramment pratiquées durant les diverses opérations spatiales, notamment par exemple les recours entre les divers sous-traitants ayant contribué à la fabrication d'un même lanceur.

Certains notent une nécessité d'aller vers un régime de responsabilité nuancé et équilibré afin de ne pas freiner voire étouffer cette nouvelle activité.

D'autres encore ont un avis plus tranché, selon Denis Bousquet<sup>85</sup>, par exemple « *Il y a de grosses discussions qui commencent à s'amorcer autour du tourisme spatial pour savoir comment assurer cette pratique. On se tournerait plus vers des polices d'assurance aviation comme en cas de crash aérien, mais le débat est encore ouvert* ».

---

<sup>85</sup> Space Underwriter chez AXA Corporate Solutions

À l'inverse, certains optent pour l'absence d'assurance. « *Sur les vols habités, le risque lié aux vols dits « touristiques » sub-atmosphériques reste trop élevé pour le moment en raison de la jeunesse de cette activité* », affirme Ludovic Arnoux<sup>86</sup>, « *Les assureurs n'ont pas assez de recul pour évaluer le risque et le couvrir* ». En effet, les vols habités en direction de la station spatiale internationale ne sont pas assurés ; il ne s'agit que d'une garantie du gouvernement américain concernant les vols de la NASA à bord des navettes. Mais il est légitime de se demander s'il est possible de comparer un astronaute professionnel aguerri à un touriste qui souhaite simplement réaliser son rêve que de voler dans l'espace. Aussi, même en présence de l'expression d'un consentement éclairé lors de la contraction du contrat, une police d'assurance vol spatial « touristique » serait certainement appréciable en fonction de l'ampleur et de la démocratisation hypothétique de ces prestations.

### III - Après le vol

Durant cette phase, se pose la question de la responsabilité de l'opérateur au retour sur Terre du participant au vol spatial. En effet, il se peut que pendant le vol, ce dernier ne fasse preuve d'aucun signe de faiblesse mais qu'à son retour, voire même quelques jours plus tard, ce dernier soit pris de maux divers et variés.

Bien sûr, cette question doit également être appréciée différemment selon les caractéristiques propres au vol et au contrat de transport spatial. Ainsi, un séjour de plusieurs jours dans l'espace ne peut faire l'objet du même suivi qu'un vol suborbital de quelques minutes voire heures.

Pour conclure, l'activité des voyages touristiques dans l'espace est encore trop jeune et le risque trop grand pour que les assureurs s'y aventurent. D'ailleurs, la présence humaine dans les navettes est globalement un facteur de risque trop important. Même les missions « ordinaires » habitées ne sont pas assurées. Il n'existe qu'une garantie du gouvernement américain pour les vols de la NASA par exemple.

À l'image des missions spatiales, l'activité d'assurance dans ce domaine est spéciale, sur mesure et extraordinaire. Le collectif est de rigueur mais toutes les compagnies d'assurance ne sont pas armées pour intervenir. Il semble que seules les compagnies déjà matures sur les sujets de l'industrie et en capacité de dédier une entité de leur organisation à ce secteur sont suffisamment légitimes pour s'engager. C'est une grande opportunité pour elles que de trouver le moyen de proposer des solutions d'assurance

---

<sup>86</sup> Courtier chez Verspieren, directeur de clientèle spatial et aéronautique

qui couvriraient non seulement les travaux mais aussi la protection des personnes à bord des navettes.

Aussi, il semblerait que la problématique des assurances soit loin d'être réglée. Compte tenu de l'évolution de la pratique, il paraît impensable de soutenir la thèse de l'absence d'assurance. Ainsi, dans un premier temps, pour les vols commerciaux suborbitaux, l'inspiration des polices d'assurances "aviation" semble être le plus adapté. Néanmoins, il faudra adapter ces dernières spécifiquement aux risques spatiaux.

## CHAPITRE 2 : MONTÉE EN PUISSANCE DES VÉHICULES ET LANCEURS RÉUTILISABLES

Le 11 avril 2019, SpaceX entre dans l'histoire en réussissant pour la première fois une triple récupération des boosters de son lanceur Falcon Heavy. Lors de ce premier vol commercial pour le lanceur lourd Falcon Heavy, l'entreprise devait placer en orbite le satellite Arabsat-6A mais, les attentes étaient fortes concernant le retour des propulseurs en deux temps ; les récupérations des deux boosters latéraux huit minutes après le lancement puis, dans un second temps, deux minutes plus tard, la récupération de la partie centrale<sup>87</sup>, celle-ci se séparant un peu plus tard de la fusée.

Depuis fin 2015, date du premier essai réussi de récupération, SpaceX récupère désormais et réutilise ses premiers étages de lanceurs pour plus d'un tir sur deux. Selon l'entreprise, la version Block 5 du Falcon 9, pourrait même être réutilisable jusqu'à dix fois avec une remise en état en 24 heures.

Face aux réussites du géant américain, de nombreux acteurs espèrent suivre la même voie avec des lanceurs réutilisables en cours de développement pour certains ou encore au stade de projet pour d'autres.

À ce titre, le XS-1 est un projet de lanceur léger réutilisable que la DARPA, l'Agence de recherche du département de la Défense des États-Unis, a initié en 2013 mais qui n'a pas encore abouti.

En parallèle, Jeff Bezos, fondateur d'Amazon, a créé en 2002 son entreprise spatiale du nom de Blue Origin. Cette dernière développe également des lanceurs lourds réutilisables tels le New Glenn et le New Shepard.

Également, le projet Vulcan, initié en 2015 par United Launch Alliance<sup>88</sup> dans l'optique de remplacer les fusées Atlas V et Delta 4. L'objectif étant, comme pour toutes les entreprises de lancement, d'abaisser le coût en récupérant notamment les moteurs du premier étage compte tenu de leur coût.

De son côté, l'Europe et notamment Arianespace tente de contre-attaquer avec Ariane 6 premièrement mais surtout avec les projets Ariane Next et Ariane Ultimate qui se

---

<sup>87</sup> Source Numerama

<sup>88</sup> Source ULA

serviront des designs, de la technologie ainsi que de la fiabilité des lanceurs Ariane 5 et 6. À ce propos, Alain Charneau, ancien Président-Directeur général d'ArianeGroup, a présenté une *roadmap*<sup>89</sup> qui énonce dès 2025 une évolution progressive d'Ariane 6 avec l'introduction d'un étage supérieur Icarus<sup>90</sup>. Cet étage devrait être composé d'une structure composite et les accélérateurs latéraux à ergols liquides seront propulsés par le moteur Prometheus. Par la suite, à l'horizon 2030, une Ariane Next prendrait le relais en incorporant des éléments réutilisables pour s'inscrire dans la lignée des projets américains.

Enfin, Ariane Ultimate, prendrait la suite dans un futur plus lointain, notamment en se basant sur le démonstrateur Themis sur lequel travaille le CNES, associé au DLR Allemand<sup>91</sup>. Ariane Ultimate intégrera des concepts avancés en matière de propulsion et notamment d'ergols, en parallèle des éléments qui auront été éprouvés préalablement sur Ariane Next.

Par ailleurs, le démonstrateur Callisto, développé conjointement avec le CNES, le DLR allemand et la JAXA japonaise<sup>92</sup>, a pour objet d'être testé d'ici 2020 à partir du centre spatial guyanais. Au cours de son vol de test, il devra atteindre 35km d'altitude, faire les manœuvres nécessaires à son retour sur Terre et se reposer à proximité de son pas de tir. Ce lanceur devra ensuite être réutilisé cinq fois afin de voir comment il se comporte face aux vols successifs.

Ainsi, toutes ces prouesses techniques ouvrent donc à la réflexion concernant les couvertures d'assurance de dommages de tels lanceurs.

Aujourd'hui, ces polices n'existent pas, seuls les lanceurs « classiques » sont susceptibles d'être assurés pour les dommages dont ils pourraient faire les frais. Or, sur des étages de fusée réutilisables, nul doute qu'une assurance est préconisée puisque ces matériels ont pour but d'être réutilisés et ainsi, il faut pouvoir quantifier le risque pour les lanceurs postérieurs à une première utilisation. Le lanceur ayant déjà servi, il convient de voir comment une garantie peut être mise en œuvre puisque, plus l'étage ou les boosters auront été utilisés, et plus risqué sera le lancement. Il faudrait ainsi

---

<sup>89</sup> Feuille de route

<sup>90</sup> Source Air & Cosmos : *Innovative Carbon Ariane Upper Stage (ICARUS)*

<sup>91</sup> *Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt* : Centre allemand pour l'aéronautique et l'aérospatiale

<sup>92</sup> *Japan Aerospace Exploration Agency* : Agence d'exploration aérospatiale japonaise

également ajuster les primes en fonction de l'ancienneté de chacune des pièces réutilisables du lanceur.

Pour finir, l'autre enjeu non sans importance des lanceurs réutilisables, au-delà de l'aspect coût, bien que SpaceX ne publiant pas ses résultats, la rentabilité réelle du Falcon 9 reste ainsi obscure, réside dans l'impact environnemental. Le CNES a mené une étude sur le sujet en 2013 qui révèle que la phase de lancement ne s'avère pas la plus polluante. En revanche, les activités en amont telles la fabrication, le carburant, de même que le transport jusqu'à la base spatiale ont un impact environnemental plus important. Ainsi, la possibilité de récupérer des étages de fusée entraînerait *de facto* une diminution de la pollution liée à leur fabrication mais aussi marine. En effet, tous ces éléments ne finiront plus au fond des océans comme c'est le cas aujourd'hui.

## CHAPITRE 3 : LES SERVICES EN ORBITE

Comme vu précédemment, l'aversion au risque de l'industrie spatiale est notamment liée à l'impossibilité actuelle d'aller réparer un satellite dans l'espace. Aussi, la possibilité d'aller changer un équipement défectueux pourrait influencer la manière dont les satellites sont conçus, fabriqués puis testés avant d'être lancés. De ce fait, le service en orbite appelé « *in-orbit servicing* » voire l'assemblage dans l'espace pourraient bientôt devenir une réalité.

Le service en orbite pourrait permettre d'augmenter la durée de vie des satellites en opérant des prestations en orbite tel l'apport d'ergol pour les manœuvres ou des petites réparations satellitaires. En effet, les satellites arrivent souvent en fin de vie faute de carburant permettant de les maintenir à poste. Un service consisterait alors à « *aller les ravitailler, avec du carburant terrestre, voire lunaire à plus long terme, puisque notre satellite naturel abrite de l'hydrogène et de l'oxygène, sous forme d'eau, qu'il serait moins coûteux d'acheminer depuis une base lunaire que d'arracher à la pesante gravité terrestre* »<sup>93</sup>.

