

Unil

UNIL | Université de Lausanne

Institut de géographie

février 2006

Steve Brunisholz

Faculté des Lettres, Mémoire de Licence

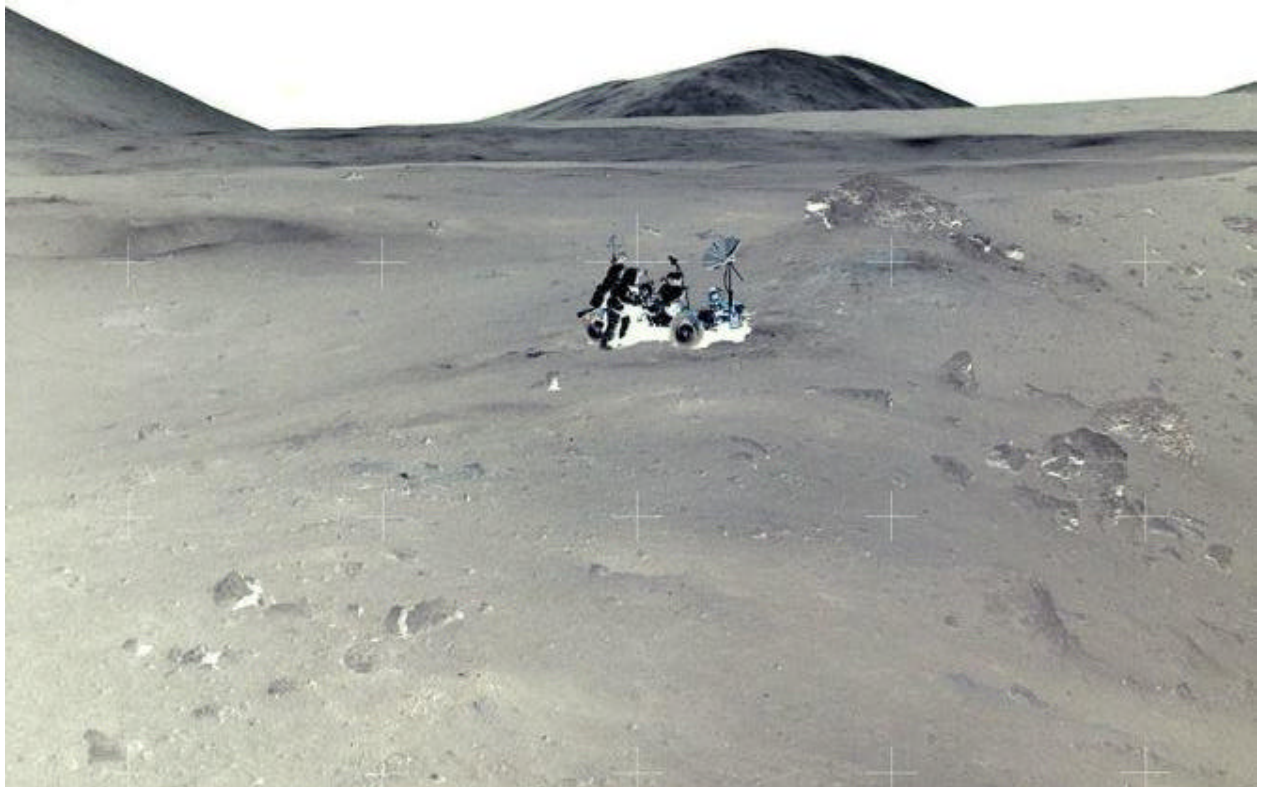
Sous la direction du Prof. Jean-Bernard Racine

Avec l'expertise de M. Patrick Piffaretti

Président de l'Assemblée d'Eutelsat OIG
Conseiller au Swiss Space Office (SSO)

Une géographie du milieu spatial

Comment comprendre l'émancipation de l'humain et ses créations vis à vis de la Terre ?



Photographie de la page de titre (couleurs inversées)

L'astronaute *Harrison Hagen « Jack » Schmit*, seul véritable scientifique – docteur en géologie – des missions *Apollo*, devant le véhicule *Lunar Rover*. Cette photographie fut prise par *Eugène Cernan* durant la mission *Apollo 17* en 1972. Il s'agit actuellement de la dernière mission à avoir envoyé un être humain sur la Lune. La National Aeronautics and Space Administration américaine (NASA) fournit des images libres de droits. Elles sont notamment accessibles à partir du site Internet : <http://antwarp.gsfc.nasa.gov/>

A ma famille sans laquelle je ne serais rien.

A Yun, à mes amies, amis, coéquipiers, camarades d'études et professeurs, merci pour tout ce que vous m'apportez.

Table des matières		page
PREAMBULE		4
INTRODUCTION		5
	<i>Quels sont les contours de notre monde ?</i>	5
	<i>Notre monde est-il l'espace que nous avons colonisé ?</i>	6
	<i>Le milieu spatial, une composante du champ d'étude de la géographie ?</i>	7
I	LE MILIEU SPATIAL, TERRITOIRE EN DEVENIR	9
	<i>La Terre, un milieu varié</i>	9
	<i>Une opposition au triptyque terre-mer-air</i>	10
	<i>La question de la limite entre milieux terrestres et milieu spatial</i>	11
	<i>Une première distinction : espace proche et espace lointain</i>	13
1.1	Orbites et traces	14
	<i>Quelques observations sur la notion d'orbite</i>	15
	<i>Les principaux types d'orbites</i>	17
	<i>La notion de trace</i>	19
1.2	Les points de Lagrange	20
1.3	La Lune	21
	<i>L'homme vers la Lune</i>	22
	<i>Où aller sur la Lune ?</i>	23
	<i>Quelle est l'utilité d'une base sur la Lune ?</i>	23
1.4	Mars	25
	<i>Pourquoi aller sur Mars ?</i>	26
1.5	Astéroïdes et satellites des géantes gazeuses	28
1.6	L'accès au milieu spatial	30
	<i>Les lanceurs spatiaux</i>	31
	<i>Les bases de lancement</i>	32
	<i>Comment accéder autrement au milieu spatial ?</i>	33
	<i>Comment se déplacer au sein du milieu spatial ?</i>	35
1.7	Les aspects juridiques	36
	<i>Les cinq Traités internationaux négociés au sein des Nations Unies</i>	36
	<i>Les Résolutions de l'Assemblée Générale des Nations Unies</i>	37
	<i>Unispace III et autres sources</i>	38
	<i>Quelle situation à l'heure actuelle ?</i>	39
1.8	Conclusion	40
II	L'UTILISATION DU MILIEU SPATIAL	42
	<i>Une infrastructure en expansion</i>	43
	<i>La problématique des débris</i>	44
2.1	Les apports de l'accès au milieu spatial	45
2.1.1	La télécommunication	45
	<i>Les possibilités offertes par les satellites pour les télécommunications</i>	46
	<i>Les réseaux Intelsat et Inmarsat</i>	47
	<i>Un modèle d'intégration socio économique</i>	48

2.1.2	La navigation – localisation	49
	<i>D'un outil militaire à un outil civil globalisant</i>	50
	<i>Les autres systèmes et le développement d'un système global de navigation</i>	51
	<i>Les systèmes à trajet ascendant</i>	52
	<i>Un outil social, économique, mais surtout stratégique</i>	53
2.1.3	L'observation de la Terre	54
	<i>Les particularités de l'observation de la Terre depuis le milieu spatial</i>	55
	<i>L'observation du système Terre</i>	57
	<i>La télédétection</i>	59
	<i>Un domaine irremplaçable qui nous concerne tous</i>	61
2.1.4	Le milieu spatial et la défense	62
	<i>L'intérêt stratégique du milieu spatial</i>	63
	<i>Un nouvel enjeu militaire</i>	64
2.1.5	L'observation du Cosmos	65
	<i>Quelle est l'utilité des sondes ?</i>	66
	<i>L'exploration matérielle comme finalité ?</i>	67
2.1.6	L'être humain dans l'espace	68
	<i>La vie dans l'espace</i>	69
	<i>La nouvelle voie</i>	70
	<i>Une colonisation du milieu spatial ?</i>	71
	<i>Explorer et peut-être un jour coloniser</i>	72
2.2	Conclusion	73
III	LES ACTEURS DU MILIEU SPATIAL	75
	<i>Une histoire de l'accès à l'espace, quelques repères</i>	76
	<i>Une grille de lecture à l'échelle de la civilisation</i>	79
3.1	Les pays actifs dans l'accès et l'occupation du milieu spatial	83
3.1.1	La Russie	85
3.1.2	Les Etats-Unis	86
3.1.3	L'Europe	90
3.1.4	Le Japon	93
3.1.5	La Chine	95
3.1.6	L'Inde	97
3.1.7	Le Brésil	98
3.1.8	Les pays secondaires	100
	<i>Ukraine ; Canada ; Indonésie ; Israël ; Australie ; Kazakhstan</i>	100 – 103
3.1.9	Une première approximation d'un système global	103
3.2	L'émergence du secteur privé	107
	<i>Les entreprises privées lancent déjà des satellites</i>	107
	<i>L'homme dans le milieu spatial : l'élan privé soutenu par une loi pionnière</i>	109
	<i>Les acteurs du tourisme spatial</i>	109
3.3	Conclusion	111
	CONCLUSION FINALE	112
	BIBLIOGRAPHIE	114
	ANNEXES	118

PREAMBULE

La géographie s'attache à comprendre les peuples, territoires et environnements de notre monde, leurs interconnexions et les processus entraînant leurs changements, à différentes échelles¹. Comprendre peuples, territoires et environnements nécessite une première étape : discerner les divers éléments les constituants et les décrire. Cela peut se faire par exemple au moyen de l'outil privilégié du géographe : la carte. Cette première étape permet d'identifier les éléments indispensables à une étude approfondie. Mais s'il y a volonté de construction d'un savoir, d'une véritable géographie, se contenter de l'étape descriptive est insuffisant. Une phase d'analyse des différentes composantes, de mise en confrontation des divers éléments identifiés, sera nécessaire pour dégager des liens, toujours probabilistes, de cause à effet ; pour construire une compréhension sur un sujet déterminé ; pour identifier des interactions entre les différents acteurs d'un système.

Partant de ce point de vue, nous allons chercher premièrement à décrire les éléments constituants notre sujet. Naturellement, il est nécessaire de commencer par le cibler précisément. Ce sujet n'est pas un classique de la géographie, puisque nous allons nous pencher sur le milieu spatial, soit sur un espace qui n'est pas terrestre à proprement parler. Alors que le terme géographie renvoie à la Terre, comment expliquer que la discipline puisse s'intéresser à ce qui est extérieur à la planète ? Nous répondrons préalablement à cette question dans la partie introductive, en nous aidant principalement d'une discussion sur ce que représente l'idée de « notre monde ».

Une fois le sujet déterminé, notions et concepts nécessaires à sa compréhension doivent être clairement définis. C'est pourquoi nous nous pencherons dans la partie I sur la structure du milieu spatial, en cherchant plus particulièrement à définir et décrire les composantes de cette structure. Dans la partie II, nous chercherons à exposer l'exploitation actuelle de ces différentes composantes en tentant un diagnostic de ce qu'elles apportent aux hommes. Interviendront, dans la partie III, un certain nombre d'acteurs du monde actuel (pays et entreprises privées), actifs au sein du milieu spatial. Ces étapes successives permettront de proposer un appareil intellectuel – le système Monde – à même de répondre à la problématique générale du travail. Celle-ci est en résumé de chercher à comprendre les enjeux, les implications et la finalité d'une démarche : l'homme et ses créations s'affranchissent du globe terrestre. Le début imaginaire de cette démarche remonte aux débuts de l'histoire de notre espèce. Le début effectif se déroule à partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle grâce au développement de technologies rendant possible l'accession au milieu spatial.

¹ Traduction d'une définition de la Royal Geographical Society, flyer de la RGS, Londres, 2004.

INTRODUCTION

Le champ d'étude global de la géographie, c'est « notre monde ». En termes plus académiques, il s'agit de l'écoumène², ou encore de l'espace géographique dans son étendue la plus large, là où l'homme est présent « d'une manière ou d'une autre »³, où il exerce une activité.

Quels sont les contours de notre monde ?

« Notre monde » est une idée qui s'applique aussi bien à chaque individu qu'à l'humanité toute entière. Dans les deux cas, c'est une notion mouvante à laquelle est souvent rattachée celle de frontière, chère au peuple américain. Le temps passe, pour autant la limite de notre monde ne semble pas avoir subi de grands changements depuis la fin de la période des grandes explorations qui mit un terme à la construction d'une représentation cartographique correcte de la surface terrestre, confirmée quelques siècles plus tard par les premières prises de vue de satellites artificiels. Or, l'enveloppe au dessus de l'atmosphère, le système solaire et quelques astres en particuliers, les plus proches de la Terre, sont devenus depuis un peu moins d'un demi-siècle le nouveau terrain de l'exploration humaine. Les caractéristiques de cette exploration sont sensiblement différentes de celle d'une mer ou des airs et n'ont rien à voir avec celle d'une terre. La source de cette différence est le milieu. Avec des moyens artificiels relativement aisés à mettre en oeuvre, l'homme peut vivre sur Terre et accéder à ses différents milieux. Accéder au milieu spatial nécessite par contre un des moyens artificiels considérables.

Le premier objet mis en orbite par l'homme en 1957, la première présence humaine dans le Cosmos en 1961, les premiers pas sur la Lune en 1969, les premiers « pas » dans le vide sidéral d'un homme non relié à son vaisseau en 1984 (ce qui en fait le premier « homme-satellite »), les stations spatiales en orbite terrestre Saliout, Skylab, Mir puis Internationale (ISS), entre autres, sont quelques éléments qui forcent à se pencher sur le sens du concept d'espace géographique. Un questionnement sur l'espace géographique, que l'on confine souvent aux limites physiques de la planète Terre, peut être tenté. C'est une démarche qui commence à se faire sentir. « *L'occupation de l'espace circumterrestre s'accomplit progressivement depuis plusieurs dizaines d'années. Elle est le résultat du lancement de quelques milliers de satellites automatiques aux fonctions variées et de quelques centaines d'hommes et femmes qui ont annexés à*

² Le travail d'Augustin Berque sur cette notion est primordial. Selon lui, l'écoumène est à la fois mesurable et incommensurable, car « *notre être s'étend au delà du bout de nos doigts, pour atteindre les antipodes, la planète Mars, et toujours plus loin encore, jusqu'aux confins de l'Univers* » (Berque A., *Écoumène, introduction à l'étude des milieux humains*, Belin, Paris, 2000, p. 14). « *L'écoumène [...] c'est aussi [...] le déploiement existentiel qui se poursuit en chaque être humain, et qui de ce fait a toujours excédé la définition géométrique des corps* » (Berque A., *op. cit.*, p. 14) Il y a ainsi une différenciation à faire entre écoumène et espaces géographiques, ce dernier étant réservé, à notre sens, à une présence physique ou matérielle de l'homme. L'écoumène est d'une nature imaginaire, il « *[...] ne se borne donc pas à la matérialité de l'étant physique [...]* » (Berque, *op. cit.*, p. 14). Il est élaboré à partir d'éléments observés (avec par exemple un télescope ou un microscope), comme des galaxies où depuis peu des exoplanètes (ce dernier terme se comprenant comme planète à l'extérieur du système solaire).

³ Cette expression fait référence à la différence entre une présence physique ou matérielle d'un ou de plusieurs être humains, cette dernière pouvant par exemple prendre la forme de satellites, de sondes ou de robots dont l'humain est le créateur

l'oekoumène, ou monde habité⁴, une partie du cosmos proche de notre planète. Cette occupation reste d'une certaine façon temporaire mais constamment renouvelée. Les conditions extrêmes du milieu et la faible capacité d'intervention directe de l'homme sur les objets en orbite limitent la durée de vie des satellites et des stations tandis que de nouvelles générations leur succèdent, associées à l'arrivée de nouveaux acteurs. La conquête d'un nouvel espace est en cours, les grandes orientations de son peuplement se dessinent et leur analyse met clairement en lumière les enjeux et les choix qui déterminent les formes de mise en valeur de l'espace. Il devient ainsi possible de poser les bases d'une géographie de l'espace [...] »⁵.

Cette citation tirée d'un Atlas au titre évocateur : *L'espace, nouveau territoire*, traduit parfaitement l'ouverture offerte par le milieu spatial à la géographie. Cette ouverture permet de s'appuyer sur une échelle particulière, l'espace situé hors du champ terrestre. Ce faisant, nous nous mettons dans une perspective globale, à même d'éclairer l'intérêt que recèle l'occupation du milieu spatial pour les principaux acteurs de notre planète, intégrés dans un « système Monde ».

Notre monde est-il l'espace que nous avons colonisé ?

Utilisons le concept de colonisation afin de préciser l'espace géographique. Celui-ci est-il cantonné à la surface terrestre colonisée ? Partons d'une réflexion sur cette question d'un éminent membre de la communauté spatiale européenne, ancien président du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) français. « [...] il y a colonisation lorsqu'un groupe humain s'installe sur un territoire⁶ pour y accomplir toutes les activités fondamentales d'une société, reproduction, éducation, etc., et lorsque les individus composant ce groupe peuvent envisager de séjourner sur ce territoire de leur naissance à leur mort ; lorsqu'on y construit des maternités, des écoles et des cimetières. [...] Les établissements des Vikings sur la côte est du Groenland étaient de véritables colonies qui ont été éradiquées par un refroidissement du climat. En revanche, il n'existe pas aujourd'hui de colonies sur le continent antarctique ; il existe des stations permanentes où les individus font des séjours limités »⁷. Le concept de colonie est notablement présent durant toute l'histoire de l'humanité, des premières diffusions de notre espèce à l'établissement de comptoirs européens en Inde et en Chine, ainsi qu'avec l'appropriation du continent Américain par des peuples extracontinentaux débarquant de vaisseaux transocéaniques. Avec l'idée de colonie nous touchons un problème d'importance pour la géographie, doit-on considérer que seuls les espaces colonisés de la surface terrestre sont dignes de l'intérêt de la discipline, ou doit-on prendre en compte la simple présence humaine, temporaire ?

⁴ Cette acception est ainsi différente de celle d'Augustin Berque, d'où l'utilité d'une différenciation entre écoumène et espace géographique.

⁵ Verger Fernand, *L'espace, nouveau territoire, Atlas des satellites et des politiques spatiales*, Belin, Paris, 2002, p. 7

⁶ Le terme de « territoire » est à mon avis ici mal choisi car un territoire est toujours accompagné des hommes l'occupant, lui donnant un sens, « surface » ou « espace » auraient été mieux venus. Ce détail n'enlève rien à la pertinence du propos.

⁷ Lebeau André, *L'espace, les enjeux et les mythes*, Hachette, Paris, 1998, p. 159

Ne prendre en compte la présence humaine sur un espace en ne faisant appel qu'au concept de colonisation comme définit au paragraphe précédent signifie qu'une large partie de la surface terrestre n'entre plus dans le champ d'étude de la géographie. L'exemple cité précédemment est révélateur, l'Antarctique n'a pas été colonisé par l'être humain. Il y a présence humaine et non colonisation. Le géographe doit-il pour autant se désintéresser de ce continent ? Je ne le crois pas. Au même titre que l'espace circumterrestre, notre satellite naturel et peut-être d'ici quelques années une voisine tellurique, Mars, je crois utile à la discipline la prise en compte de ces espaces non colonisés mais occupés temporairement, qui, c'est ce que nous allons tenter de démontrer, permettent de mieux saisir la complexité des enjeux et des rapports entre les hommes, ainsi qu'entre eux et la Terre.

Le milieu spatial, une composante du champ d'étude de la géographie ?

L'exploration matérielle ou physique du milieu spatial est en marche. La géographie a toujours accompagné l'exploration, mais elle semble peiner à accepter l'intégration du milieu spatial dans son champs d'étude. Certes précipitée, la question de savoir s'il émergera, d'ici quelques décennies ou siècles, des disciplines telles que la sélénographie (« géographie » de la Lune) ou l'aréographie (« géographie » de Mars), réponse à un désintéressement de la géographie pour tout ce qui est extérieur à la Terre, a le mérite de susciter la réflexion. La géographie ne doit-elle pas intégrer et structurer le milieu spatial pour essayer de comprendre et d'expliquer ses relations avec le système Monde, comme par exemple l'enjeu que l'occupation du milieu spatial représente par les acteurs de ce système ?

Il existe déjà des planétologues, peut-être apparentés à un métissage de géologues et d'astronomes, dont les recherches portent principalement sur les autres planètes telluriques du système solaire et les satellites de Jupiter ou de Saturne. Comment la géographie doit-elle prendre en compte ces réalités ? Nous savons l'inutilité, pour ne pas dire l'imbécillité, d'un impérialisme disciplinaire cherchant à faire de la géographie la place centrale de toutes les sciences sociales, voir plus. Néanmoins, par ses origines diverses⁸, sa position entre des disciplines de sciences sociales ou physiques, la géographie est la moins mal placée dans une tentative d'intégration souple des différentes disciplines spécialisées dans tel ou tel domaine d'étude de la Terre. Or, ce domaine d'étude, c'est aussi celui du système solaire. En effet notre planète et par conséquent ses habitants sont comme le dit l'astrophysicien André Brahic « Enfants du Soleil »⁹. La Terre fait partie du système solaire, dès lors comprendre la formation et l'évolution de notre planète ne peut se faire sans comprendre celles de ce système. Comprendre la formation de la Lune, c'est mieux comprendre la formation de la Terre. Comprendre la géologie de Mars ou des satellites galiléens, c'est mieux comprendre la géologie terrienne, etc...

⁸ La géographie s'est développée à partir de la géologie aux Etats-Unis, à partir des « sciences de la terre » (Erdkunde) en Allemagne et à partir de l'histoire en France (Mikesell Marvin W., *The Borderlands of Geography as a Social Science*, Sherif and Sherif (eds), 1969, p.228)

⁹ Brahic André, *Enfants du Soleil*, Odile Jacob, Paris, 1999

A court et moyen terme, je crois à la solution de l'intégration du milieu spatial à la géographie¹⁰, en ayant toujours à l'esprit que cette intégration a lieu uniquement lorsque l'homme est présent, de notre point de vue même pour une durée réduite. Sans présence humaine, il n'y a pas de géographie. Actuellement, les moyens artificiels que l'homme a concrétisés dans le but d'explorer le Cosmos sont uniquement dédiés au système solaire. La distance avec l'étoile la plus proche se compte en années-lumières, rendant impossible une visite par un instrument terrien en l'état actuel de la technologie. Seuls les télescopes et leurs avatars (radiotélescopes, interféromètres), moyens de projeter notre vision au loin, de nourrir l'écoumène, permettent de saisir la réalité d'objets hors du système solaire et selon les lois de la physique actuellement acceptées de « remonter le temps »¹¹. Il est ainsi patent que ce nouveau champ d'exploration, qu'il soit visité matériellement (satellites artificielles, sondes et robots) ou physiquement (présence humaine), est pour l'instant et sauf découverte(s) technologique(s) majeure(s) pour longtemps limité au système solaire.

Nous supposons ainsi que l'espace géographique actuel, dans son acception la plus large, s'étend au-delà de notre planète, sans dépasser les confins du système solaire. Actuellement l'exploration matérielle, celle des machines, a atteint cette limite¹². A ce jour, la limite supérieure de l'exploration physique par l'homme est la Lune. Sans doute va-t-elle s'étendre d'ici une cinquantaine d'années. Deux limites possibles à l'espace géographique tel que nous le concevons se profilent : l'une matérielle, l'autre physique. Certains diront que seule la présence physique de l'homme est digne de limiter la champ d'étude de la géographie, d'autres soutiendront que l'exploration matérielle peut très bien servir ce dessein. Ces différences de sensibilité qui ont chacune des arguments à faire valoir ne doivent pas occulter l'évolution en cours : l'extension de l'espace géographique au-delà de la planète qui nous a vu naître. « *la Terre est notre berceau, mais on n'y reste pas toute sa vie* » a selon beaucoup de sources soutenu Constantin Tsiolkovski, précurseur Russe de la technologie des fusées. L'analogie est intéressante mais trompeuse. En effet, l'homme ne reste pas dans son berceau toute sa vie, mais la Terre est plus que notre berceau. C'est notre lit, notre maison, notre lieu de vie, notre planète. A l'heure actuelle et encore pour longtemps il est illusoire d'imaginer pouvoir la quitter définitivement, même si par notre faute elle devient invivable. Notre but commun devrait être de conserver cette île de vie dans le meilleur état possible. Le milieu spatial ne doit pas être vu comme un éventuel échappatoire, bien qu'il puisse le devenir à très longue échéance. C'est un espace à mettre au service de notre planète et de ses habitants, à utiliser pour améliorer nos conditions et notre connaissance.