Ainsi, de nombreux projets sont en préparation, la plupart menés par des start-up. Des missions expérimentales ont de ce fait déjà été conduites et l'Europe figure parmi les précurseurs avec la mission RemoveDEBRIS. Cette dernière vise à tester des technologies relatives à la capture ainsi que la désorbitation. A contrario, la mission « e.Deorbit »<sup>94</sup> de l'Agence spatiale européenne n'a pour le moment pas encore abouti.

En parallèle, des acteurs non européens se sont également saisis de cette opportunité telle la start-up japonaise Astroscale qui souhaite se concentrer sur la gestion des débris spatiaux et autres satellites inactifs.

Enfin, la NASA n'est pas en reste, puisqu'elle finance depuis plusieurs années déjà des projets aussi divers que variés. Par exemple, un projet partagé avec l'américain Maxar a pour ambition de lancer en 2022 une mission test afin de ravitailler en ergols le satellite d'observation Landsat-7 situé en orbite basse<sup>95</sup>.

---

<sup>93</sup> Proposition d'une équipe du SAC-Lab (Space Advanced Concepts Laboratory) de l'école d'ingénieurs ISAE-SUPAERO qui consiste à construire un garage en orbite, afin de réparer, recycler et remplacer les déchets.

<sup>94</sup> Source ESA

<sup>95</sup> Source Maxar

De leur côté, Northrop Grumman et Intelsat développent diverses missions ayant pour objet d'allonger la durée de vie de satellites géostationnaires dont la première mission nommée MEV-1 devrait être lancée courant 2019, suivi de près en 2020 par MEV-2. Par ailleurs, l'un des responsables de l'agence spatiale, Jim Reuter a rappelé que « *La fabrication et l'assemblage robotisés dans l'espace sont des atouts indéniables et des capacités fondamentales pour l'exploration future de l'espace* ». La NASA explique ainsi que ces technologies pourraient permettre de profiter d'avantages liés aux limitations imposées par les lanceurs, dont la charge utile est contrainte par des critères de taille et de poids.

De plus, la perspective de pouvoir réparer des satellites devrait inciter au développement de conceptions dissociables et, de ce fait, modifier le rapport au risque technologique de l'industrie spatiale.

Ces projets posent ainsi de nouveaux défis pour l'assurance spatiale.

Premièrement, en raison du risque élevé de dommage direct lors du contact entre la plateforme de service et le satellite, lorsque celui-ci a été conçu dans l'optique de pouvoir faire l'objet d'un tel service. Dans ce cadre-là, une garantie classique d'assurance de dommages suffit. Cette dernière devra toutefois être adaptée à la technologie du satellite. Il en va de même si le satellite une fois en orbite, lors de la phase de test, s'avère ne pas être en capacité optimale pour la mission qui lui est confiée. L'opérateur pourrait se voir allouer un remboursement à hauteur du pourcentage de défaillance du satellite, à condition que ce pourcentage puisse être déterminé ou que les frais engendrés par la non-exécution de la mission soient quantifiables.

Également, les conséquences indirectes du fait du contact, notamment avec le risque de débris pour d'autres satellites. Il s'agit donc ici d'un risque de dommages aux tiers. En effet, un éventuel débris ou la perte d'un outillage destiné à la réparation peut avoir un impact sur le service du satellite traité ou bien des satellites voisins. Malgré tout, la difficulté sera dans le fait d'établir la responsabilité de l'opérateur. En effet, si le dommage est causé directement au satellite qui est l'objet du service, le lien de causalité sera démontrable. Toutefois, si le dommage n'est causé que bien plus tard, il ne sera pas évident de pouvoir identifier le responsable. Les polices d'assurances responsabilité civile ont vocation à couvrir les conséquences financières des mises en cause de responsabilité en cas de dommages matériels, corporels ou immatériels consécutifs. Ces risques pourront ainsi être intégrés à ce type de garanties à conditions que les assureurs acceptent de les proposer et à un coût acceptable.

Enfin, au niveau du volume d'affaires, les effets pour les assureurs restent à définir. Si *l'in-orbit servicing* se développe, cela impliquera des lancements supplémentaires à assurer, mais, d'un autre côté, les satellites dont la vie sera étendue ou qui seront réparés ne seront pas remplacés, ce qui entraînera *de facto* moins de lancements. Ainsi, seule la pratique pourra nous dire de quoi sera fait l'avenir.

La collaboration étroite avec le marché de l'assurance spatiale est ainsi absolument indispensable au succès de ces projets.

## CHAPITRE 4 : L'ENJEU DES MEGA CONSTELLATIONS DE SATELLITES

Au cours des derniers mois, une fusée Soyouz et une Falcon 9 ont mis sur orbite les premiers satellites de deux immenses constellations. OneWeb et Starlink font la course pour mettre en place des services d'internet par satellites. Ils seront par ailleurs bientôt rejoints par Amazon et son projet Kuiper et certainement d'autres encore. Prises ensemble, ces constellations pourraient regrouper jusqu'à 18000 satellites, soit plus de dix fois le nombre actuel de satellites en activité.

L'internet par satellite existe déjà depuis des années. Mais jusqu'à présent, les satellites qui octroient quelques bandes passantes au réseau internet n'étaient pas nombreux et peu efficaces. Aussi, ces méga constellations ont été pensées avec l'internet comme usage primaire ce qui révolutionne le *business model* actuel. Ces constellations font ainsi le choix de s'appuyer sur un grand nombre de petits satellites positionnés en orbite basse. La stratégie du nombre permet d'offrir un débit élevé à n'importe quel moment et n'importe quel endroit du globe. Cela permettrait de pallier les fortes inégalités dans l'accès des populations à internet. Trois milliards de personnes n'ont aujourd'hui pas encore accès au réseau internet. De plus, certains pays ne peuvent en effet se permettre les investissements requis afin de mettre en place les infrastructures adéquates. De fortes interrogations subsistent cependant sur la solidité des *business models*, les populations cibles, dans des pays en voie de développement principalement, n'ayant pas un pouvoir d'achat élevé et les populations des pays développés étant déjà fortement connectées par des réseaux terrestres offrant un meilleur débit et moins de latence<sup>96</sup>.

SpaceX pousse le concept le plus loin en demandant l'autorisation de mettre en orbite 12000 satellites pour sa constellation Starlink. La *Federal Communications Commission*<sup>97</sup> a accepté d'attribuer une licence d'exploitation à SpaceX pour sa méga constellation mais ne lui donne que six ans pour en déployer au moins la moitié, soit dans un premier temps environ 4425 satellites<sup>98</sup>. Le 24 mai 2019, un tir de Falcon 9 a par ailleurs mis en orbite soixante de ces satellites<sup>99</sup>. Le service pourrait ainsi

---

<sup>96</sup> La latence étant due au temps mis par le signal pour atteindre les satellites et revenir

<sup>97</sup> Commission fédérale des communications

<sup>98</sup> Source Aerospatium

<sup>99</sup> Source Spaceflight now

commencer à être commercialisé après seulement six autres lancements. De plus, les satellites seraient tous équipés d'un système d'évitement automatique des débris.

SpaceX estime que la mise en place de sa constellation coûtera environ dix milliards de dollars, quant à One Web elle a déjà levé trois milliards auprès de grandes entreprises de télécommunications mais trois milliards supplémentaires seraient encore nécessaire pour l'aboutissement du projet final.

Toutefois, le bénéfice perçu serait à la hauteur de l'investissement. SpaceX entend d'ailleurs procéder au financement de son projet sur Mars grâce à la vente de son service d'internet mondial.

D'un autre côté, OneWeb prévoit une constellation de six cent satellites dont quarante-huit de secours placé directement en orbite. La constellation pourrait ensuite atteindre le nombre de deux mille. L'entreprise a déjà signé un certain nombre de contrats avec Arianespace pour assurer le déploiement de la constellation<sup>100</sup>.

Quant à Amazon, le groupe a déposé en juillet 2019 une demande à la *Federal Communications Commission* pour plus de 3200 satellites pour sa constellation Kuiper.

Thalès Alenia Space a également annoncé travailler sur une constellation relative à l'observation des objets en orbite afin de surveiller la trajectoire des objets spatiaux. « *Plus il y aura d'activité dans l'espace, plus les questions de trafic seront aiguës. Nous sommes dans la phase de conception détaillée d'une constellation d'une quarantaine de satellites en vue d'un lancement en 2020*<sup>101</sup>. »

Mais il convient de s'interroger sur les conséquences de tels projets compte tenu des défis qu'ils posent tant pour les opérateurs que pour les assurances.

De nombreux spécialistes s'alarment des conséquences d'un nombre aussi élevé d'engins spatiaux et de leur impact sur la pollution spatiale. Ces constellations évoluent en orbite basse, déjà fortement sensible à l'existence de débris, il existe donc un risque de collision d'autant plus important que l'on multiplie le nombre d'objets envoyés dans l'espace. Risque de collision également renforcé par le syndrome de Kessler<sup>102</sup>. Des

---

<sup>100</sup> Source Space News

<sup>101</sup> Source Les Echos : Jean-Loïc Galle, Directeur général adjoint espace chez Thalès

<sup>102</sup> Source Futura science : Le syndrome de Kessler est un scénario dans lequel le volume des débris spatiaux atteint un seuil au-dessus duquel les objets en orbite sont fréquemment heurtés par des débris, et se brisant, augmentent du même coup et de façon exponentielle le nombre des débris et la probabilité des impacts.

pratiques internationales ont donc été mis en place, incitant les opérateurs des satellites en fin de vie à les désorbiter en moins de vingt-cinq ans<sup>103</sup> afin de permettre la continuité du service. Le risque collision est d'ailleurs possiblement couvert par une garantie assurantielle, bien qu'aucun sinistre significatif à ce jour n'a entraîné un recours à cette dernière, ni n'a fait l'objet d'une indemnisation. On peut légitimement se poser la question de la réaction du marché de l'assurance si cette situation se dégradait. De plus, que se passerait-il si une panne survenait sur le satellite empêchant ainsi sa désorbitation ? Starlink a d'ores et déjà perdu trois des soixante satellites qu'il a mis en orbite. De nombreux objets spatiaux errent mais si le nombre de satellites doit atteindre les 18000, ce type de problème prend une toute autre ampleur.

Aussi, d'un point de vue garantie, faut-il assurer l'intégralité de ces constellations ou au contraire assurer chaque satellite individuellement ? Bien entendu, cela dépendra des caractéristiques propres de chacune des constellations. Mais pour un gain financier, et les entreprises l'ont déjà bien compris, construire davantage de satellites permet de pallier la défaillance de certains d'entre eux et il suffira simplement de les remplacer. En effet, les satellites de la constellation étant tous similaires, plutôt que de souscrire des couvertures d'assurance, il est préférable de simplement les remplacer en cas de pannes ou défaillances. Le nombre de ces satellites supplémentaires est optimisé pour permettre une mise en place du service le plus rapidement possible tout en minimisant les surcoûts correspondants. Cependant une fois la constellation effective, il ne s'agira plus de remplacer quelques satellites, mais c'est d'un renouvellement complet de la constellation dont il sera question.