¹⁰ A ce titre l'ouvrage dirigé par Fernand Verger : *L'espace, nouveau territoire*, est un jalon important. A tel point qu'il a été traduit en anglais (*The Cambridge Encyclopedia of Space*, CUP, 2003). D'autres auteurs ayant une formation géographique se sont par ailleurs immiscés dans ce domaine, comme Alain Duret, *Conquête spatiale : du rêve au marché*, Gallimard, Paris, 2002 et d'autres que nous oublions.

¹¹ Depuis la Terre nous voyons une galaxie distante de 10 mio d'années-lumières comme elle était il y 10 mio d'années. Ces moyens de projeter notre vision au loin contribuent à étendre l'écoumène d'Augustin Berque.

¹² Les sondes américaines Pioneer 10 et 11 ainsi que Voyager 1 et 2 ont atteint les orbites de Neptune et Pluton puis ont été laissés à leur trajectoire, par la faute d'un contrôle depuis la Terre très difficile car nécessitant des jours d'attente entre transmission et réception des données.

I LE MILIEU SPATIAL, TERRITOIRE EN DEVENIR

La première ambition de ce travail est de conceptualiser le milieu spatial. Pour y répondre nous allons chercher à le structurer. Il s'agira autrement dit de chercher à identifier les différentes parties constituant le milieu spatial que nous pouvons à l'heure actuelle potentiellement atteindre, en allant du plus proche de la Terre au plus éloigné, avant de revenir sur Terre pour s'intéresser aux moyens nécessaires pour atteindre ce milieu. Mais premièrement, penchons nous un instant sur une notion centrale de ce travail : le milieu spatial.

Employer cette notion n'est qu'une possibilité parmi d'autres (espace, espace extraterrestre, espace extra atmosphérique, Cosmos, au-delà, ...) dont le malheur commun est d'utiliser des termes équivoques. La langue anglaise a de ce point de vue un avantage avec la notion d'*outerspace* qui différencie clairement l'espace terrestre de celui en dehors de la Terre¹³, ce que ne fait pas le français étant donné l'utilisation du même mot : *espace*. Il est en conséquence utile de s'attarder sur la notion de milieu spatial. Pour ce faire nous allons premièrement utiliser une vue très schématique des composantes de la Terre, puis nous intéresser à un débat souvent écarté sur la limite entre Terre et milieu spatial. Après cette première approximation du milieu spatial, nous commencerons à le partager à l'aide des notions d'espace proche et lointain, ou de vitesse cosmique.

La Terre, un milieu varié

Notre planète se caractérise par des conditions propices à la vie telle que nous la connaissons. Nous avons découvert la vie dans des situations extrêmes (par exemple à des températures de 113°C et -15°C), mais toujours sur Terre. Le seul exemple reconnu de vie extraterrestre est un leurre, puisqu'il s'agit de bactéries trouvées sur la sonde Surveyor III récupérée trois ans après son alunissage¹⁴. La Terre peut être schématiquement structurée en trois parties, que nous nommerons mer, terre et air, dont les caractéristiques respectives sont sensiblement différentes. Pour appuyer cette différenciation, nous renvoyons aux notions physiques de liquide pour mer, solide pour terre et gazeux pour air.

Selon le schéma admis par la plupart des scientifiques, les premiers organismes sont nés en mer, puis l'évolution a progressivement permis à la vie de coloniser terre et air. L'être humain est né sur terre. Notre organisme ne nous permet pas de nous établir en pleine mer, de la coloniser outre mesures. En effet,

¹³ Bien que cet artifice de vocabulaire existe, il est peu usité. Symptomatiquement, le site internet www.space.com existe, contrairement à www.outerspace.com.

¹⁴ Sur la question de la vie extraterrestre il est important de noter que des recherches futures sur, entre autres, Mars ou Europe (un des quatre satellites galiléens de Jupiter), pourraient contredire l'affirmation d'une vie uniquement possible au sein du milieu terrestre. Par ailleurs à l'heure actuelle il existe une controverse à propos d'un caillou extraterrestre découvert en Antarctique, dont l'origine est sans doute martienne, qui est d'après certains l'hôte d'une bactérie d'origine extraterrestre.

grâce à des artifices, l'océan n'est pas inaccessible à l'homme. Grâce aux bateaux nous avons progressivement exploré ce milieu au premier abord hostile. D'un point de vue Occidental la mer nous a permis de « découvrir » de nouvelles terres. Puis le temps et les progrès qui peuvent l'accompagner ont doucement conduit à transformer la mer en voie de transport. Actuellement, elle supporte approximativement trois quarts du tonnage des marchandises transportées. Un autre élément démontre l'utilité de la mer, c'est le vecteur de puissance qu'elle crée. L'exemple le plus significatif pour les Occidentaux est celui de la Grande-Bretagne de la fin du XIX^{ème} siècle, qui, à partir d'une île relativement réduite, s'est emparée de terres qui prises ensembles déterminent un espace sur lequel « le Soleil ne se couche jamais ».

En plus de la terre et de la mer, notre planète comporte une troisième composante : l'air. Elle est la dernière à avoir fait l'objet d'une appropriation par l'homme. Servant actuellement surtout au transport transcontinental des personnes, le milieu aérien s'est peu à peu intégré dans la vie des gens pouvant se permettre d'y accéder. Se déplacer de Londres à New York se fait actuellement presque uniquement par avion, en suivant un parcours terre-air-terre. Avec les intégrations de la mer et de la terre dans notre espace de vie, nous arrivons à un triptyque terre-air-mer. Une forte activité humaine s'y exerce quotidiennement, alors qu'elle était contenue uniquement sur terre pour les premiers humains. Ces trois parties peuvent être conceptuellement regroupées à l'aide d'une notion issue de la biologie : la biosphère, là où la vie, telle que nous la connaissons actuellement, est possible sans moyens artificiels. Par souci d'une notion directement en rapport avec l'être humain, nous pouvons également utiliser la notion d'anthroposphère, celle-ci renvoyant à une biosphère humaine, soit à un l'environnement viable pour l'homme, qu'il soit naturel ou artificiel¹⁵.

Une opposition au triptyque terre-mer-air

Le milieu spatial peut en première approximation être interprété comme le milieu où l'émergence de la vie telle que nous la connaissons n'est pas possible¹⁶, à moins d'en modifier les caractéristiques ou d'y être intégrée avec des moyens artificiels. Modifier les caractéristiques du milieu spatial dans un sens voulu n'est actuellement pas à notre portée et sans doutes encore pour longtemps¹⁷. Par nos activités, nous modifions l'environnement terrestre, mais, cela montre notre faiblesse, non dans le sens d'une amélioration. Notre impact sur l'environnement pose le problème de la pollution à tous les niveaux de la biosphère (continentale superficielle et souterraine, atmosphérique et océanique). Les humains se sont distancés des équilibres naturels en bâtissant un environnement artificiel, en maîtrisant et en aménageant

¹⁵ Cette différenciation me semble pertinente dans la mesure où un environnement naturel faisant partie de la biosphère, comme ce qui est sous le niveau de la mer, n'est pas viable pour l'homme mais le devient avec un moyen artificiel, le sous-marin. La notion d'anthroposphère permet cette distinction.

¹⁶ Cela sous-entend une claire opposition à biosphère que l'on vient d'interpréter comme le regroupement terre-mer-air

¹⁷ Une modification célèbre mais pour l'instant utopique du milieu spatial serait le terraforming, terme anglais dans l'équivalent français est le terraformage. Il s'agit de l'ensemble des opérations à mettre en œuvre pour rendre un astre habitable par l'espèce humaine.

leur milieu. Cependant, les phénomènes d'extinction d'espèces se sont statistiquement accrus de manière considérable ces trente dernières années. Nombre d'entre elles sont imputables directement à l'activité humaine¹⁸.

Depuis longtemps, l'homme a imaginé des moyens artificiels pour faire face à certaines conditions du milieu terrestre : l'habillement, les outils, les modifications de surfaces liées à l'agriculture, à l'exploitation des forêts, à la construction des villes et des réseaux de transports. L'homme a par ailleurs élaboré des moyens pour surmonter certaines conditions impropres à sa survie, par exemple les bateaux et sous-marins pour traverser et explorer les océans¹⁹, ou les bases scientifiques en Antarctique. Il y a quelques décennies, l'homme a franchi une nouvelle étape dans cette voie, que l'on peut désigner comme une extension de l'anthroposphère. Cette nouvelle étape, c'est la présence humaine en orbite terrestre, réalisée pour la première fois en avril 1961. Sans artifices, dans ce cas un module spatial, la présence humaine au sein du milieu spatial est irréalisable.

Ainsi, le choix de la notion de milieu spatial s'explique par la claire différenciation qu'elle implique avec la biosphère, regroupant terre, mer et air. Le paragraphe précédent a montré que cette différenciation peut être abusée par des moyens artificiels, sans toutefois pouvoir subir une véritable transformation dont l'homme serait à l'origine, faute d'une technologie suffisante. Devant cette impossibilité, la notion de milieu spatial paraît pertinente à court et moyen terme. Cependant, comme nous l'avons évoqué, un environnement viable a été introduit dans le milieu spatial, permettant à l'anthroposphère d'être située pour la première fois à l'extérieur de la Terre. Cette intrusion doit nous rendre attentif au fait que s'il y a différenciation, les progrès techniques permettent souvent d'en diminuer la pertinence. Dans l'hypothèse d'un progrès technologique, il paraît acquis, au même titre que ce qui s'est passé pour la mer puis les airs, que l'espace sera de plus en plus intégré dans le volume de vie de notre espèce. Par exemple, d'ici quelques années ou décennies, un avion spatial permettra de passer directement du milieu aérien au milieu spatial. Cependant, il faut garder à l'esprit que les caractéristiques physiques du milieu spatial en font un environnement foncièrement différent des trois parties constituant la Terre.

La question de la limite entre milieux terrestres et milieu spatial

Malgré la différenciation qui existe dans le Droit (il y a un Droit aérien et un Droit spatial), il n'y a actuellement pas de définition officielle d'une limite entre milieux terrestres et milieu spatial. Le texte de base du Droit de l'espace : *le Traité de l'espace* de 1967, évite cette question, tout comme *L'Espace, nouveau territoire*. Malgré cette ambiguïté la différenciation peut être approchée par des éléments pratiques.

¹⁸ Cabrol Nathalie et Grin Edmond, *La recherche de la vie dans l'univers*, QSJ n° 3573, PUF, Paris, 2000

¹⁹ Explorer les océans à la nage sans aide matérielle est impossible s'il s'agit de le faire pendant plusieurs jours.

La technologie actuelle permet aux avions de reconnaissance actuellement utilisés, bien que développés dans les années 1970, comme le Lockheed SR 71 de conception américaine ou le Mig 25 de conception russe, d'atteindre environ vingt-cinq km au dessus du niveau de la mer. Les ballons sondes peuvent grimper jusqu'à près de cinquante kilomètres d'altitude. Passé cette hauteur se trouve une sorte de *no man's land* jusqu'aux environs de 100 - 200 km, fourchette qui permet les premières orbites.

La compétition Ansari X-Prize²⁰, dont le but est de stimuler des percées technologiques radicales, a fixé les règles d'un concours en s'appuyant sur la valeur de 100 km. Le but est d'atteindre cette altitude deux fois de suite avec le même appareil dans un intervalle de deux semaines. Cette altitude est considérée par beaucoup comme une frontière invisible entre les milieux terrestres et le milieu spatial.

Une manière pertinente de définir cette fameuse limite est de prétendre que le milieu spatial commence là où la notion d'orbite prend sens, c'est à dire dès qu'un objet déployé « tient en l'air » tout seul. Cette dernière caractéristique souffre toutefois d'un problème avec le temps : les frottements des résidus de l'atmosphère, présents jusqu'aux environs de 600 km. Jusqu'à cette altitude et de plus en plus lorsqu'elle se rapproche de la fourchette 100-150 km, la trajectoire de l'orbite d'un satellite entraînera des frottements qui vont progressivement le freiner et, à moins d'une force corrigeant régulièrement cette perte, il se retrouvera tôt ou tard désintégré par une rentrée dans l'atmosphère²¹.