Les constellations Starlink et One Web pourraient être (partiellement) opérationnelles d'ici un an ou deux, ce qui rend les questions relatives à ces nouveaux projets entièrement d'actualité.

---

<sup>103</sup> Source Sky & Telescope

## CHAPITRE 5 : LE RISQUE LIÉ AUX DÉBRIS SPATIAUX

Voilà un peu plus de soixante ans que l'humanité est capable de satelliser des objets. Ces activités ont par ailleurs permis un nombre de découvertes scientifiques inestimables. Le secteur spatial a connu un rythme de lancement très élevé dans les années 60 et 70, avec de nombreux tirs militaires, suivi d'un léger ralentissement avec la fin de la guerre froide. Toutefois, le nombre de tirs orbitaux est de nouveau en forte hausse ces dernières années. En 2018, plus de 110 fusées sont parties pour l'orbite terrestre et au-delà, soit un niveau d'activité que nous n'avions pas connu depuis presque trente ans.

Cependant, cette forte activité accentue considérablement les problématiques environnementales qui se font de plus en plus pressantes. Des dizaines de milliers de débris artificiels évoluent aujourd'hui autour de la Terre tels des satellites arrivés en fin de vie, des étages de fusée, etc... Même le débris de la plus petite taille qui soit se révèle extrêmement nocif en raison des vitesses relatives en orbite.

Jusqu'à présent, les conséquences sur l'activité spatiale de ces débris ne furent que minimales avec quelques accidents notoires. Par exemple, en 1996, le satellite militaire français Cerise est devenu la première victime d'un débris issu d'un étage de fusée Ariane. Ainsi, une demi-douzaine d'accidents a depuis été reporté dont le plus conséquent a eu lieu en 2009 avec la collision entre Iridium 33 et Kosmos 2251.

Face à cet enjeu, la technologie se mobilise afin d'éviter les collisions. A titre d'exemple, le programme GEOTracker™ a été mis en place par ArianeGroup. Cette surveillance de l'espace a notamment permis le sauvetage du satellite géostationnaire Inmarsat 5-F3. Le CNES a par ailleurs conclu un contrat de service pour le programme GEOTracker™ et, moins de deux semaines après cette conclusion, une collision était évitée entre un satellite européen et un débris en orbite géostationnaire. Les enjeux de la surveillance spatiale vont donc grandissants avec l'augmentation importante du trafic spatial, la multiplication des débris et la militarisation de l'espace.

Également, l'Union européenne a établi à son niveau un cadre de suivi des débris spatiaux : le Space Surveillance and Tracking (EU SST). Les agences spatiales française, allemande, espagnole, italienne et britannique sont les grandes contributrices de ce projet. D'autant qu'elles ont été rejointes début 2019 par la Pologne, le Portugal ainsi que la Roumanie. Au sein de ce consortium, les agences mettent à disposition,

avec l'appui du Centre satellitaire de l'Union européenne<sup>104</sup>, des moyens de surveillance des collisions. Par ailleurs, en juillet 2017, la France a pris la présidence d'EU SST par le biais du CNES, qui contribue aux travaux grâce aux activités du centre d'orbitographie opérationnelle sur les alertes collision. Enfin, le radar français militaire Graves, détectant et classifiant les objets en orbite basse, est un atout majeur de la France.

De même, le Japon projette de lancer vers 2028 un satellite pour la surveillance des débris spatiaux et la protection de ses avoirs en orbite<sup>105</sup>.

Parallèlement à ces projets de surveillance, les experts de l'aéronautique sont très inquiets concernant l'encombrement de l'espace et alertent sur les pronostics d'accès à l'espace dans les années futures. A ce titre, Stéphanie Lizy-Destrez, enseignant-chercheur en Conception des systèmes spatiaux à l'ISAE-SUPAERO, école d'ingénierie aérospatiale, avertit sur ce danger. « *Nos projections à 20 ou 30 ans nous font peur* » clame-t-elle. Aussi, selon elle, l'espace pourrait devenir inaccessible d'ici 2100, voire 2050. En cause, l'augmentation exponentielle du nombre de débris spatiaux composés de satellites hors d'usage, d'étages supérieurs de fusées, de capots voire même de sangles ou fragments issus de l'explosion d'engins spatiaux. Ils seraient environ 170 millions à se balader en orbite terrestre à la vitesse de 8 kilomètres par seconde, soit environ 28 000 km/h. De ce fait, si les agences spatiales ont déjà mis en place des précautions afin de réduire au maximum les débris lors de leurs missions tel le désorbitage automatique au bout de 25 ans de service, la masse de déchets déjà existante menace l'activité spatiale à moyen terme.

On estime d'ailleurs que les débris de plus de 10 cm, assez gros pour détruire un satellite, sont passés de 29 000 en 2017 à 34 000 en 2019. Les objets compris entre 1 et 10 cm, capables d'endommager ou dévier un satellite, ont aussi grimpé de 750 000 à 900 000 en à peine deux ans<sup>106</sup>. Autre sujet inquiétant, les démonstrations de force militaires consistant à détruire un satellite hors d'usage deviennent de plus en plus monnaie courante. Après les États-Unis, la Russie et la Chine, c'est au tour de l'Inde, en mars dernier, de montrer sa capacité à réaliser un tir antisatellite, produisant ainsi des milliers de débris supplémentaires. C'est donc une véritable réaction en chaîne.

---

<sup>104</sup> SatCen, *European Union Satellite Centre*

<sup>105</sup> Nikkei Asian Review

<sup>106</sup> Voir Annexe 2

Ainsi, si ces accidents de collision avec un débris ou un autre véhicule spatial relèvent de l'aléa et sont susceptibles d'être assurés, tel n'est pas le cas des destructions volontaires à savoir les tirs ASAT<sup>107</sup>.

Enfin, « *Un autre danger réside dans l'arrivée dans l'espace des acteurs privés et de leurs projets de méga constellations : des milliers de tout petits satellites à bas coût, pas forcément équipés de moyens d'évitement, vont générer des probabilités de collision beaucoup plus élevés, sans parler de leurs risques de tomber en panne* » explique Stéphanie Lizy-Destrez.

Le plus sûr serait encore de limiter la création de débris spatiaux et d'imposer aux futurs programmes des systèmes de désorbitation des satellites redondants et/ou indépendants du reste de la charge utile. C'est par ailleurs ce que propose la start-up D-Orbit<sup>108</sup>. Elle souligne que les systèmes de propulsion embarqués des satellites ne sont pas optimisés pour les manœuvres de fin de vie, ce qui entraîne *de facto* des opérations longues, complexes et coûteuses. La start-up a alors créé un moteur optimisé pour les manœuvres de démantèlement. Installé sur les satellites avant leur lancement, le moteur permettrait de retirer les satellites de l'orbite rapidement, en toute sécurité et directement en fin de vie ou en cas de panne majeure. Par ailleurs, le moteur est entièrement conforme à la réglementation internationale sur les débris spatiaux, ce qui permet aux exploitants de constellations de maintenir leurs orbites opérationnelles exemptes de satellites non contrôlés et de réduire le risque de collision.

Dans le même sens, le centre spatial de l'université du Surrey en Angleterre, a mis au point un petit satellite chargé de tester différentes méthodes de capture des déchets qui encombre l'orbite terrestre. Nommé RemoveDebris<sup>109</sup>, ce satellite a été lancé dans le courant de l'année 2018 sur une fusée SpaceX avec pour première la Station spatiale internationale avant qu'il ne soit ensuite mis en service depuis l'ISS par les astronautes occupants la station. Le principe est de tenter de modifier l'orbite des débris, grâce à un filet et un harpon, afin de les faire décrocher en direction de l'atmosphère terrestre, où ils seront consumés. La mission de RemoveDebris est donc tout à fait opportune. Si elle s'avère concluante, une armée de petits satellites pourraient être envoyés à leur tour dans l'espace pour constituer le service de ramassage des ordures spatiales.

---

<sup>107</sup> Tir anti satellite.

<sup>108</sup> Source Deorbital Devices

<sup>109</sup> Source Surrey Space Centre

Ainsi, à défaut de réglementations contraignantes, les assureurs pourraient jouer un rôle moteur en modulant les primes de manière à inciter à équiper toute nouvelle charge utile de ce type de système car comme le souligne très justement Stéphanie Lizy-Destrez, « en matière d'écologie, il semble que la gravité n'interfère pas sur les comportements humains : dans l'espace comme sur Terre, nous ne réagissons pas avant d'être au bord du gouffre ».

Par ailleurs, les assureurs ont eu la chance jusqu'à présent de ne déplorer aucun sinistre majeur faisant entrer en jeu un débris spatial, aussi ces derniers ne s'étaient que guère pencher sur la question. Mais force est de constater qu'aujourd'hui, ils se doivent de réévaluer leur exposition et considèrent le risque comme dorénavant émergent. Pour autant aucune évolution liée aux débris spatiaux n'est à noter dans les termes, conditions et exclusions des contrats d'assurance spatiale<sup>110</sup>.

Parallèlement, l'autre interrogation que soulève les débris spatiaux est celle de l'indemnisation en cas d'un dommage du fait d'un débris spatiaux. De même, faut-il compte tenu du danger croissant, prévoir systématiquement des polices d'assurances « long terme » afin de pallier le risque de collision avec un débris au cours de toute la durée de vie du satellite concerné ?

Concernant le risque de collision, cela est pris en compte dans les assurances de dommage. Elles ont pour vocation de protéger les opérateurs de satellites sinistrés selon trois phases que nous avons pu énumérer préalablement dans ce document. Les assurances de dommage aux satellites sont généralement souscrites sur une base de couverture « tous risques sauf ». Elles sont conçues pour couvrir les pertes, dommages, dysfonctionnements et tous défauts pouvant avoir des conséquences sur l'opération du satellite. Elles ont vocation à s'appliquer du lancement jusqu'à une certaine durée de vie en orbite du satellite, au choix du souscripteur. De plus, actuellement, les assurances spatiales de dommage ne prévoient pas d'exclusion spécifique des dommages causés par les débris spatiaux au satellite assuré<sup>111</sup>. Dès lors, le champ d'application de ce type d'assurance s'étendra à la couverture de tout dommage ou pertes accidentelles du satellite assuré du fait de tous débris spatiaux, quelle que soit sa nature, au cours de la phase de lancement ou de vie en orbite.

Par ailleurs, de plus en plus fréquemment, les satellites doivent brûler leur précieux ergols afin d'éviter une collision. C'est notamment le cas du satellite CryoSat 2 de

---

<sup>110</sup> Source Journal spécial des sociétés

<sup>111</sup> Source Journal spécial des sociétés

l'ESA. A ce titre, chaque jour, l'armée américaine émet une vingtaine d'avertissements pour des risques de collision en orbite. Aussi, le recours à une manœuvre non prévue initialement altère directement la durée de vie du satellite et les opérateurs pourraient choisir de contracter une couverture palliant ce risque et prévoyant éventuellement un dédommagement suite à la perte de durée de vie du satellite.

Enfin, les assurances de responsabilité civile sont prévues afin de pallier les conséquences financières de la responsabilité civile du fabricant, du lanceur ou du propriétaire de l'engin spatial considéré comme étant la cause de la collision.

Cependant, aujourd'hui, aucun contentieux en termes de débris spatiaux n'a abouti devant un juge ou un arbitre, pas même l'accident entre Kosmos 2251 et Iridium 33 pourtant conséquent. Aussi, la solution à ce type de difficulté serait moins juridictionnelle ou arbitrale que préventive voire prédictive<sup>112</sup>. Mais le risque d'occurrence de ce type d'accident ne va aller qu'en augmentant.

À ce titre, pour les caractériser, les débris sont considérés comme étant proliférants, durables, incontrôlables, plus ou moins préoccupants selon l'orbite où ils se situent, difficilement récupérables et indénombrables.

Cependant, l'absence de mention du débris spatial dans les traités internationaux relatifs à l'espace et à la responsabilité des opérateurs et/ou de l'État de lancement soulève la question de leur applicabilité. Certains soulèvent la possibilité de s'inspirer du droit maritime en matière de débris spatial afin de le calquer sur le statut de l'épave. Mais pour l'heure, il existe donc une réelle difficulté concernant l'application du régime de responsabilité et donc, incidemment, dans le cas d'un opérateur ayant contracté une police d'assurance responsabilité civile, sur le recours à l'assurance. De même concernant l'étendue de l'indemnité d'un dommage causé par un débris spatial. Dans le cas d'un dommage direct et constatable, il n'y a pas de doute. Toutefois, dans le cas d'un dommage indirect, l'indemnisation est plus discutable car cela entraînerait potentiellement trop de recours aux assurances qui ne peuvent actuellement, compte tenu de leur capacité pour la couverture vie en orbite, garantir l'intégralité des satellites durant toute leur durée de vie.

---

<sup>112</sup> Gestion et partage des risques dans les projets spatiaux, Ed. PEDONE

## CHAPITRE 6 : LE RISQUE CYBER

En novembre 2011, un projet de rapport annuel de la Commission d'examen économique et sécuritaire États-Unis-Chine<sup>113</sup> a indiqué que des hackers chinois avaient eu accès aux satellites américains Landsat-7 et Terra AM-1. Ces satellites sont utilisés afin de surveiller les changements climatiques et cartographient la surface de la Terre pour évaluer l'impact du climat sur notre sphère. Ils auraient été piratés à quatre reprises entre 2007 et 2008. Landsat-7 a subi douze minutes d'interférence en octobre 2007, de même en juillet 2008. De l'autre côté, Terra AM-1 a quant à lui été piraté durant deux minutes fin juin 2008 puis pendant neuf minutes en octobre 2008. Les attaquants auraient eu accès aux satellites américains en piratant une station de contrôle en Norvège<sup>114</sup>.

Ce piratage, à l'époque novateur, est malheureusement aujourd'hui une nouvelle menace bien réelle. Au même titre que la menace pèse sur un avion susceptible d'être piraté en plein vol par des hackers mettant ainsi en danger plusieurs dizaines de passagers à son bord, le hacking d'un satellite pouvant contenir des données parfois très sensibles, est un risque que les opérateurs de satellite mais également les États ne tiennent pas à prendre.

Ainsi, dans une société de plus en plus digitalisée, l'industrie spatiale ne déroge pas à ce nouveau danger. Les attaques peuvent prendre la forme d'un brouillage des liaisons de télécommunications ou des liaisons de commande de l'objet spatial, d'une prise de contrôle du satellite, d'une interception de données de communications transitant par le satellite ou encore d'un vol de capacité de communication afin de l'utiliser à mauvais escient par les pirates. Les menaces sont donc très semblables à ce qui se fait en matière de cyber sécurité pour n'importe quelle technologie sensible.

De plus, les satellites sont avant tout un enjeu de suprématie nationale. Les satellites d'observation sont capables de couvrir l'intégralité de la planète et de ce fait, de rapporter des renseignements stratégiques voire de permettre l'appui de troupes en opération. Parallèlement, les satellites de télécommunications peuvent diffuser des informations dans des pays exerçant un contrôle strict de celles-ci.

---

<sup>113</sup> Report to congress of the U.S.-CHINA *Economic and security review commission*, november 2011

<sup>114</sup> Source Cyberscoop

Les États tentent alors de riposter par la technologie, des techniques de dissuasion voire d'intimidation via des discours politiques à l'encontre des pirates.

Pour exemple, en 2017, un satellite militaire franco-italien du nom de Athena-Fidus a fait l'objet d'une tentative d'espionnage par un satellite russe. En effet, le satellite français a été frôlé « *d'un peu trop trop près* »<sup>115</sup> consistant en une réelle menace. La ministre de la Défense a par ailleurs dénoncé cette tentative de captation de données de communications militaires sécurisées. C'est donc dans cette optique de ne plus laisser nos satellites français que l'État a décidé de mettre en place une véritable stratégie spatiale de défense<sup>116</sup> accompagnée de la création d'un commandement de l'espace en septembre 2019.

Les États-Unis ont par ailleurs déjà annoncé la création d'une nouvelle branche de leurs forces armées consacrée à la défense de l'espace extra-atmosphérique appelée l'« *United States Space Force* ».

D'un autre côté, la Chine expérimente des communications quantiques insensibles aux cyber-attaques permettant l'échange de communications sans risques de piratage. Le satellite chinois Mozi, mis en orbite en août 2016, expérimente cette technologie qui s'avèrerait, jusqu'à présent, effective.

Ainsi, les conséquences de cette digitalisation des menaces sur le marché assurantiel restent à prévoir dans le cas des satellites commerciaux. Les assureurs aéronautiques sont toutefois confrontés au même type de menace, aussi serait-il opportun de voir les polices spécialisées pour le marché cyber afin de s'en inspirer dans le but de l'appliquer à l'industrie spatiale.

Le risque cyber n'est pas explicitement exclu des couvertures d'assurances proposées, l'on pourrait ainsi supposer qu'il serait couvert par défaut. Mais ce point se doit d'être éclairci pour les souscripteurs.

Enfin, une autre révolution dans le secteur spatial consiste en une substitution progressive de la complexité des équipements vers le logiciel<sup>117</sup>. Il s'agit donc d'une mutation du *hardware*<sup>118</sup> vers le *software*<sup>119</sup>. Par conséquent, en raison de la difficulté

---

<sup>115</sup> Propos tenus par la ministre Florence Parly lors d'un déplacement au CNES. « *De tellement près qu'on aurait vraiment pu croire qu'il tentait de capter nos communications* » a-t-elle ajouté.

<sup>116</sup> Source Ministère des Armées, Stratégie spatiale de défense 2019.

<sup>117</sup> Source Revue Risques, L'assurance d'une révolution, Michel de Rosen et Yohann Leroy, Eutelsat.

<sup>118</sup> Matériel

d'accès à l'espace, la complexité des équipements pouvait s'avérer être un frein dans le cadre d'une attaque cyber du fait de l'obligation de s'approcher de l'engin spatial convoité. Or, le fait de ne passer que par des logiciels, aussi pointus soient-ils, permet un piratage plus aisé et ce, depuis n'importe quel coin du globe.

Toutefois, les satellites *software-defined*<sup>120</sup> disposeront d'une meilleure adaptabilité dans le temps afin de répondre au mieux aux besoins des clients. Ainsi, le lancement prévu du satellite Eutelsat Quantum<sup>121</sup> contient une combinaison de technologies qui devrait permettre à ses clients de reconfigurer individuellement la capacité qu'ils louent.

De ce fait, si les satellites sont reprogrammables, alors en cas de changement d'opérateur, il suffira de conserver le satellite mais d'en modifier les paramètres. Aussi, il n'y aurait plus besoin de lancer autant de satellites qu'il n'y a d'opérateurs. Une police d'assurance vie en orbite peut ainsi potentiellement être écartée car si l'on parvient à faire des satellites relativement identiques, comme c'est le cas dans les constellations, il suffira de procéder au lancement du satellite remplaçant de celui ayant subi un dommage. Après cela, il suffira simplement de le reconfigurer. Par conséquent, n'est-il pas plus légitime, et moins coûteux, pour l'opérateur de construire un satellite de remplacement en avance plutôt que d'assurer durant toute sa durée de vie celui qui sera placé en orbite ? Cela permettra par ailleurs un désencombrement de l'orbite puisque moins de satellites seraient envoyés.

Enfin, concernant les formules de perte partielle, celles-ci sont relativement faciles à définir pour les missions traditionnelles. Toutefois, l'exercice devient plus complexe avec des satellites reconfigurables par logiciel puisqu'il s'agira de déterminer préalablement jusqu'à quelle hauteur la perte pourra être qualifiée. Mais là encore, nul doute que le marché de l'assurance saura répondre au mieux à ces problématiques par des contrats conclus spécifiquement pour chaque satellite de façon adaptée.

---

<sup>119</sup> Logiciel

<sup>120</sup> Défini par logiciel

<sup>121</sup> Source Eutelsat

## CHAPITRE 7 : L'EXPLOITATION DE RESSOURCES SPATIALES

La signature du « *Memorandum of understanding* » sur l'espace entre le Luxembourg et les États-Unis en date du 10 mai 2019 marque la concrétisation d'une nouvelle étape vers l'exploitation des ressources spatiale, notamment par les entreprises privées. Cet accord démontre ainsi la volonté de ces pays à encourager l'investissement des entreprises dans le secteur spatial. Aujourd'hui, la possibilité d'exploiter, de forer voire de ramener des minerais d'astéroïdes sur Terre ne relève donc plus de la fiction.

Si de nombreuses inconnues restent encore à élucider quant à la possibilité de l'exploitation des astéroïdes, les incertitudes n'empêchent pas certains nouveaux acteurs privés à y croire d'ores et déjà. Le britannique Mitch Hunter-Scullion, à seulement 23 ans, est à la tête de l'Asteroid Mining Corporation (AMC)<sup>122</sup>, l'une des trois grandes entreprises du secteur, aux côtés de Planetary Resources<sup>123</sup>, créée en 2010 et comptant le cofondateur de Google, dénommé Larry Page, comme investisseur principal, ainsi que Deep Space Industries<sup>124</sup>, implantée au Luxembourg depuis 2016.