En résumé, admettre clairement une limite entre milieux terrestres et milieu spatial paraît superficiel, d'autant plus à long terme en raison des progrès potentiels de la technique. Il est toutefois pertinent de poser comme élément de décision la notion d'orbite. Lorsqu'elle devient possible, même pour une durée relativement courte, le milieu spatial est atteint. Par cette idée, nous apportons un élément de plus dans la caractérisation du milieu spatial, à savoir qu'en plus d'être impropre à la naissance de la vie telle que nous la connaissons actuellement, à moins d'apports artificiels, le milieu spatial se caractérise par la possibilité qu'il offre en terme d'orbites. C'est d'ailleurs cette propriété qui a permis un nombre considérable d'applications sur lesquelles nous nous pencherons dans la partie II du travail.

²⁰ C'est en 1995 que l'impulsion a été donnée par Peter H. Diamandis. En mai 2004 le mot Ansari a été ajouté en remerciement d'une donation généreuse de la famille Ansari. En juin 2004, l'équipe de SpaceShipOne (cf. note 56) remporte le prix, soit \$ 10 mio. Les principaux acteurs du projet gagnant sont les américains Burt Rutan (ingénieur), Mike Melvill et Brian Binnie (pilotes), sans oublier Paul Allen (co-fondateur de Microsoft, principal contributeur financier du projet).

²¹ La Station Spatiale Internationale (ISS) orbitant autour de 400 km, elle se retrouve confrontée à ce problème et doit dès lors être régulièrement « remontée » par des boosters présents autour du module de service et nécessitant d'être réapprovisionnés en carburant, ou par un engin extérieur à la station, comme le vaisseau cargo russe Progress, la Navette américaine, ou bientôt l'ATV européen. Cela ajoute encore aux coûts d'exploitation déjà élevé de la station, ce que n'ont pas manqué de relever ses détracteurs.

Une première distinction : espace proche et espace lointain

Nous avons vu que la limite inférieure du milieu spatial est floue pour ne pas dire inutile, mais nous est accessible. Par contre, sa limite supérieure nous est actuellement interdite. Etant donné que notre propos se concentre sur la partie du milieu spatial actuellement accessible par la technologie humaine, le système solaire, nous avons choisi de suivre quelques auteurs et de le partager en deux domaines : l'espace lointain, parcouru par les sondes interplanétaires ; l'espace proche, où l'attraction de la Terre est dominante et où actuellement il revêt un caractère utile pour ne pas dire indispensable à nos sociétés. Cette différenciation ne doit pas faire oublier l'immense variété de conditions physiques que l'on peut trouver au sein du milieu spatial. A ce titre, chaque planète ou satellite naturel est le siège d'un milieu particulier. L'espace entre ces astres, le milieu spatial à proprement parler, est lui-même très loin d'être homogène, notamment par rapport aux différentes distances vis-à-vis du Soleil.

« L'espace [lointain] s'étend dans la partie centrale du système solaire et comprend une étoile, le Soleil, neuf planètes principales, dont certaines sont dotées d'anneaux et possèdent leurs propres satellites, plusieurs milliers d'astéroïdes et des comètes. Il est en outre parcouru par le vent solaire, des courants de particules ionisées émises par le Soleil, et des poussières interplanétaires ».

« L'espace proche est de loin le plus fréquenté par les satellites artificiels. [...] Une coupe simplifiée de l'espace proche permet d'identifier une enveloppe gazeuse, l'atmosphère, dont une frange seulement appartient à l'espace, et un champ magnétique engendré par le noyau métallique de la Terre, la magnétosphère²². Surmontant l'atmosphère, circule un plasma, ordonné ou piégé par les lignes de force de la magnétosphère, qui constitue l'ionosphère et les différentes zones plasmatiques de la magnétosphère parmi lesquelles la zone de radiation, appelée ceintures de Van Allen, représente un milieu particulier. Enfin, comme l'espace profond, l'espace proche est parcouru par des poussières, dont les météorites constituent l'exemple le mieux connu, mais il est aussi aujourd'hui encombré de débris provenant des lancements de satellites artificiels »²³.

Pour appuyer la distinction entre espace proche et espace lointain, il est utile de s'aider de trois vitesses cosmiques, dont les définitions sont liées à la gravité terrestre ou solaire. Atteindre la première vitesse cosmique permet de placer un objet en orbite terrestre, d'atteindre l'espace proche. Ce fut le premier défi lancé aux ingénieurs dans la volonté de s'affranchir, en partie, de la force de gravité terrestre. La deuxième vitesse cosmique permet à l'objet qui l'atteint de se libérer de l'attraction terrestre, et ainsi d'être en orbite autour du Soleil. Les sondes spatiales doivent atteindre cette vitesse pour aller explorer les autres planètes du système solaire. La troisième vitesse cosmique permet de se libérer du champ

²² L'ISS a une orbite protégée d'un grand nombre de particules nocives par la magnétosphère. Le problème des radiations du vent solaire est l'un des plus épineux que devront résoudre les ingénieurs dans la perspective d'une extension de la présence humaine dans le milieu spatial.

²³ Sourbès-Verger Isabelle, Géostratégie de l'espace, www.stratisc.org/strat/strat_050_SOURBESESP.html

gravitationnel solaire, démarche dont la difficulté technique est grande et dont l'utilité est très faible, tant il reste à découvrir au sein du système solaire.

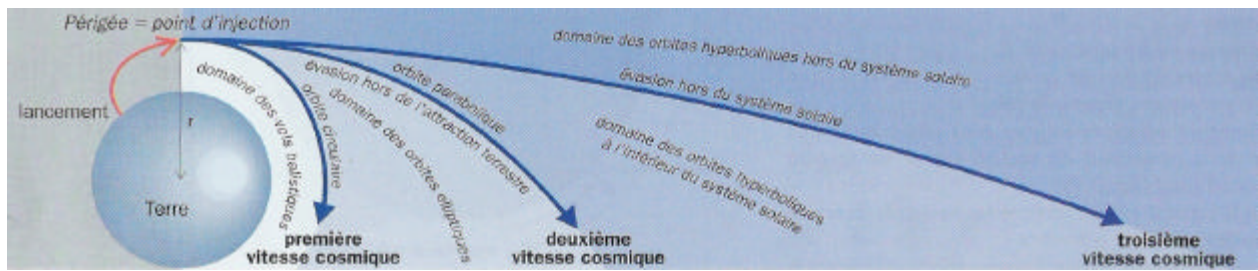


Figure 1.1 Vitesses cosmiques : 7.9 km/s ; 11.2 km/s ; 16.6 km/s (Verger F., *op. cit.*, 2000, p. 18)

1.1 Orbites et traces

Le Soleil est en orbite autour du centre de sa galaxie : la Voie Lactée. La Terre et les autres planètes du système solaire sont en orbite autour du Soleil. La Lune orbite autour de la Terre, tout comme la majorité des satellites artificiels que l'homme a réalisés. Cela doit nous rendre attentif à l'universalité de la notion d'orbite, dont le champ gravitationnel traduit la réalité. La figure 1.2 illustre les notions relatives aux orbites utilisées dans ce travail (périgée, plan de l'équateur, plan de l'orbite, ligne des noeuds, ...).

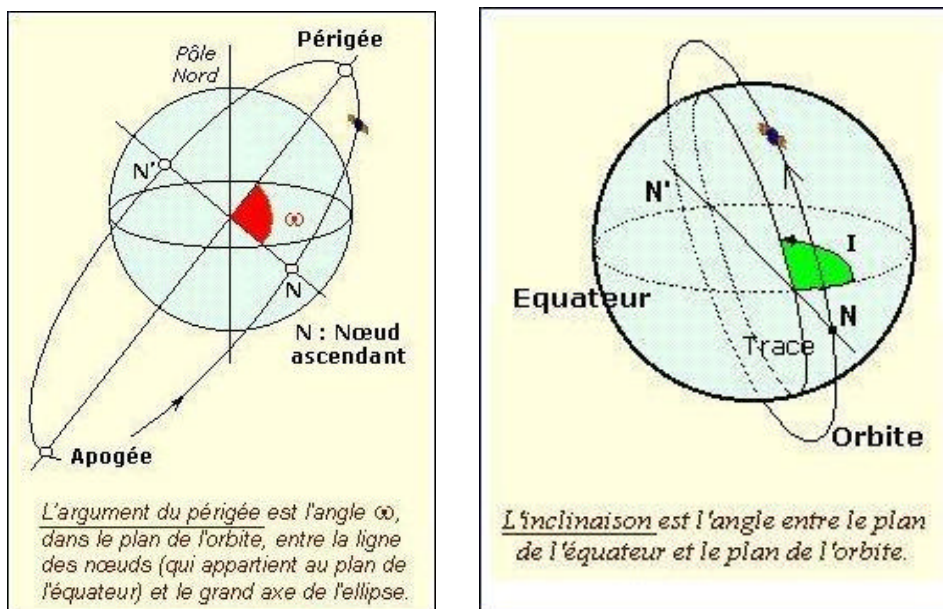


Figure 1.2 Vocabulaire orbitale (<http://www.educnet.education.fr/orbito/orb/param/param12.htm>)

*Quelques observations sur la notion d'orbite*²⁴

Les orbites constituent, avec les différents astres, un moyen de structurer le milieu spatial. La plupart du temps, les objets envoyés en orbite par l'homme sont inertes, sauf pendant les périodes souvent brèves où ils font usage de leur éventuel système de propulsion. La Terre n'a pas de système de propulsion, mais elle atteint une vitesse d'environ 30 km/s grâce à la force de gravité.

Nous pouvons nous appuyer sur les approximations des lois de Kepler, connues depuis le début du XVII^{ème} siècle, pour utiliser la mécanique céleste à nos desseins. Ces lois prennent sens lorsque d'une part un seul corps céleste agit, d'autre part lorsque ce corps est assimilable à une masse ponctuelle. Dans le cas des orbites terrestres, ces conditions sont à peu près remplies. D'une part la distance satellite artificiel – Soleil est bien plus importante que celle satellite artificiel – Terre, rendant peu influente la gravité liée au Soleil. D'autre part les propriétés physiques de notre planète produisent globalement les mêmes effets qu'une masse ponctuelle située en son centre. Cela permet d'utiliser les deux propriétés de la trajectoire d'une orbite terrestre :

- Elle est plane, entièrement contenue dans un plan fixe par rapport aux étoiles et passant par le centre de la Terre.
- C'est une ellipse dont le centre de la Terre occupe l'un des deux foyers. Les orbites décrivant un cercle dont le centre correspond à celui de la Terre sont un cas particulier dont la principale propriété est d'avoir une hauteur, une distance au sol, constante.

La réalité n'est cependant pas aussi simple, puisque les orbites sont sujettes à différentes perturbations. Par exemple celle liée à la forme de la Terre, celle-ci n'étant pas une sphère parfaite (renflement équatorial : le rayon équatorial excède le rayon polaire de 21.4 km), provoque une modification récurrente des orbites. Deux perturbations lui sont directement liées : la précession nodale²⁵ et la précession apsidale²⁶. Ces perturbations sont d'origine terrestre, au même titre que l'atmosphère résiduelle. Les autres perturbations affectant les orbites des satellites artificiels autour de la Terre sont les champs gravitationnels de la Lune et du Soleil, ainsi que le rayonnement solaire.

Avant de présenter les principaux types d'orbite, nous allons nous intéresser aux transferts et corrections d'orbite. La vie active d'un satellite artificiel commence avec la satellisation qui consiste à communiquer,

²⁴ Nous évitons volontairement d'entrer dans une description technique des orbites, notamment sur les six paramètres nécessaires pour sa description précise et sa localisation. Nous renvoyons pour cela dans un premier temps à Verger F., *op. cit.*, 2002, p.15-32. Pour une étude approfondie, voir par ex. <http://artemmis.univ-mrs.fr/cybermeca/Formcont/mecaspao0/index.htm>

²⁵ En termes simplifiés, cela signifie que non seulement un satellite, mais aussi l'orbite de ce satellite, tournent autour de la Terre. Cette modification récurrente de l'orbite est fortement dépendante de son inclinaison et de sa hauteur. A 185 km et 40° d'inclinaison, la précession nodale est d'environ 6.8° par jour vers l'ouest. A 555 km et 130°, elle sera de 4.7° par jour vers l'est.

²⁶ C'est une modification de l'argument du périhélie (c'est à dire en simplifiant la position du périhélie par rapport à la Terre). La précession apsidale est d'autant plus rapide que l'orbite est proche de la Terre et son inclinaison éloignée de 63° 26' 30" (et son angle supplémentaire). Lorsque une orbite possède cette inclinaison particulière, il aura la particularité d'avoir constamment son périhélie dans un seul hémisphère, à contrario des orbites avec d'autres inclinaisons.

au point initial nommé point d'injection, les conditions nécessaires pour obtenir l'orbite voulue, ce qui signifie en d'autres termes l'arrêt d'une première phase de propulsion. Souvent, l'orbite ainsi atteinte n'est pas définitive. Elle peut également être perturbée par différents facteurs. Le satellite doit donc disposer d'une certaine capacité de motricité, propre ou liée au lanceur (derniers étages de la fusée), qui lui permettra d'atteindre l'orbite recherchée, voire de corriger et stabiliser son orbite. Dans le cas d'un satellite géostationnaire, l'orbite d'un satellite doit passer, directement ou non, par une orbite fortement excentrique. Pour placer le satellite sur son orbite définitive, il faut passer par la circularisation de l'orbite, c'est à dire provoquer, au moment du passage à l'apogée, un supplément de vitesse qui remonte le périégée à l'altitude de l'apogée. On profite également de cette procédure pour corriger l'inclinaison, d'autant plus nécessaire que la base de lancement est éloignée de l'équateur. La circularisation est une opération très importante, qui requiert une source d'énergie conséquente. Si l'on ajoute à cette observation la nécessité d'un système de correction essentiel pour conserver une orbite définie pendant une certaine durée, nous comprenons que bien qu'étant inerte pendant la majeure partie du temps, un objet en orbite nécessite une technologie lui permettant de conserver cette orbite, c'est à dire lui permettant d'agir sur ses paramètres, de lui procurer un mouvement déterminé à un moment voulu. Ainsi, à l'heure actuelle, la quasi totalité des satellites envoyés en orbite possède un système de propulsion embarqué, dont la masse correspond environ à la moitié de celle placée en orbite de transfert²⁷.

D'autre part, il est utile d'insister sur notre incapacité actuelle à contrer la force gravitationnelle, ni même à comprendre les éventuelles particules, les gravitons, qui traduisent cette réalité. Ce point entraîne une conséquence importante par rapport à notre occupation du milieu spatial, à savoir que nous devons prendre en compte ces forces pour d'un côté y accéder, de l'autre s'y mouvoir. Contrairement au milieu terrestre, se déplacer dans l'espace implique de prendre en compte les trajectoires des différents astres, en se basant sur un référentiel solaire. Une sonde envoyée sur la Lune ne parcourra pas, et de loin, le plus court chemin pour y parvenir (une ligne droite), mais effectuera un certain nombre d'orbites terrestres avant de parcourir le chemin. Si nous voulons envoyer directement un objet vers le Soleil, il nous faut nous libérer de l'attraction terrestre d'une part, c'est à dire atteindre une vitesse de l'ordre de 11.2 km/s, puis provoquer une poussée de l'ordre de 30 km/s, de façon à « tomber » vers le soleil. En effet, lorsqu'un objet s'échappe de l'attraction terrestre, il est encore dans le puissant champ gravitationnel du Soleil, en orbite à une vitesse de l'ordre de 30 km/s.

²⁷ Lebeau, *L'espace en héritage*, Odile Jacob, Seuil, Paris, 1986. Cette affirmation date quelque peu. Les progrès techniques permettront sans doute de réduire cette proportion.

Les principaux types d'orbites

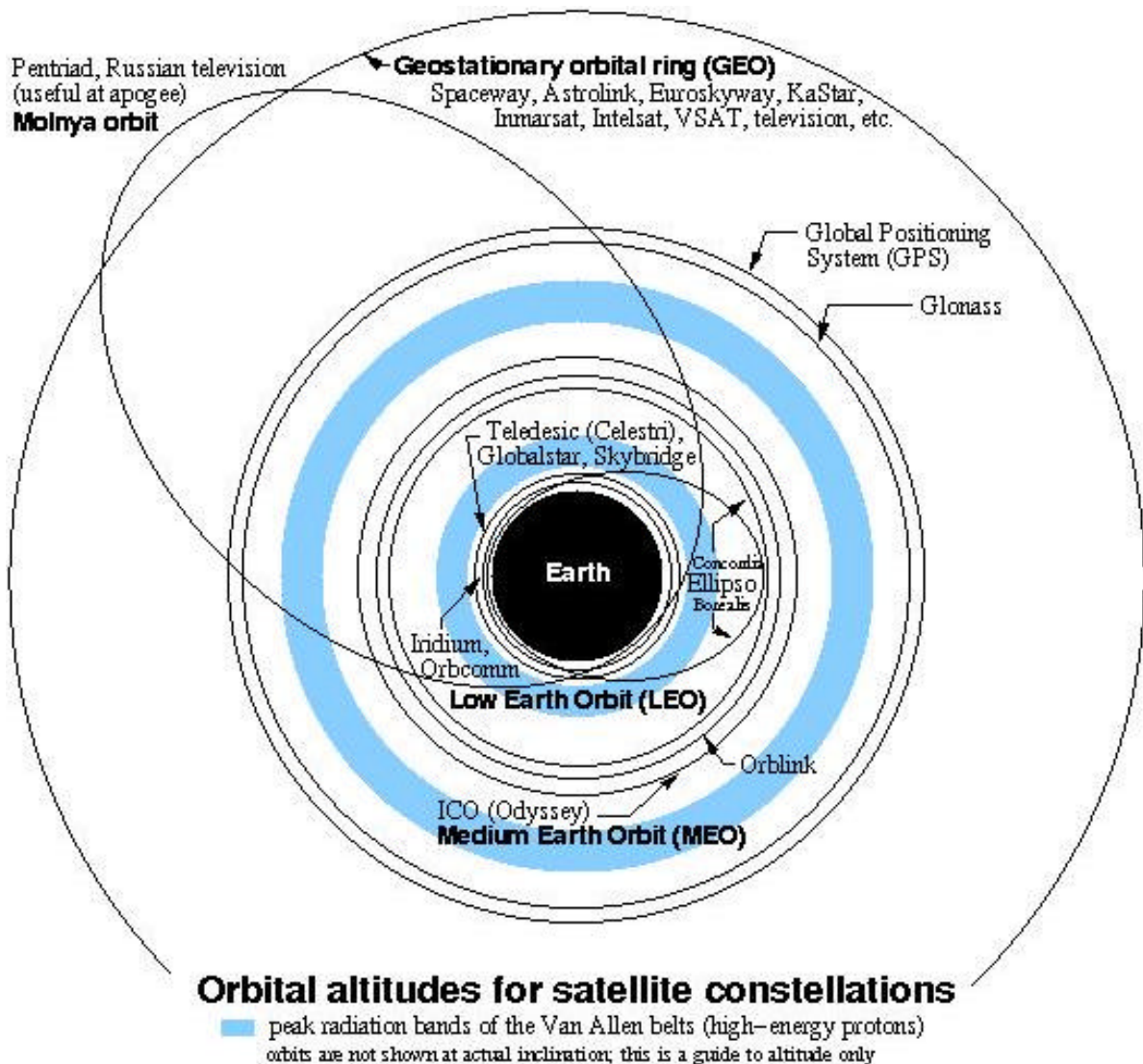


Figure 1.3 (ee.surrey.ac.uk/Personnal/L.Wood/constellations/tables/overview.html)

L'injection d'un objet en orbite est passée du stade d'exploit à celui de banalité dont les médias se sont peu à peu distancés. Aujourd'hui notre technologie permet d'injecter un objet sur une orbite précise, préalablement choisie pour les propriétés qu'elle procure. Bien que leur système de propulsion n'ait guère changé depuis les années 1960, les capacités des engins permettant d'accéder au milieu spatial, les lanceurs, se sont améliorées. En conjonction avec les perfectionnements des systèmes de propulsion propres au satellite, cela a permis d'atteindre des orbites toujours plus précises et de les conserver pendant une durée qui s'accroît. Dans un souci de simplification et de pragmatisme²⁸, nous distinguerons l'orbite géostationnaire, les orbites basses (comprenant les orbites héliosynchrones et polaires) et l'orbite Molnya. Les trois sont situées dans l'espace proche.

²⁸ Les orbites décrites sont les principales utilisées par les satellites d'applications

Le figure 1.4 illustre la mise en orbite géostationnaire d'un satellite lancé depuis la base spatiale américaine de Cap Canaveral, située à l'Est de la Floride ($28^{\circ} 30'$ de latitude Nord). Après avoir été injecté en orbite d'attente à 300 km de hauteur (1), une impulsion est donnée en P (périgée) par un moteur de périgée, entraînant le satellite sur une orbite de transfert elliptique, avec une apogée vers 36'000 km (2). Dans un troisième temps, l'orbite va être circularisée (3) et l'inclinaison corrigée, ces manoeuvres pouvant

se faire simultanément ou non. L'impulsion sera donnée en A (apogée). Enfin le satellite sera positionné à la longitude voulue (4).

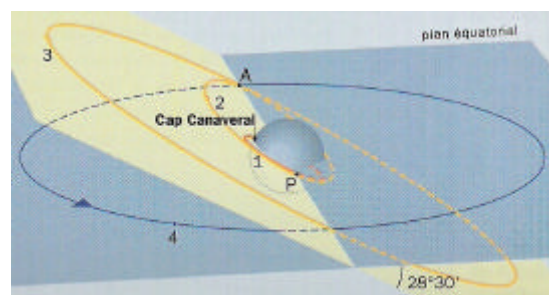


Figure 1.4 (Verger F., *op. cit.*, 2002, p.25)

L'orbite géostationnaire est caractérisée par une trajectoire circulaire à environ 36'000 km de hauteur par rapport à la surface terrestre²⁹, située dans le plan de l'équateur. Effectivement, les satellites géostationnaires possèdent la propriété très utile de rester à la verticale d'un lieu. Cela permet de faire du satellite un point haut, à l'image de ce qu'ont permis les premières montgolfières et avions, impliquant une vision d'ensemble de plus de 40 % de la surface terrestre. Il suffit dès lors de trois satellites géostationnaires pour couvrir la presque totalité de la surface planétaire (presque, car les pôles ne seront pas couverts). L'orbite géostationnaire est plus difficile à atteindre que les orbites basses, ce n'est d'ailleurs qu'en 1963 que le premier satellite géostationnaire sera lancé avec succès. Si un satellite est situé à une altitude de 36'000 km mais n'a pas une inclinaison de 0° , il est dit géosynchrone, c'est à dire qu'il effectuera une orbite complète durant une période sidérale (cette dernière étant équivalente à une rotation complète de la Terre, soit 23 h 49 m 4.091 s). Un satellite géostationnaire est ainsi forcément géosynchrone. Enfin, remarquons que par sa particularité unique de rester à la verticale d'un lieu, un objet en orbite géostationnaire tend à favoriser la volonté d'appropriation de cette ressource par les acteurs de ce lieu³⁰.

La notion d'orbite basse peut être définie comme ayant une période (révolution complète autour de la Terre) égale ou inférieure à 225 minutes³¹. Les satellites entrant dans cette catégorie pouvant avoir une trajectoire excentrique ou circulaire. La raison expliquant cette durée réside dans les perturbations d'origine principalement terrestre que subit un satellite suivant ce type d'orbite. En effet, une orbite basse est perturbée principalement par les résidus de l'atmosphère et les anomalies gravitationnelles de

²⁹ Cette approximation est la plus usitée, le chiffre actuel avec une précision à l'échelle du kilomètre est de 35'786 km d'altitude. Une autre manière de comprendre la position d'un satellite géostationnaire est de prendre comme référence le centre de la Terre, cela donne une distance entre celui-ci est le satellite de 42'165 km.

³⁰ Nous pensons à la déclaration de Bogota, faite en 1976. Celle-ci, signée par certains pays par lesquels passe la ligne de l'équateur (Equateur, Colombie, Brésil, Congo, R.D.C., Ouganda, Kenya, Indonésie), formule des revendications sur l'orbite géostationnaire en prétendant qu'elle constitue une ressource naturelle limitée, relevant de leur souveraineté.