À ce titre, Planetary Resources a par ailleurs déjà effectué le lancement de Arkit 6 le 12 janvier 2018, s'en suivra toute une constellation nommée Arkit 301 d'ici 2020 afin de compléter et mener à bien ce projet qui, dans un premier temps, aura pour but de trouver de l'eau au sein de divers astéroïdes. Cette richesse, abondante sur Terre, a une valeur inestimable dans l'espace du fait de sa rareté.

Il paraît ainsi légitime, dans le cadre de ce document, de se questionner sur le rôle et la place des assurances dans le déroulement de ces projets précurseurs, non éprouvés et donc nécessairement risqués.

Là encore nous étudierons chacune des phases relatives à une mission spatiale, à savoir la phase de pré-lancement (I), la phase de lancement (II) ainsi que la phase de vie en orbite (III).

---

<sup>122</sup> Source Asteroid Mining Corporation

<sup>123</sup> Source Planetary Resources

<sup>124</sup> Source Deep Space Industries

### I - Phase de pré-lancement

Pour rappel, durant cette phase, il est question de tous les risques d'endommagement à un satellite, véhicule spatial ou tout élément du lanceur tels un choc, un court-circuit ou encore un incendie voire une destruction totale. Cette couverture a pour but de s'étendre du site de fabrication jusqu'à la mise à feu du lanceur, instant où le lancement est caractérisé d'irréversible.

Ainsi, se pose alors la question de savoir si une adaptation des polices d'assurances dommages classiques est nécessaire pour cette phase.

La technologie du satellite ou du rover employée et disposée sur le lanceur sera certainement d'une nouvelle génération compte tenu de la mission envisagée et de la haute technicité de cette dernière. Il faudrait ainsi prévoir une police d'assurance adaptée, en s'inspirant de celles déjà existantes avec d'éventuels ajustements notamment concernant les montants d'indemnisation du fait de la technologie embarquée.

### II - Phase de lancement

La garantie lancement s'entend de la période de lancement à proprement parlé, de la mise à poste et des essais en orbite.

Dans ce cas, il est opportun de s'interroger sur l'indemnisation à prévoir en cas de dommages causés à des tiers ou au satellite.

Également, lors des essais du rover ou du véhicule, quelle indemnisation peut être envisagée en cas de non-exécution de la mission ? De même dans le cas où l'engin spatial n'est pas effectif à 100% ? En effet, ces divers essais sont couverts par les polices d'assurances jusqu'à généralement 180 jours en orbite. Il faudra de ce fait prévoir un volet très spécifique et technique afin de déterminer, dans le cas où le satellite n'est pas totalement effectif, si l'échec du lancement est réputé partiel, total voire réputé total en s'appuyant sur des données précises.

### III - Phase de vie en orbite

Au cours de cette dernière phase, susceptible de durer de très longues années, les interrogations principales se portent sur la matière hypothétiquement forée et ainsi à ramener sur Terre. Ainsi, la première consiste à s'interroger sur l'assurabilité de la matière ramené. En effet, se doit-on d'assurer un corps étranger dans l'optique qu'il revienne sur Terre ? Si oui, la question du régime applicable en découle directement. Une police d'assurance responsabilité civile classique est-elle transposable directement ou nécessite-t-elle des aménagements propres à la mission ?

Notons par ailleurs que la mission Hayabusa 1 lancée en 2003 vers un astéroïde de classe S (Itokawa) est revenue sur terre avec des échantillons en juin 2010<sup>125</sup>. Ainsi, la question a déjà été amené à se poser mais si la fréquence de ces missions augmente, il ne fait aucun doute qu'il faudra prévoir des polices d'assurances standardisées.

Également, dans le cas où l'engin spatial n'arriverait pas à ramener la matière, il paraît opportun de prévoir un préjudice financier pour l'entreprise privée concernée du fait d'une perte de revenu engendrée par la non-réception de la matière. Toutefois, ces missions feront l'objet de nombreux aléas. Rien ne prédit que l'astéroïde prévu pour le forage contiendra une matière spécifiquement désignée. En effet, l'objectif de ces missions, au-delà de trouver de l'eau, relève d'un intérêt capital pour l'exploration, la science et même jusque dans l'histoire de notre planète Terre.

Parallèlement, faut-il mettre en place une station spatiale afin de retravailler la matière avant de la ramener pour éviter tous risques ? Dans le cas où la réponse serait positive, quel type de station faudrait-il envisager afin de déterminer la police d'assurance adéquate. Par exemple, devrait-on créer une station type ISS pour décontaminer la matière ?

Enfin, en cas de collision avec un débris spatial, une météorite ou encore un satellite, de même qu'à l'exposition de radiations solaires, comment se répartira l'indemnisation. Aujourd'hui, la responsabilité du fait de débris spatiaux n'a pas encore fait l'objet de contentieux et l'indemnisation de celle-ci ne fait l'objet d'aucune couverture. La possibilité d'engager la responsabilité d'un État s'appuie sur la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux de 1972. Elle dispose ainsi en son article 2 qu'un « *État de lancement a la responsabilité absolue de verser réparation pour le dommage causé par son objet spatial à la surface de la Terre ou aux aéronefs en vol* ». Également, la victime du dommage peut souhaiter « *engager une action en justice contre l'opérateur de satellite du service ou l'opérateur/client sur le fondement de la réglementation spatiale nationale* »<sup>126</sup>.

De même, qu'en serait-il, si le préjudice causé à un autre satellite en orbite, découle du fait de l'exploitation de l'astéroïde, ainsi directement de la matière extraite de ce dernier. Par ailleurs, cette extraction est faite par une entreprise privée, sachant que, comme le souligne le Traité de l'espace de 1967, le principe de non-appropriation est le

---

<sup>125</sup> Source CNES

<sup>126</sup> Revue française de droit aérien et spatial, Cécile Gaubert, Bilan 2018 de l'assurance spatiale, Risques et dommages aux tiers.

principe selon lequel l'exploration et l'utilisation de l'espace doivent bénéficier à l'humanité toute entière et ainsi ne peut être la propriété directe de la société privée exploitante.

## CHAPITRE 8 : PERSPECTIVES DE MISSIONS SUR MARS

Objet de convoitise et de curiosité depuis l'Antiquité, Mars n'a pas cessé de faire rêver le grand public et de fasciner les scientifiques. Elle tire son nom du Dieu de la guerre en raison de son mouvement erratique vu de la Terre et de sa couleur rouge, due aux poussières riches en oxydes de fer que l'on trouve dans les couches superficielles de sa surface<sup>127</sup>. Par la suite, il faudra attendre 1877 pour la réalisation d'une première « carte » de la planète et plus d'un siècle pour les premières analyses spectroscopiques qui démontreront que Mars n'est pas habitable en l'état. Ces découvertes ont ensuite été complétées de belles avancées grâce aux télescopes spatiaux<sup>128</sup> et aux missions autour de Mars (sondes et orbiteurs) ou sur place (atterrisseurs et robots mobiles ou *rovers*).

Premièrement, il convient de faire un bref rappel des missions se rapportant à la planète rouge (I) bien qu'elles soient exclusivement de nature matérielle et non humaine du fait des difficultés inhérentes à une mission habitée en direction de Mars (II). Enfin, bien qu'encore lointaine, la perspective de mission sur Mars amène à s'interroger sur les possibilités d'assurer ce type de projet (III).

### I – Initiatives « martiennes »

Il y a quarante ans, la mission « Viking » était lancée par la NASA<sup>129</sup> et son objet consistait à envoyer deux sondes afin de réaliser des photos et analyses à la surface de Mars. À l'époque, l'homme était déjà à la recherche de présence d'eau sur la planète rouge.

À la suite de cela, la mission « *Mars Reconnaissance Orbiter* » lancée en 2005 par la NASA, a permis l'envoi d'une autre sonde spatiale pour permettre la cartographie de la surface de la planète. Toujours en observation aujourd'hui, celle-ci a permis de mieux connaître la constitution géologique de Mars.

Par ailleurs, en septembre 2015, une étape fut franchie avec la découverte de la présence d'eau liquide sous forme de sels hydratés sur Mars. Sur les photos recueillies par la

---

<sup>127</sup> Source Assemblée Nationale

<sup>128</sup> Telescope Hubble

<sup>129</sup> Source NASA

NASA, la présence de traces sombres disparaissant lors des saisons chaudes a été qualifiée de perchlorates renfermant des molécules d'eau dans leurs cristaux.

À court terme, l'ESA prépare d'ailleurs l'envoi du *rover* ExoMars pour 2020.

Ainsi, depuis 1960, l'on ne dénombre pas moins de quarante-trois missions qui ont été envoyées vers Mars et ses deux lunes Phobos et Deimos.

Enfin, allant plus loin que l'exploration de la planète rouge, deux projets de tourisme spatial sur Mars se dessinent aujourd'hui. Le premier de SpaceX envisagé pour 2024 ainsi que celui de Mars One d'ici 2027. À ce titre, la NASA estime que ces initiatives privées de colonisation de Mars s'avèrent peu réalistes.

Également, l'organisation internationale Mars Society propose la « terraformation » à long terme de Mars ce qui signifie sa transformation en planète habitable. Pour beaucoup, comme c'est le cas des nombreux projets autour de la planète Mars, ces perspectives paraissent incertaines voire totalement irréalistes.

## II - Difficultés inhérentes à une mission habitée

L'exploration humaine de Mars, y compris pour un simple vol orbital, nous met face à des défis colossaux.

Premièrement, pour une raison de complexité et de coût. L'exploration humaine de l'espace a toujours été l'activité spatiale la plus onéreuse et Mars confirmera cette règle. Après le lancement successif et l'assemblage en orbite basse ou autour de la Lune de divers équipements spatiaux, les difficultés techniques et logistiques seront les plus grandes jamais rencontrées (longueur de la mission de l'ordre de 640 ou 910 jours dont six à neuf mois pour le seul trajet aller, avec de rares fenêtres de lancement. De plus, la question du retour reste sensible, car après l'atterrissage sur Mars, le décollage en vue du retour sera plus délicat que celui opéré depuis la Lune, en raison d'une gravité martienne plus importante. Cela impactera donc les besoins en carburant et ira même au-delà.

Deuxièmement, pour les risques importants pour la vie et la santé des astronautes. Outre l'incertitude sur le retour, l'impesanteur sur une longue durée, les éruptions solaires et les rayonnements cosmiques sont dangereux et appellent des précautions spécifiques. Au niveau psychologique, l'équipage sera soumis à un stress intense dans un volume habitable restreint, sur un temps long et sans possibilité d'assistance en temps réel

depuis la Terre (délais de communication de trois à vingt minutes. Les agences spatiales américaines<sup>130</sup>, européennes et russes procèdent ainsi à des expériences de confinement et de simulation.