³¹ <http://www.satobs.org/faq/Chapter-04.txt>

la Terre, non par les champs gravitationnels lunaire ou solaire. Au sein de cette grande famille des orbites basses, certaines ont des propriétés particulières. L'orbite héliosynchrone se caractérise par un plan présentant toujours le même angle avec la direction Terre – Soleil, ayant la propriété d'une heure solaire locale constante au passage sur un lieu donné : un éclairage sensiblement constant, ne variant qu'avec les saisons. Un balayage de presque toute la surface du globe est également rendu possible par cette orbite. Pour que cette dernière condition soit remplie, l'orbite doit être polaire, c'est à dire avoir une inclinaison proche de 90°.

Nous terminons cette présentation par une orbite moins connue du grand public, celle de type Molnya. Ce nom russe a été donné à une orbite exploitée principalement par l'Union Soviétique puis la Russie pour ses satellites de communication (satcoms). Cette orbite s'appuie sur la propriété présentée précédemment (cf. note 26) d'une inclinaison d'environ 63°, permettant au périhélie de l'orbite d'être toujours situé dans le même hémisphère. Ajouté à une trajectoire fortement elliptique, cette propriété permet à un satellite de passer environ 90 % de son temps dans l'autre hémisphère. Il devient dès lors possible d'utiliser cette propriété pour avoir un satellite ayant un coût de lancement moindre qu'un satellite géostationnaire, ayant comme caractéristique d'être situé au-dessus d'une région pendant une longue durée.

La notion de trace

« La trace est la ligne imaginaire que dessine l'intersection de la verticale du satellite en orbite avec la surface de la Terre. Son dessin résulte de la combinaison du mouvement du véhicule spatial et de la rotation terrestre. Il permet de visualiser sur la surface du globe le déplacement du satellite »³². La trace permet de cartographier l'orbite d'un satellite, autrement dit de décrire précisément sa position par rapport à la surface du globe autour duquel il est en orbite. Les traces des orbites circulaires sont relativement aisées à comprendre et classer, tandis que les orbites elliptiques revêtent toutes sortes de formes rendant une typologie fastidieuse. La figure 1.5 montre quelques exemples de traces. Cette image a été générée à partir du logiciel « Solstice »³³. Les traces représentées correspondent à une simulation d'un peu moins de 48 heures. La trace noire correspond à celle de la Station Spatiale Internationale (ISS, période de 92.18 minutes), la rouge à celle du satellite Molnya 1T (période de 24 heures), la jaune au satellite scientifique d'observation spatiale XMM (période de 48 heures). Les deux derniers cités ont une orbite elliptique, tandis que celle de l'ISS est circulaire. Alors que XMM accomplit une période, soit un « tour » de la Terre, Molnya 1 T en accomplit 2 et l'ISS un peu plus de 31.

³² Verger F., *op. cit.*, 2002, p.33

³³ Téléchargeable à l'adresse www.educnet.education.fr/orbito/orb/logiciel/logi11.htm

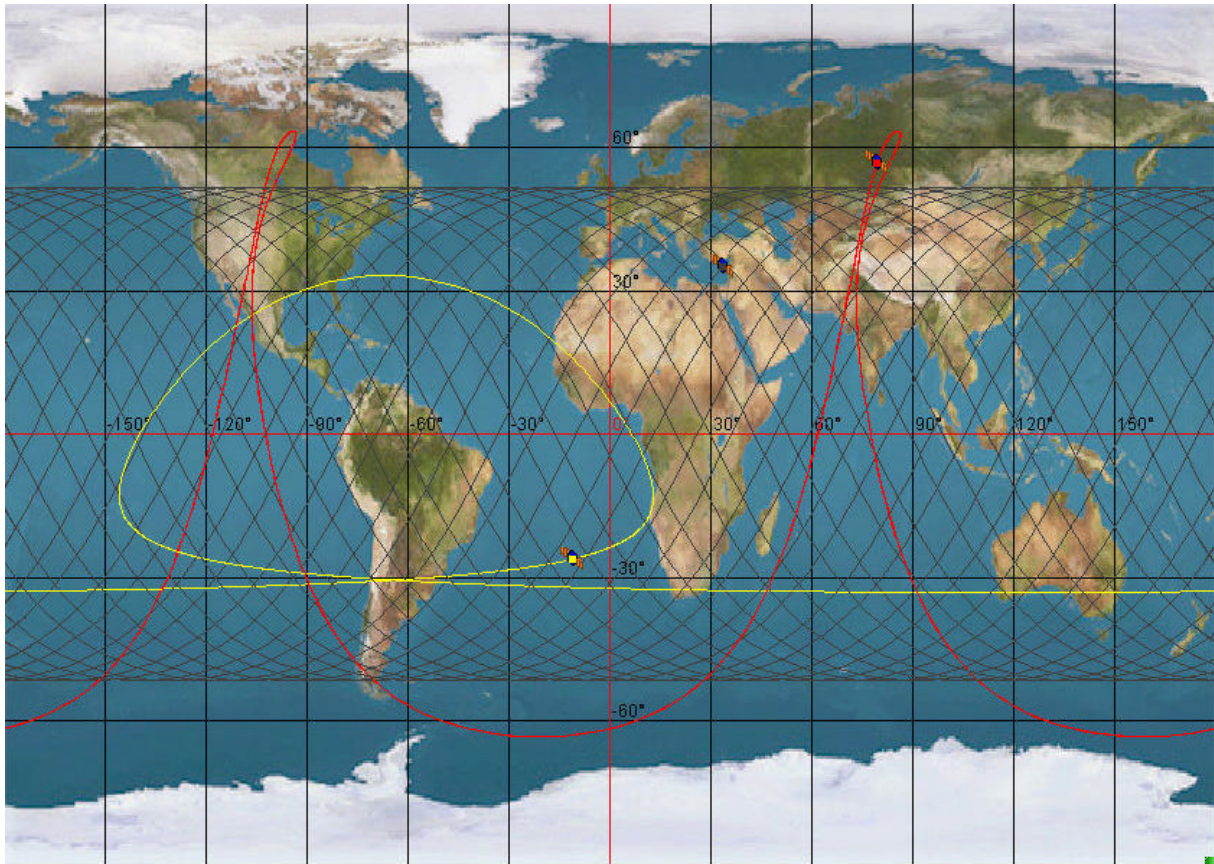


Figure 1.5 Trois traces générées par le logiciel Solstice, simulation de 48 h.

1.2 Les points de Lagrange

Nous avons vu que grâce aux approximations des lois de Kepler, il est possible de décrire et expliquer la notion d'orbite et les propriétés qui en découlent à partir du champ gravitationnel d'un corps céleste. Les points de Lagrange, du nom de l'astronome français ayant décrit leur existence théorique à la fin du XVIII^{ème} siècle, sont également liés aux champs gravitationnels, à la différence que ces points prennent sens en présence de deux corps célestes, et non d'un seul. Par exemple, il y a les points de Lagrange du système Soleil – Terre, ou ceux du système Terre – Lune. Dans ce dernier cas, cette donnée doit nous rendre attentif à un élément d'importance : le fait que pour la première fois dans cette partie descriptive entre en jeu non seulement la Terre, mais également la Lune. A première vue anodin, ce changement entraîne un basculement conceptuel, puisqu'il devient nécessaire de passer d'un système centré sur la seule Terre à un système Terre – Lune. Ce changement peut être ramené à une situation théorique, avec toutes les précautions liées au dangers des analogies, du passage d'un monde à un continent, à un autre formé par deux continents.

Les cinq points de Lagrange sont caractérisés par l'équilibration de la force de gravité de deux astres. Sur la figure 1.6, les objets placés en ces points conservent leur position par rapport au système. L1, L2 et L3 sont situés sur la droite passant par le centre des deux astres, ces trois points sont instables. L4 et L5 sont par contre stables, ils auront tendance à attirer les objets proches. La stabilité des points de Lagrange n'est cependant qu'approximative dans la pratique car les champs gravitationnels d'autres corps célestes perturbent le système

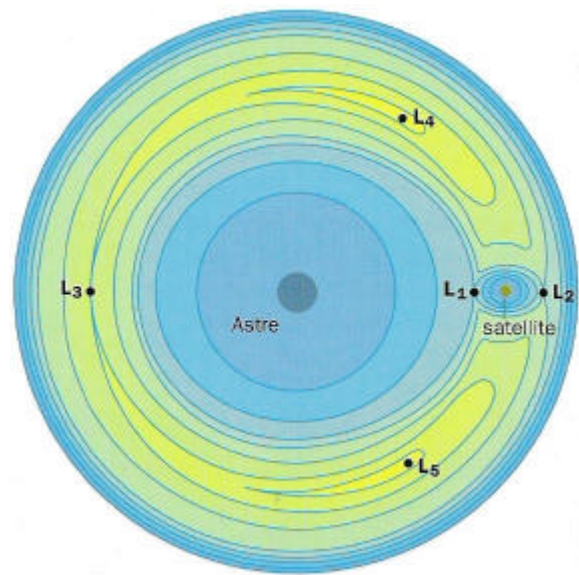


Figure 1.6 (Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 28)

Les propriétés des points de Lagrange sont utilisées, par exemple avec la sonde SOHO (Solar and Heliospheric Observatory), qui orbite autour du point L1 du système Terre – Soleil depuis près de dix ans. L'idée sans doute la plus ambitieuse liée à ces lieux particuliers est le travail de Gerard K. O'Neill³⁴ (1927 – 1992). Au début des années 1970, il imagine une colonisation de l'espace à partir d'énormes stations positionnées aux points L4 et L5 du système Terre - Lune, ayant une gravité artificielle (grâce à une rotation sur elles-mêmes) et construites à partir de matière provenant de la Lune ou des astéroïdes. L'intérêt d'une telle démarche devient cohérent avec l'ambition d'une exploration toujours plus approfondie aboutissant à une colonisation du système solaire. Une infrastructure aux points L4 et L5 pourrait faire office de port spatial, optimisant les déplacements au sein du système Terre – Lune voire d'un système plus étendu. Actuellement, l'idée développée par O'Neill, soit une colonisation, n'est revendiquée par aucune politique spatiale, celles-ci se bornant à proposer de l'exploration (cf. partie III).

1.3 La Lune

Premier et pour l'instant seul astre exploré physiquement par l'être humain, notre satellite naturel est le plus accessible des « mondes » extraterrestres. Située à $384'403 \pm 48'000$ km de la surface terrestre, notre unique satellite naturel orbite autour de la Terre en 27 jours, 7 heures et 43 minutes. Son atmosphère est très ténue et son sol est constitué principalement d'une couche de régolite, débris des collisions entre l'astre et les astéroïdes. Son influence sur la Terre et ses habitants est importante, puisque la Lune est par exemple responsable des marées. Celles-ci ralentissent la rotation de la planète par leur friction avec l'écorce terrestre et stabilise sa rotation. Les forces de Coriolis sont ainsi moins

³⁴ O'Neill Gerard K., *Les villes de l'espace : vers le peuplement, l'industrialisation et la production d'énergie dans l'espace*, Laffont, Paris, 1978 (1977)

puissantes, empêchant la formation de vents à haute vitesse, de l'ordre d'environ 350 km/h, qui balayeraient la surface terrestre. Sans la Lune, les tempêtes seraient à la fois plus nombreuses et plus destructrices. Par ailleurs, la présence de la Lune est peut-être l'un des principaux facteurs de l'émergence d'une vie complexe sur Terre. En effet, sans la stabilité que la Lune entraîne, l'axe de rotation terrestre serait chaotique sur l'ordre de centaines de millions d'années. Les pôles se promèneraient ainsi sur la surface du globe, modifiant l'équilibre de la biosphère, ce qui entraînerait des changements climatiques récurrents et importants. Une grande variabilité de la biosphère en serait la conséquence, et à sa suite un potentiel de développement organique complexe diminué.