Pourtant, malgré ces difficultés, certains n'hésitent pas à voir très grand comme c'est le cas avec le projet Mars One. Cet organisme, à but non lucratif, a pour objet l'installation permanente et définitive d'une colonie humaine sur la planète rouge d'ici 2023. Par ailleurs, il se veut entièrement financé par des fonds privés et ne prévoit pas le retour des participants sur Terre<sup>131</sup>. Ainsi, l'organisation a mis en place un scénario précis dans le but d'accomplir la colonisation de la planète<sup>132</sup>. Par ailleurs, le coût de ce premier vol à destination de Mars serait estimé à seulement 6 milliards de dollars obtenus par le biais de contrats publicitaires et de coûts de retransmission télévisuelle. Enfin, particularité étonnante, le *business model* de la mission Mars One se base en grande partie sur la télé-réalité. Les candidats à l'expédition seront ainsi filmés en permanence au sein de centre d'entraînement et de simulation. Cependant, d'un point de vue économique, Francis Rocard, astrophysicien et responsable des programmes d'exploration du système solaire au CNES, souligne que « *la Nasa estime le coût d'une mission vers Mars plutôt à 200, 300 milliards de dollars. Le chiffrage de Mars One est donc sous-estimé* ».

De son côté, Elon Musk avec son projet Starship, prévoit d'envoyer des hommes sur Mars d'ici sept ans. Ainsi, leur objectif est d'envoyer tout d'abord une mission cargo sur Mars d'ici 2022 afin de confirmer les ressources en eau, d'identifier les dangers et de mettre en place une infrastructure initiale de production d'énergie, d'exploitation minière et de survie. Une autre mission prévue pour 2024 aura pour but la construction d'un dépôt de propergol ainsi que la préparation des futurs vols de l'équipage<sup>133</sup>. Le

---

<sup>130</sup> La NASA a déjà établi une base « martienne » sur un terrain ressemblant sensiblement à l'environnement supposé de Mars afin que des astronautes puissent s'entraîner à vivre dans ces conditions hors normes.

<sup>131</sup> Les aspects juridiques du projet Mars One, Perrine Delville-Barthomeuf, Revue française de droit aérien et spatial, Vol. 274, Éditions Pedone, 2015

<sup>132</sup> En mars 2018, un premier satellite de communication a été envoyé en orbite stationnaire martienne afin d'assurer l'interface entre les deux planètes. En 2020, un second satellite de communication sera lancé et placé selon la même orbite de la Terre autour du soleil. En 2022, six missions de fret seront conduites jusqu'à la planète rouge puis en 2023, les rovers seront chargés de conduire les six unités cargo à l'avant-poste martien en vue de les assembler. Enfin en 2024, les modules de la capsule Mars Transit Vehicle devant emmener les premiers hommes sur Mars seront lancés en orbite basse terrestre. Puis l'année 2025 verra l'atterrissage des premiers humains sur le sol martien. Selon les pronostics, un équipage de quatre personnes devrait atterrir sur le sol martien d'ici 2027, puis par occurrence tous les deux ans, de nouveaux membres viendront agrandir la colonie.

<sup>133</sup> Source SpaceX

créateur de SpaceX envisage donc de construire une ville prospère et autonome sur Mars. Il prévoit également la construction d'une flotte de milliers de vaisseaux stationnant en orbite autour de la Terre, chacun réutilisables et pouvant accueillir jusqu'à cent personnes<sup>134</sup>. Certes, aujourd'hui ses propos ne semblent pas réalisables, mais au vu des avancées technologiques et des découvertes impressionnantes faites ces dernières décennies, l'encadrement de ces missions tant réglementaire, financier qu'assurantiel nécessite que l'on s'y intéresse.

Ainsi, une chose paraît certaine : ni le coût astronomique des vols habités, pas plus que les risques inhérents à ces missions ne dissuaderont des hommes passionnés dans leur conquête de l'espace. À ce titre, Elon Musk s'est exprimé sur le sujet, « *Vous voulez vous réveiller le matin et penser que l'avenir est prometteur - et c'est ce que signifie être une civilisation spatiale. Il s'agit de croire en l'avenir et de penser que l'avenir sera meilleur que le passé. Et je ne vois rien de plus excitant que d'y aller et d'être parmi les stars.* » Cela démontre bien que ces sociétés privées ne s'arrêteront pas aux prémices d'une mission martienne mais entendent bien la mener à terme.

Il convient toutefois de s'interroger sur la possibilité d'assurer ce type de mission, compte tenu de leur durée, des risques inhérents et de nombreux autres facteurs peut-être encore inconnus de nos jours.

### III – Assurabilité d'une mission sur Mars

Francis Rocard<sup>135</sup> énonçait à l'agence Reuters qu'« *une mission habitée sur Mars, on sait que ça ne se mettra pas en branle demain. Ce sera plutôt à l'horizon 2040-2050* ». Et d'ajouter également que seuls les États-Unis sont, pour l'instant, en capacité de délivrer la somme de 200 milliards de dollars nécessaire à un voyage en direction de Mars.

Ainsi, aujourd'hui, sur les quatorze missions visant à poser un engin sur Mars depuis 1960, la moitié a fait l'objet d'un échec.

« *Pour les satellites scientifiques comme les missions sur Mars, ces projets sont institutionnels et financés par des agences telles que l'ESA<sup>136</sup> pour l'Europe, la Nasa pour les États Unis et bien d'autres. Ce sont des « One Shot » qui ne s'assurent pas car les valeurs à assurer sont très élevées et la technologie utilisée trop spécifique*

---

<sup>134</sup> Source National Geographic

<sup>135</sup> Responsable des programmes d'exploration du système solaire au CNES

<sup>136</sup> European Space Agency

», explique Ludovic Arnoux<sup>137</sup>. Et de souligner à juste titre que « *la finalité de ces missions n'est pas de générer des revenus* ».

Ainsi, « *L'assurance est souvent utilisée pour financer la construction d'un satellite de remplacement en cas de perte. Les projets d'exploration de Mars sont, eux, très spécifiques et répondent à un besoin précis à un moment donné. En cas d'échec les projets suivants seront forcément différents* », poursuit M. Arnoux. « *La plupart du temps ces missions sont couvertes en RC pour répondre à une obligation légale, en particulier au niveau du lancement, mais pas en dommages* ».

« *Il est inenvisageable de trouver 200 milliards de dollars de capacité sur le marché de l'assurance spatiale classique. Par contre, une grande partie concerne la recherche et le développement et donc si la mission est un échec, le coût de reconstruction à l'identique serait toujours inférieur au coût initial* », poursuit de son côté Denis Bousquet<sup>138</sup>.

Bien entendu, une mission vers Mars est susceptible d'être assurée au même titre que n'importe quelle autre mission mais il faudra définir attentivement cette dernière via des critères très spécifiques, notamment quant à sa réussite ou à son échec afin de pouvoir déterminer le montant en cas d'indemnisation. « *Tout l'enjeu est là. Est-ce qu'on décide que le module reste autour de Mars ou qu'il revienne, cela implique des polices d'assurances particulières, longues et extrêmement coûteuses* »<sup>139</sup> souligne t-il.

Manifestement, la couverture assurantielle pour ce type de projet s'avère aussi complexe et incertaine que les montages mis en œuvre pour financer et éventuellement un jour réaliser ces missions.

---

<sup>137</sup> Directeur de clientèle spatial et aéronautique chez Verspieren, source L'argus de l'assurance

<sup>138</sup> Expert de la branche spatiale chez Axa Corporate Solutions

<sup>139</sup> Source News Assurance



## CONCLUSION

Compte tenu des dangers inhérents à l'environnement extra-atmosphérique et à la complexité technologique de l'industrie spatiale, les acteurs de l'espace doivent gérer soigneusement leurs risques afin de maintenir cette activité rentable.

Aujourd'hui, des modèles existent pour prévoir l'occurrence et l'ampleur des défaillances qui sont susceptibles d'affecter n'importe quel objet spatial au cours de sa vie, allant de sa fabrication à sa mise en orbite. Par ailleurs, ces modèles se basent sur l'historique détaillé des industriels relatant chacune de leurs pertes et échecs qui seront par la suite analysés dans l'optique de leur appliquer un taux assurantiel adéquat. Aussi, le choix de la stratégie de gestion des risques sera fonction de l'appétence pour le risque de chacun des acteurs mais également des contraintes imposées, notamment par les partenaires financiers.

Par ailleurs, il est nécessaire pour les assureurs d'anticiper les évolutions amenées à toucher, de près ou de loin, le marché de l'assurance spatiale. Il faudra donc inclure dans les couvertures d'assurance les risques propres à chacune de ces innovations.

Dans ce document, les polices d'assurances responsabilité civile ne font l'objet d'aucune remise en question puisqu'obligatoires et encadrées par la loi dans la plupart des États abritant une industrie spatiale.

Concernant les couvertures de dommages pour les projets très avancés et/ou qui entreront en service à court terme, il ne paraît pas encore nécessaire de bouleverser le marché de l'assurance en créant de nouvelles polices d'assurances. En effet, le marché a su démontrer sa capacité à s'adapter en se basant sur des couvertures préétablies qu'il convient donc d'ajuster de façon à ce qu'elles puissent s'appliquer spécifiquement à un risque donné. De plus, ce document a permis de souligner à quel point chaque police d'assurance est singulière donc les garanties disponibles actuellement posent des bases modulables à l'infini selon le projet assuré.

En revanche, à plus long terme, la prise en compte du facteur humain dans les missions spatiales habitées, que ce soit sur la Lune, sur Mars ou plus loin, ou dans le tourisme spatial, entraîne *de facto* des nouveautés assurantielles. En effet, la présence humaine ne fait pour le moment l'objet d'aucune garantie, hormis celle des États dans le cas des astronautes. Ainsi, de nouvelles polices vont devoir émerger afin d'encadrer les risques liés aux séjours dans l'espace. De même, concernant une éventuelle exploitation de ressources spatiales, lorsque des technologies plus abouties seront à même de rapporter

effectivement de la matière sur Terre, il faudra encadrer ce retour en raison des divers risques bactériologiques, environnementaux ou technologiques.

Tous ces développements et les interrogations qu'ils suscitent sont rendues possibles par l'ouverture du domaine spatial aux acteurs privés, instigateurs d'une réelle montée en puissance du secteur et qui bouleversent l'ordre établi des États comme seuls acteurs du spatial.