L'homme vers la Lune

A partir de 1959, les premiers objets humains atteignent l'orbite³⁵ et la surface lunaire, dans ce dernier cas surtout en s'y écrasant. En septembre 1968, les Soviétiques envoient un module, Zond 5, qui survolera la Lune à 2'000 km et sera récupéré. Les américains franchissent une étape décisive la même année avec Apollo 8, occupé par trois hommes, qui est placé en orbite lunaire à 112 km de hauteur, avant de revenir sur Terre. « *Pour la première fois des hommes ne voient plus leur planète natale* »³⁶. En juillet 1969, le fameux « *one small step for man, one giant leap for mankind* »³⁷ est prononcé par l'américain Armstrong pour ce premier contact entre un corps humain, enrobé dans la combinaison nécessaire à sa survie, et la surface lunaire. Entre la fin des années 1960 et le début des années 1970, période glorieuse pour l'exploration physique de l'espace (et ainsi l'extension de l'espace géographique physique), se déroule une compétition entre Soviétiques et Américains, qui explique en grande partie si ce n'est totalement cet accomplissement dans le domaine de l'homme dans l'espace. A cette période, les observateurs, même avertis, étaient enthousiastes et confiants dans la progression rapide de l'exploration de l'espace par l'homme et par conséquent de son implantation sur la Lune. Albert Ducrocq (1921 – 2001), éminent journaliste scientifique français, écrivait ainsi en 1969 : « *les premières stations sur la Lune peuvent se situer vers 1980. On estime qu'avant l'an 2000, il y aura en permanence sur la Lune quelques dizaines (peut-être quelques centaines) de personnes. Au début du XXIème siècle on pourrait voir apparaître les premières cités lunaires* »³⁸. Pas de chance pour cette prédiction, pardonnable à la vue des circonstances historiques. Cette erreur d'appréciation nous fait comprendre, plus de 30 ans après les premiers pas sur la surface lunaire, que cet acte n'était pas le point de départ immédiat de l'expansion de notre espèce dans le système solaire. Actuellement, bien que l'homme soit constamment présent en orbite terrestre grâce à l'ISS, tout est à refaire dans ce domaine. Nous verrons dans la partie III qui en sont les acteurs potentiels.

³⁵ Dans le but notamment de photographier sa face cachée. La Lune présente actuellement toujours la même face à la Terre car elle a une période de rotation propre égale à celle de sa période orbitale, ce phénomène est également à mettre en relation avec les effets de marée, cette fois provoqués sur la Lune par la champ gravitationnel terrestre.

³⁶ Dupas Alain, *Hommes et robots dans l'espace, Une autre histoire de l'espace*, T. II, Gallimard, Paris, 1999

³⁷ « *Un petit pas pour l'homme, un bon de géant pour l'humanité* »

³⁸ Ducrocq A., « Pourquoi la Lune ? », *Revue S Et. Expansion* n° 236, p. 514, Bruxelles, 1969

Où aller sur la Lune ?

En partant de l'hypothèse qu'un ou plusieurs acteurs ont ou auront bientôt le potentiel pour accomplir l'ambitieux projet d'implanter une base lunaire, une question intéressante pour un géographe est de déterminer où elle pourrait être située. Les premières et encore uniques missions habitées vers la Lune, les missions Apollo XI à XVII, n'ont jamais entraîné une présence de plus de quelques jours sur le sol lunaire. Les sites d'atterrissage étaient choisis essentiellement pour des raisons de sécurité. Un terrain plat et dégagé était le requis de base. Dans la perspective d'une implantation pérenne, qu'elle soit constituée par une présence humaine continue ou non, il sera primordial d'avoir une ou plusieurs raison(s) légitimant cet acte³⁹. D'autre part, étant donné le coût important nécessaire pour atteindre la Lune, il est acquis qu'une telle entreprise se fera dans une perspective d'autarcie partielle. Une base lunaire devrait ainsi se suffire à elle-même en ce qui concerne les matériaux lourds nécessaires à son établissement et à son exploitation, voire à la survie des hommes l'occupant. Ces éléments sont pris en compte dans les projets élaborés de nos jours, dont le point de départ est la présence d'eau. De cette question pas encore tranchée dépend sûrement l'établissement d'une base lunaire. A la fin des années 1990, les sondes Lunar Prospector et Clementine ont identifié des indices permettant de croire, mais pas de conclure, à la présence d'eau près des pôles lunaires. Cette question ne sera tranchée qu'avec l'envoi du Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) qui orbitera autour de la Lune pendant une année à partir de 2008.

Le mot est lâché, ce sont les pôles de notre satellite qui verront peut-être un jour des établissements d'humain. D'une part car ils recèlent en leur sous-sol l'eau si précieuse à notre espèce, d'autre part grâce à la possibilité offerte d'une lumière quasi permanente et par conséquent d'une source d'énergie continue. Effectivement, l'eau, si elle est présente, se trouverait à l'ombre des cratères des pôles, et l'on trouverait au sommet de ces mêmes cratères des conditions d'illumination quasi permanente par le Soleil, rendant possible l'installation d'une centrale solaire constamment alimentée par les rayons de notre étoile, et par conséquent d'une source d'énergie quasiment inépuisable.

Quelle est l'utilité d'une base sur la Lune ?

Il reste que l'utilité d'une telle entreprise, l'établissement d'une base lunaire habitée, semble aujourd'hui bien faible. Les possibilités offertes semblent minces en regard du coût exorbitant d'un tel projet.

³⁹ Les missions ayant entraîné une présence humaine sur la Lune s'expliquent surtout pour des raisons politiques (les aspects scientifiques étant également non négligeables). D'ailleurs, le meilleur argument par rapport à la relative inutilité des missions Apollo est qu'elles n'ont pas été poursuivies. Si la présence d'humains sur la Lune s'était alors avérée précieuse et utile, les missions inaugurées à la fin des années 1960 auraient été poursuivies.

L'installation d'instruments scientifiques est souvent mise en avant comme principal argument. Télescopes, interféromètres optiques ou radios, détecteurs de rayon cosmiques ou d'ondes gravitationnelles pourraient tirer avantageusement partie des propriétés de la Lune et notamment de sa face cachée où il y a quasi absence de pollution radioélectrique d'origine anthropique perturbant l'observation, ainsi que quasi absence d'atmosphère. D'autres arguments reviennent également comme la possibilité d'exploiter le sol lunaire, d'en faire une mine⁴⁰, à hydrogène notamment. Cette dernière idée peut être interprétée comme un changement d'échelle dans l'accès de l'homme à l'espace. Il entraînerait le passage du stade actuel d'une technologie liée au milieu spatial centrée sur l'information, à celui où la technologie permettrait d'utiliser le milieu spatial comme source d'approvisionnement en matière et en énergie⁴¹. Un autre argument pour une base lunaire habitée serait d'en faire une étape d'essai avant d'autres bases établies sur Mars⁴². Elle servirait à tester dans des conditions proches de la réalité ce à quoi devraient s'attendre les hommes présents sur l'astre du dieu guerrier romain.

Ces quelques observations montrent, au même titre que pour des colonies spatiales situées aux points L4 et L5, que l'idée de construire une base lunaire peut devenir légitime lorsque cela s'insère dans une perspective à long terme visant à faire de certains lieux du système solaire des zones d'expansion du genre humain. Cette perspective nécessite un changement d'échelle important dans nos capacités d'accès et d'opération au sein du milieu spatial, basculement qualitatif et quantitatif qu'il est bien difficile de prévoir, mais qui reste pour l'instant éloigné, surtout étant donné nos capacités actuelles en terme d'accès aux orbites (cf. chapitre 1.6). Il est possible que l'implication du secteur privé et/ou que le jeu géopolitique, sur lesquels nous nous pencherons dans la partie III, puisse accélérer le mouvement d'implantation de l'homme sur la Lune. Cependant, il paraît bien improbable qu'un projet d'hôtel lunaire devance une base élaborée pour des raisons scientifiques, rendant un établissement humain pérenne fort éloigné de ce à quoi nous pouvons nous attendre dans les deux prochaines décennies. En conclusion, une base lunaire ne devient légitime que dans une perspective plus large et son utilité reste sujette à beaucoup de questions. Du fait de sa proximité avec la Terre, la Lune est toutefois un passage obligé dans la maîtrise des techniques de survie dans un milieu extraterrestre hostile, tout comme dans celles liées à l'exploitation, matérielle et énergétique, des ressources du milieu spatial. Si l'humanité se survit⁴³ et qu'elle entreprend de s'établir ailleurs que sur Terre, il est

⁴⁰ En août 2005, lors du air show de Moscou (MAKS), l'entreprise aérospatiale russe Energyia annonçait vouloir produire de l'hélium (He) 3 sur la Lune. L'He 3 est considéré comme le carburant thermonucléaire du futur : « *Nous sommes en train de discuter de l'exploration industrielle de la Lune dans le but d'en faire une source d'He 3* » a déclaré le président d'Energyia Sevastyanov.

⁴¹ Cette approche visant à structurer les éléments de l'activité humaine en trois parties : matière, énergie et information, a été trouvée dans l'excellente bibliographie d'André Lebeau. Elle permet d'établir une différenciation pertinente et facile, très utile pour saisir les enjeux que représentent le milieu spatial. Nous nous appuyerons sur cette approche par la suite. Notons que l'idée d'utiliser le milieu spatial comme source d'énergie a été développée par P.E. Glaser au début des années 1960. Son idée de base était la réalisation de centrale solaire en orbite.

⁴² C'est ce que prévoit par exemple la « *Vision for Space Exploration* » présentée par Georges W. Bush en 2004.

⁴³ La propension des êtres humains à se faire la guerre, à petite comme à grande échelle, pourrait entraîner un recul technologique lié à la destruction d'une certaine frange de l'humanité. Cette idée peut être liée à la technologie des bombes nucléaires, qui pourraient en cas d'utilisation massive entraîner un hiver nucléaire fatal à une grande proportion de notre espèce. Toutes les perspectives abordées dans ce travail ont en arrière plan l'hypothèse que les être humains seront suffisamment intelligents pour ne pas aboutir à de telles extrémités.

patent que la Lune sera un laboratoire utile à cette perspective, les pôles paraissant actuellement les lieux les plus propices à un établissement humain sur la Lune.

1.4 Mars

Mars est la planète tellurique la plus à même de voir un jour des êtres humains fouler son sol. Alors que Mercure et Vénus ne voient aucun projet être élaboré pour une visite humaine⁴⁴, Mars est, à nouveau, sous les feux de l'actualité depuis le milieu des années 1990. Les premiers objets humains atteignent son orbite en 1964 et s'écrasent sur son sol à la fin de 1971. Cette même année voit la première couverture quasi complète de la surface martienne par la sonde américaine Mariner 9, rendant possible une cartographie à grande échelle de la planète. En comparaison d'une mission vers la Lune, une mission vers une planète du système solaire nécessite la prise en compte de fenêtres de lancement, compromis entre la puissance d'un lanceur et les caractéristiques de la sonde, qui déterminent une certaine durée des missions. Dans le cas martien, ces fenêtres de lancement reviennent périodiquement tous les 26 mois environ. Pour se rendre sur Mars avec la technologie actuelle, il faut compter de six à neuf mois, durée qui n'a rien à voir avec un déplacement de la Terre à la Lune, qui peut actuellement être accompli en quelques jours.