La multiplication de nouveaux industriels peut toutefois s'avérer négative sur les montants des couvertures d'assurances. En effet, ces derniers risquent de s'accroître durablement pour prendre en compte tous ces nouveaux enjeux d'exploration, d'utilisation et d'exploitation. Dans le secteur privé, cela pourrait ainsi remettre en cause certains développements liés à l'espace puisque de jeunes start-ups ne pourraient probablement plus financer de tels taux assurantiels. Parallèlement, dans le secteur institutionnel, l'obligation minimale d'assurance pour les États s'élève à soixante millions d'euros mais il est tout à fait envisageable qu'elle aussi soit revue à la hausse.

Enfin, autre phénomène très actuel, la militarisation ou « arsenalisation » de l'espace aura nécessairement des conséquences sur les activités mais également les polices d'assurances. En aviation par exemple, le « risque de guerre » fait l'objet d'une exclusion générale<sup>140</sup> mais dont le rachat est possible<sup>141</sup> afin que l'opérateur soit tout de même couvert via le paiement d'une prime supplémentaire. Ainsi, après l'annonce des États-Unis de mettre en place une force spatiale, suivis par la France le mois dernier, de nouvelles menaces liées à l'emploi de nouvelles armes dirigées vers ou dans l'espace suscitent de nombreuses interrogations. Premièrement, concernant les dommages pouvant être fait à un satellite commercial<sup>142</sup> qui se trouverait au milieu d'une « guerre spatiale » mais également en termes de responsabilité civile. Nul doute que les avancées militaires spatiales devront faire l'objet d'une attention toute particulière.

---

<sup>140</sup> Clause AVN48B

<sup>141</sup> Clause AVN52E pour les risques de responsabilité civile par une extension à la police principale et clause LSW555D pour les dommages à l'appareil

<sup>142</sup> En particulier des satellites de télécommunications « duaux », c'est-à-dire hébergeant sur une même plateforme des charges utiles civiles et militaires.

# BIBLIOGRAPHIE

## Ouvrages :

- Gestion et partage des risques dans les projets spatiaux, Éditions Pedone, 2007
- Droit spatial, Mireille Couston, 2014
- Pratiques juridiques dans l'industrie aéronautique et spatiale, Éditions Pedone
- Le règlement des différends dans l'industrie spatiale, LexisNexis
- Droit de l'espace, Télécommunications – Observation – Navigation – Défense – Exploration, Larcier, Philippe Achilleas, 2009
- Journée d'étude, L'assurance spatiale, 1985
- Galileo, Chronique d'une politique spatiale européenne annoncée, Annie Martin, Lexis Nexis, 2009
- Conseil d'État, Pour une politique juridique des activités spatiales, La documentation française, 2006
- Colloque IFURTA, mai 2019, L'exploitation des ressources de l'espace
- Revue française de droit aérien et spatial, Vol. 274, Éditions Pedone, 2015
- Revue française de droit aérien et spatial, Vol. 289, Éditions Pedone, 2019

## Articles :

- L'Europe et les débris spatiaux, Académie de l'air et de l'espace, Dossier n°22, 2003
- Atlas Magazine, L'assurance spatiale, mai 2007
- Revue Risques, les cahiers de l'assurance, n°111
- Stratégie spatiale de défense, Ministère des Armées, 2019
- *United nations institute for disarmament research*, Space security Conference 2018
- *Optimal Spatial Policies*, Geography and Sorting, Mai 2018
- Histoire de la recherche contemporaine, La revue du comité pour l'histoire du CNRS, Les activités spatiales : objet sociologique, 2015
- « L'économie spatiale : vers l'industrie et au-delà », BSI Economics
- Analyse de l'environnement spatial mondial, Sat Concept, mars 2019
- *Report to the President by the Presidential Commission, On the space shuttle Challenger accident*, 1986
- *On the Estimation of Space Launch Vehicle Reliability*, The Aerospace corporation, Sergio Guarro, 2013

### Traités et lois :

- Directive européenne sur la responsabilité du fait des produits défectueux de 1985
- Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes de 1967
- Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par les objets spatiaux de 1972
- Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, de 1974
- Accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes de 1979
- Réglementation américaine sur le trafic d'armes au niveau international (ITAR)
- *Commercial Space Launch act* de 1984
- Directive européenne sur la responsabilité du fait des produits défectueux de 1985 (85/374/CEE)
- Loi relative aux opérations spatiales du 3 juin 2008
- Protocole spatial portant sur les questions spécifiques aux biens spatiaux à la Convention relative aux garanties internationales portant sur des matériels d'équipement mobiles du 9 mars 2012

### Sites internet :

- Atlas magazine : <https://atlas-mag.net>
- L'Académie de l'air et de l'espace : <https://academieairespace.com>
- Aerospatium : <https://www.aerospatium.info>
- CNES : <https://cnes.fr/fr/>
- News assurances : <https://news-assurances.com>
- Sciences et avenir : <https://www.sciencesetavenir.fr/espace>
- Challenges : <https://www.challenges.fr/entreprise/aeronautique>
- Usine nouvelle : <https://www.usinenouvelle.com>
- L'Argus de l'assurance : <https://www.argusdelassurance.com>
- Les Echos : <https://www.lesechos.fr>
- Le Journal de l'aviation : <https://www.journal-aviation.com/actualites/actualites-espace.html>
- La tribune : <https://www.latribune.fr>
- Air & Cosmos : <https://www.air-cosmos.com/actualite/espace>
- Société française de droit aérien et spatial : <https://sfdas.org>
- Agence spatiale européenne : <http://www.esa.int/ESA>
- NASA : <https://www.nasa.gov>
- SpaceX : <https://www.spacex.com>

- ArianeGroup : <https://www.ariane.group/fr/>
- Space policy online : <https://spacepolicyonline.com>
- Usbek & Rica : <https://usbeketrica.com>
- Sénat : <https://www.senat.fr/>
- Assemblée nationale : <http://www.assemblee-nationale.fr/>
- Légifrance : <https://www.legifrance.gouv.fr>
- Wavestone, Insurance Speaker : <https://www.insurancespeaker-wavestone.com/>

# TABLES DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	1
SOMMAIRE.....	3
TABLE DES ABRÉVIATIONS .....	5
INTRODUCTION .....	7
PARTIE I : GESTION DES RISQUES DANS LES MISSIONS SPATIALES.....	15
CHAPITRE 1 : LES RISQUES DANS L'ESPACE .....	16
Section 1 : La notion de risque .....	16
Section 2 : Évaluation de la gravité du risque .....	18
Section 3 : La normalisation de la déviance .....	19
CHAPITRE 2 : LES RISQUES DANS L'INDUSTRIE SPATIALE .....	21
Section 1 : Prise en compte des risques .....	22
I – Les risques techniques .....	24
II - Les risques juridiques .....	25
III - Les risques financiers .....	25
Section 2 : Un modèle de partage des risques singulier .....	27
Section 3 : Mobilisation des acteurs face aux défis futurs du secteur spatial.....	28
Section 4 : Aptitude à financer de nouveaux risques.....	30
PARTIE II : PARTAGE DES RISQUES SPATIAUX ET NÉCESSITÉ DE L'ASSURANCE SPATIALE .....	32
CHAPITRE 1 : LE RÔLE CENTRAL DE L'ASSURANCE SPATIALE .....	34
Section 1 : Principes de l'assurance spatiale .....	34
Section 2 : Les spécificités de l'assurance spatiale.....	36
I - Des caractéristiques propres.....	36
II – Un marché soumis à une forte compétitivité.....	39
III - Évaluation subjective du niveau de risque par l'assureur .....	40
Section 3 : Protection des partenaires financiers du programme spatial .....	41
Section 4 : L'existence de contraintes réglementaires.....	42
I - Confidentialité.....	42
II - Terrorisme.....	43
CHAPITRE 2 : COUVERTURES D'ASSURANCES RELATIVES AUX RISQUES SPATIAUX.....	45
Section 1 : Assurance responsabilité civile des parties prenantes dans les projets spatiaux .....	46

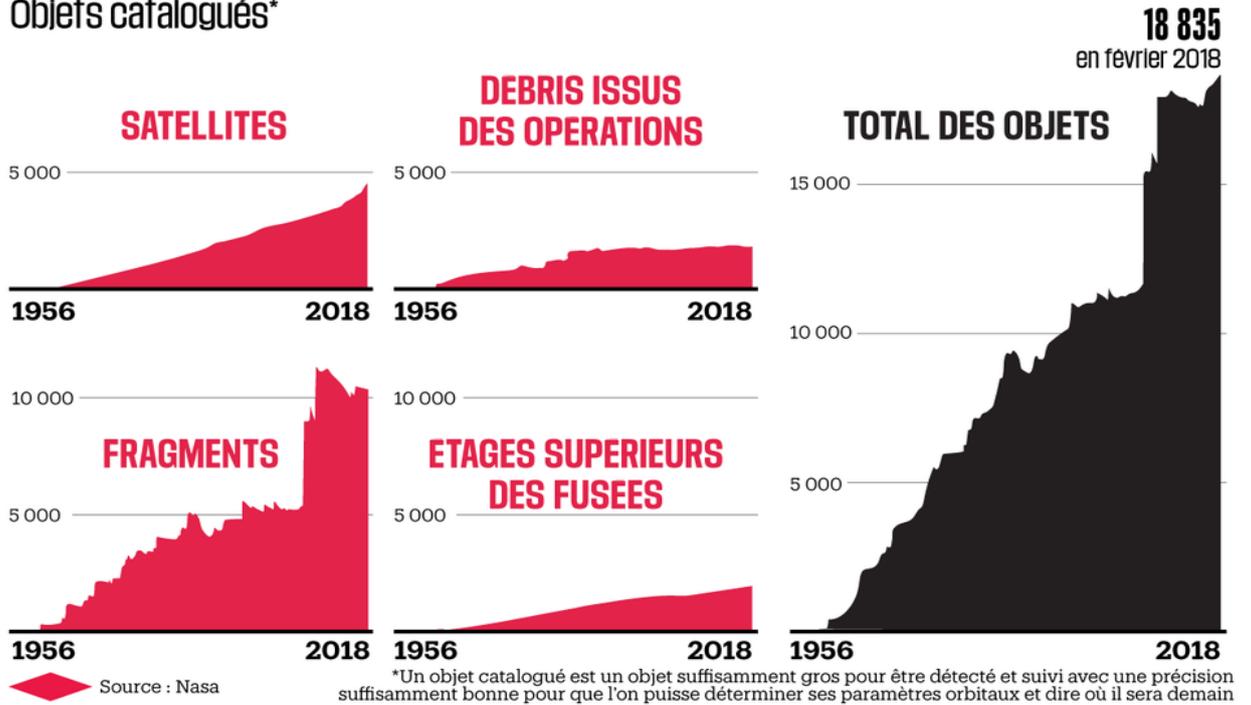
I – Obligation légale d’assurance responsabilité civile .....	46
II - Responsabilité civile des industriels .....	50
Section 2 : Assurance de dommages.....	53
I - Phase de pré-lancement.....	53
II - Phase de lancement .....	54
III - Phase de vie en orbite .....	57
Section 3 : Les polices d’assurances spécifiques.....	58
CHAPITRE 3 : ÉTAT ACTUEL DU MARCHÉ DE L’ASSURANCE SPATIALE	60
Section 1 : Les principaux opérateurs du marché .....	60
Section 2 : Capacité financière du marché.....	62
Section 3 : Un marché spatial en pleine mutation .....	63
PARTIE III : PERSPECTIVE DE NOUVEAUX RISQUES ET DÉFIS FUTURS POUR LES ASSUREURS SPATIAUX.....	65
CHAPITRE 1 : LE TOURISME SPATIAL .....	67
I - Avant le vol.....	70
II - Au cours du vol.....	71
III - Après le vol.....	72
CHAPITRE 2 : MONTÉE EN PUISSANCE DES VÉHICULES ET LANCEURS RÉUTILISABLES .....	74
CHAPITRE 3 : LES SERVICES EN ORBITE .....	77
CHAPITRE 4 : L’ENJEU DES MEGA CONSTELLATIONS DE SATELLITES...	80
CHAPITRE 5 : LE RISQUE LIÉ AUX DÉBRIS SPATIAUX.....	83
CHAPITRE 6 : LE RISQUE CYBER .....	88
CHAPITRE 7 : L’EXPLOITATION DE RESSOURCES SPATIALES .....	91
I - Phase de pré-lancement.....	92
II - Phase de lancement .....	92
III - Phase de vie en orbite .....	92
CHAPITRE 8 : PERSPECTIVES DE MISSIONS SUR MARS .....	95
I – Initiatives « <i>martiennes</i> » .....	95
II - Difficultés inhérentes à une mission habitée .....	96
III – Assurabilité d’une mission sur Mars .....	98
CONCLUSION.....	101
BIBLIOGRAPHIE.....	103
TABLES DES MATIÈRES.....	106
ANNEXES.....	108

# ANNEXES

## Annexe 1

Source : NASA

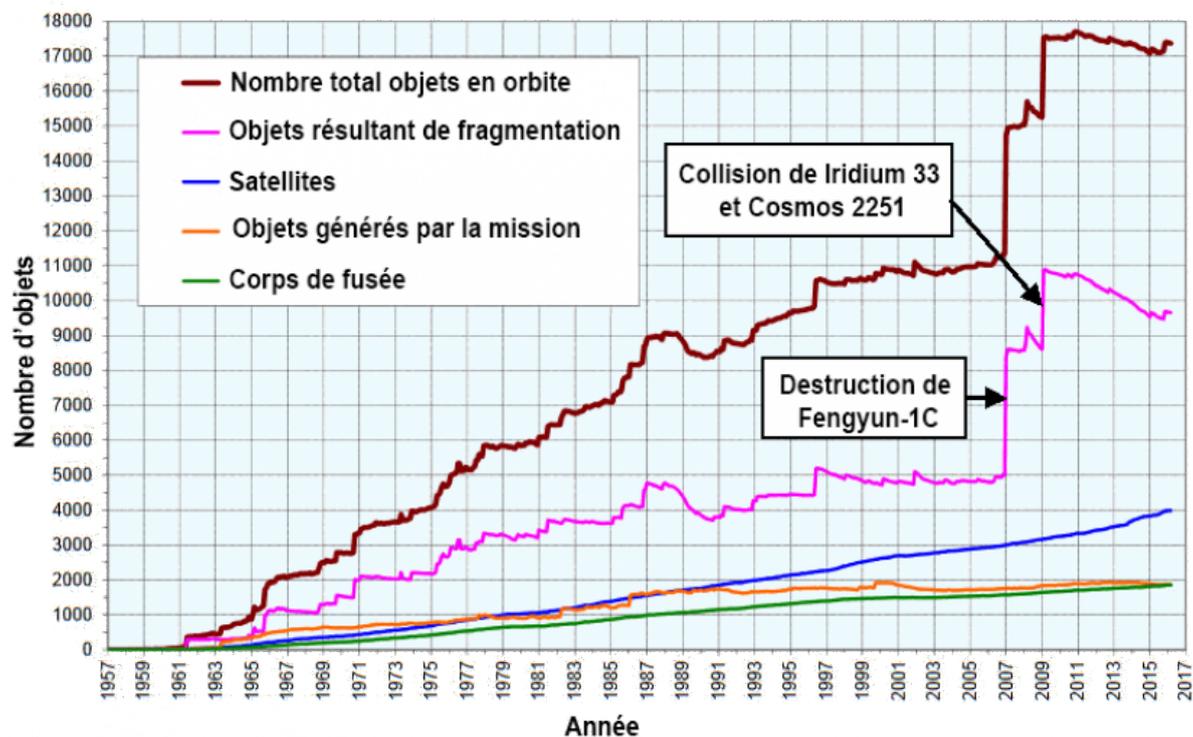
### Les objets en orbite autour de la Terre Objets catalogués\*



## Annexe 2

Évolution depuis le début de l'ère spatiale du nombre d'objets en orbite (> 10 cm en orbite basse et > 1 mètre sur les autres orbites)

Source : NASA



### Annexe 3

Statistiques historiques de la fiabilité des lanceurs des principales nations spatiales pour la période 1990-2016. Source : Gunter's Space Page

Lanceurs	nbre vols antérieurs	1990-1999				2000-2009				2010-24/11/2016			
		nbre tirs	échecs totaux	échecs partiels	fiabilité	nbre tirs	échecs totaux	échecs partiels	fiabilité	nbre tirs	échecs totaux	échecs partiels	fiabilité
Atlas V						19	0	1	97,37%	48	0	0	100,00%
Delta IV						11	0	1	95,45%	22	0	0	100,00%
Delta	190	85	3	1	95,88%	61	0	0	100,00%	6	0	0	100,00%
Atlas	495	62	2	1	95,97%	24	0	0	100,00%				
Navette spatiale	32	64	0	0	100,00%	33	1	0	96,97%	6	0	0	100,00%
Titan	190	38	5	1	85,53%	15	0	0	100,00%				
Scout	119	6	0	0	100,00%								
<b>Total institutionnels USA</b>	<b>1026</b>	<b>255</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>95,49%</b>	<b>163</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>98,77%</b>	<b>82</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100,00%</b>
Pegasus	0	28	2	3	87,50%	12	1	0	91,67%	2	0	0	100,00%
Conestoga	0	1	1	0	0,00%								
Minotaur						8	0	0	100,00%	3	0	0	100,00%
Minotaur-4/5										4	0	0	100,00%
Athena						6	2	0	66,67%	1	0	0	100,00%
Super Strypi										1	1	0	0,00%
Taurus	0	4	0	0	100,00%	4	0	0	100,00%	4	3	0	25,00%
Antares										5	1	0	80,00%
Falcon 1						5	3	0	40,00%				
Falcon 9										29	2	1	91,38%
<b>Total commerciaux USA</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>86,36%</b>	<b>35</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>82,86%</b>	<b>49</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>84,69%</b>
Tsiklon	200	43	1	1	96,51%	8	1	1	81,25%				
Soyouz/Molnia	1422	215	4	2	97,67%	101	2	1	97,52%	114	3	2	96,49%
Proton	182	87	4	3	93,68%	81	1	3	96,91%	61	4	4	90,16%
Angara										2	0	0	100,00%
Cosmos	365	55	1	0	98,18%	24	1	1	93,75%	1	0	0	100,00%
Dnepr	0	1	0	0	100,00%	12	1	0	91,67%	7	0	0	100,00%
Strela						1	0	0	100,00%	2	0	0	100,00%
Rokot	0	4	1	0	75,00%	12	1	0	91,67%	14	0	2	92,86%
Zenit	13	21	5	0	76,19%	37	2	1	93,24%	12	1	0	91,67%
Start	0	3	1	0	66,67%	4	0	0	100,00%				
Volna/Shtil	0	1	0	0	100,00%	5	1	2	60,00%				
<b>Total ex URSS</b>	<b>2182</b>	<b>430</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>95,35%</b>	<b>285</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>94,91%</b>	<b>213</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>94,37%</b>
Ariane 4	2	87	3	0	96,55%	23	0	0	100,00%				
Ariane 5	0	4	1	1	62,50%	45	1	1	96,67%	40	0	0	100,00%
Vega										7	0	0	100,00%
<b>Total Europe</b>	<b>2</b>	<b>91</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>95,05%</b>	<b>68</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>97,79%</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100,00%</b>
Longue Marche 2	12	21	1	1	92,86%	25	0	0	100,00%	51	2	0	96,08%
Longue Marche 3	5	15	1	2	86,67%	23	0	1	97,83%	45	0	0	100,00%
Longue Marche 4	1	3	0	0	100,00%	14	0	0	100,00%	31	2	0	93,55%
Longue Marche 5										1	0	0	100,00%
Longue Marche 7										1	0	0	100,00%
Longue Marche 9										1	0	0	100,00%
Longue Marche 11										2	0	0	100,00%
Kuaizhou 1 et 2						2	0	0	100,00%	2	0	0	100,00%
<b>Total Chine</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>91,03%</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>99,22%</b>	<b>134</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>97,01%</b>
PSLV	0	5	1	1	70,00%	11	0	0	100,00%	20	0	0	100,00%
GSLV						5	1	2	60,00%	5	2	0	60,00%
GSLV-3										1	0	0	100,00%
SLV	6	2	0	1	75,00%								
<b>Total Inde</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>71,43%</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>87,50%</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>92,31%</b>
H-II	0	7	1	1	78,57%	17	1	0	94,12%	19	0	0	100,00%
H-I	5	4	0	0	100,00%								
Epsilon										1	0	0	100,00%
M-5/Mu	0	2	0	0	100,00%	5	1	0	80,00%				
M-3	23	4	0	1	87,50%								
<b>Total Japon</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>88,24%</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>90,91%</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100,00%</b>
Shavit (Israël)	0	4	1	0	75,00%	3	1	0	66,67%	3	0	0	100,00%
VLS (Brésil)	0	2	2	0	0,00%								
Safir (Iran)						2	1	0	50,00%	5	2	0	60,00%
Taepodong (Corée du Nord)	0	1	1	0	0,00%	2	2	0	0,00%	3	1	1	50,00%
Naro-1 (Corée du Sud)						1	1	0	0,00%	2	1	0	50,00%
<b>Total autres pays</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>42,86%</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>37,50%</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>65,38%</b>
<b>Total tous pays</b>	<b>3262</b>	<b>879</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>94,08%</b>	<b>661</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>94,93%</b>	<b>584</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>94,86%</b>