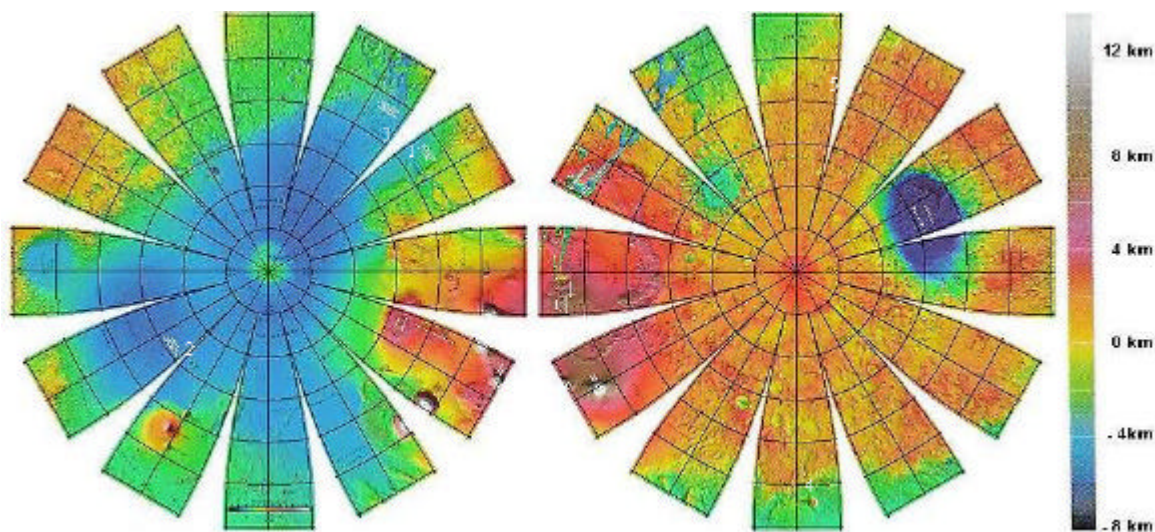


Figure 1.7 Topographie de Mars mesurée par Mars Global Surveyor, et sites d'atterrissage de cinq sondes (astrogeology.usgs.gov)

La figure 1.7 montre les cinq sites martiens visités par des sondes américaines depuis 1976. De 1 à 5, il s'agit respectivement de Viking 1 (1976), Viking 2 (1976), Pathfinder (1997), Spirit (2004) et Opportunity (2004). Opportunity a dévoilé des affleurements rocheux et un sable sombre contenant

⁴⁴ Alors que Vénus avait les faveurs d'un certain nombre de personnes au début des années 1960, les découvertes faites par différentes sondes nous ont fait comprendre qu'une température de l'ordre de 500° C et une pression atmosphérique plus de 100 fois plus élevée que celle de la Terre rendaient un projet de visite humaine sur Vénus trop complexe et risqué actuellement. Une sonde européenne (Venus Express) a été lancée à la fin 2005. Signalons également une mission de la NASA (Messenger) en route pour Mercure depuis août 2005.

de l'hématite, un oxyde de fer pouvant se former en présence d'eau, molécule recherchée car supposée permettre l'émergence de la vie que nous connaissons, d'où un certain intérêt scientifique.

Entre fin 2003 et début 2004, trois missions ont atteint le sol de Mars. Une européenne (Mars Express avec l'atterrisseur Beagle 2, ce dernier sera un échec), deux autres américaines (déploiement des robots Spirit et Opportunity sur la surface martienne, ces derniers fonctionnent encore aujourd'hui alors qu'ils étaient prévus pour fonctionner 3 mois). Le 23 janvier 2004, l'Agence Spatiale Européenne (ESA) annonce qu'il y a de l'eau sur Mars, suite à la détection par la sonde Mars Express de molécules d'eau. Le 2 mars 2004, la NASA annonce qu'il y a de forts indices d'une présence ancienne et durable d'eau sur Mars. Le constat est posé : la présence probable d'eau souterraine permet d'envisager une implantation facilitée. Reste à déterminer des raisons suffisantes pour concrétiser une mission humaine vers Mars.

Pourquoi aller sur Mars ?

Les mêmes arguments utilisés pour légitimer une implantation humaine sur la Lune peuvent être appliqués à Mars. Comme nous l'avons vu, ceux-ci n'ont de sens que dans une perspective élargie, faisant basculer l'utilisation du milieu spatial de source et relais d'informations à source de matière et d'énergie, basculement qui paraît aujourd'hui encore lointain. Un argument supplémentaire, également valable pour la Lune, est le potentiel du sensationnel, et par conséquent du potentiel commercial, qu'une mission humaine vers Mars représente. Cela permettrait par exemple de monter une émission de télévision faisant vivre le voyage vers Mars à ceux restés sur Terre.

Mars bénéficie d'un groupe de pression, principalement actif aux Etats-Unis, défendant un projet de mission habitée pour cette planète. Il s'agit de la fondation The Mars Society⁴⁵, née en 1998 aux Etats-Unis. Son président actuel, le Dr. Robert Zubrin, est le chantre de cette volonté d'étendre rapidement notre présence physique vers Mars. Sa fondation essaime à travers le monde, il existe par exemple une Swiss Mars Society (SMS), née au début de l'année 2003. Selon celle-ci, sept arguments principaux légitiment la concrétisation d'une mission habitée vers Mars⁴⁶. Nous les présentons ci-après en italique, avec à leur suite des éléments les appuyant :

- *Pour la connaissance de Mars.* Les sondes ayant révélé que Mars était auparavant chaude et humide, regroupant les conditions pour que la vie que nous connaissons émerge, il faut chercher à savoir si ce processus s'est vraiment déroulé. Des recherches sur Mars iraient dans ce sens, et permettraient, dans le cas où des traces sont trouvées et prouvées, de déclarer que la vie n'est pas uniquement apparue sur Terre, et que par conséquent elle pourrait très bien s'être

⁴⁵ www.marssociety.org

⁴⁶ Ces sept éléments ont été partiellement repris et traduits de l'original, en anglais, accessible depuis le site internet : www.marssociety.org/about/founding_declaration.asp

développée dans d'autres lieux de l'Univers, ce qui serait une révolution intellectuelle comparable à celle apportée par Copernic.

- *Pour la connaissance de la Terre.* Après la prise de conscience de l'influence anthropique sur les modifications climatiques, la comparaison permise entre le climat terrien et martien serait susceptible d'améliorer significativement notre compréhension du climat terrien.
- *Pour le défi.* Les civilisations prospèrent grâce aux défis qu'elles se lancent et déclinent en leur absence. Le temps où la guerre était utilisée comme facteur voulu d'amélioration technologique est fini. Le monde s'unifiant, gagner Mars serait un projet susceptible de fournir au monde la possibilité de se réunir dans un projet international qui pourrait servir d'exemple.
- *Pour la jeunesse.* La jeunesse souhaite de l'aventure. Un programme habité vers Mars éveillerait l'intérêt d'une jeunesse qui serait la première à étudier ce nouveau monde. Si cette aventure augmentait d'un pourcent la part d'étudiants en sciences, le monde se verra abreuver en innovations créant de nouvelles industries aux bénéfices innombrables qui diminueraient fortement le prix du programme.
- *Pour l'opportunité.* L'établissement d'un Nouveau Monde Martien est une opportunité d'expérience noble pour l'humanité qui permettrait de construire en s'aidant du mieux tout en rejetant le mauvais. Une telle opportunité ne se présente pas souvent et ne doit pas être dédaignée.
- *Pour l'humanité.* Nous sommes plus qu'un animal puisque nous sommes les messagers de la vie. Nous sommes les seuls êtres terrestres à pouvoir continuer l'oeuvre de création en apportant la vie sur Mars. Ce faisant nous serions à même de prouver la valeur de notre espèce.
- *Pour le futur.* Mars n'est pas seulement une curiosité scientifique. C'est une terre à la surface équivalente à celle des terres émergées de notre planète, qui peut être le support non seulement de la vie mais d'une société technologique. C'est un Nouveau Monde dont l'histoire est à écrire par une nouvelle branche de l'humanité. Nous devons y aller pour permettre à ce potentiel de devenir une réalité.

Partant du principe que Mars est l'astre qui nous est le plus accessible après la Lune et que la technologie actuelle nous permettrait de l'atteindre et d'en revenir, les arguments apportés par la Mars Society méritent l'attention. Les missions en cours, dont notamment la cartographie de la planète à partir de satellites en orbite martienne et cette belle pérégrination des deux robots américains, vont peu à peu préciser l'enjeu que représente et représentera Mars. Il sera alors possible de poser un constat plus fourni qu'actuellement sur l'utilité d'une ou plusieurs missions habitées vers la planète. Le principal intérêt actuel de cette question est à notre avis à chercher dans les futurs acteurs. Se dirige-t-on vers un solo d'un Etat ou une compétition à deux ou plus, vers un projet en coopération internationale (quels seraient les pays ?) ou vers un projet où le secteur privé serait prédominant ?

1.5 Les astéroïdes et les satellites des géantes gazeuses

Ce chapitre est sans doute une perspective lointaine. En effet, les astéroïdes et les satellites des géantes gazeuses (particulièrement ceux de Jupiter et Saturne), tout comme les comètes sur lesquelles nous n'entrerons pas en matière, ne sont pas prêts de voir de près des humains⁴⁷, ce qui entraîne actuellement leur absence de l'espace géographique physique. Par contre, ils font désormais partie à part entière de l'espace géographique matériel. Leur utilité dans la compréhension de la formation du système solaire et par conséquent de la Terre est importante. Dans la perspective, qui peut certes être lointaine, d'une exploitation matérielle du milieu spatial, les astéroïdes seront sûrement un élément primordial de cette dynamique. De plus, mieux comprendre les astéroïdes, et surtout ceux susceptibles de croiser l'orbite terrestre, permet aux humains de mieux se prémunir contre une catastrophe naturelle qui selon la plupart des paléologues a anéanti plus de 90 % des espèces terrestres à la fin du Crétacé, dont les fameux dinosaures. Quant aux satellites des géantes gazeuses, leur taille leur permet dans certains cas d'avoir un cœur chaud et une atmosphère, conditions potentiellement intéressantes dans l'étude de la vie. De grands espoirs sont placés dans Europe, l'un des quatre satellites galiléens, dont la surface serait une couche de glace qui cacherait de l'eau liquide. Plus pragmatiquement, la récente mission Cassini-Huygens, a vu Huygens percer l'atmosphère du plus gros satellite de Saturne, Titan, et envoyer des images qui ont fait écrire au magazine d'astronomie grand public *Ciel & Espace* : « Titan, le nouveau monde »⁴⁸.

Les astéroïdes consistent essentiellement en une ceinture de roches orbitant pour la plupart entre Mars et Jupiter. Il existe également des astéroïdes au point L4 et L5 du système Soleil – Jupiter, les Troyens, ainsi que d'autres rattachés au champ gravitationnel de la Terre, de Mars, entre autres. En juillet 2004, plus de 85'000 astéroïdes sont répertoriés. La plupart appartiennent à l'un des six types suivants, classés en fonction de leur composition chimique : C, S, M, R, E ou Vesta. Quelques astres isolés sont de types D, F, P, G, B, T, A ou Q. Nous n'entrerons pas en matière sur ces derniers.

- Le type C est majoritaire à 75%. Représentant la moitié des astéroïdes vers 2 Unités Astronomiques (UA, soit la distance moyenne Soleil-Terre qui est de 149'597'870 km), sa proportion atteint 95% aux alentours de 3 UA. Ils présentent une coloration grise, très peu réfléchissante (albédo de 0.02 à 0.06). Ce sont des chondrites carbonées, composés jusqu'à 5% de matière organique.

⁴⁷ Notons toutefois que les astéroïdes ont vu deux créations humaines les toucher en 2005. La sonde américaine Deep Impact et la japonaise Hayabusa. Cette dernière va peut-être pour la première fois ramener des échantillons d'Itakawa, l'astéroïde qu'elle avait pour mission d'atteindre, ce qu'elle a réussi fin 2005.

⁴⁸ « *Ciel & Espace* », n° 417, février 2005, p. 6. Cette mission a selon notre prise de position élargi notre écoumène. Quant à l'espace géographique, les deux possibilités que nous avons identifiées pour le circonscrire, liées à l'exploration matérielle et à l'exploration physique, il a été dans le premier cas étendue (grâce à Huygens qui a pénétré l'atmosphère de Titan, ce qui n'avait jamais été fait auparavant), dans le deuxième cas il n'a pas bougé (cette immobilité dure depuis plus de 30 ans).

-
- Le type S regroupe 17% des astéroïdes. Ils circulent près de l'orbite de Mars (2.2 à 2.8 UA) et contiennent essentiellement de la silice. Ils présentent une dominante rougeâtre, avec un albédo voisin de 0.10. Ils forment les aérosidérolites.
 - Le type M regroupe les aérosidérolites riches en métaux, soit 5% des astéroïdes. Leur albédo varie de 0.08 à 0.15.
 - Le type R rassemble le pourcent des astéroïdes composés de chondrites pauvres en fer. Ils réfléchissent entre 20 et 30% de la lumière.
 - Le type E rassemble la fraction d'objets sans métaux mais dont l'éclat est élevé (albédo de 0.30 à 0.38).
 - Le type Vesta rassemble les rares astéroïdes qui présentent les propriétés des chondrites basaltiques. L'albédo est voisin de 0.25.

Les types C et S représentent près de 93% de la masse des astéroïdes, mais ils sont tellement petits que leur masse globale est inférieure à 2×10^{21} kg, quarante fois moins que celle de la Lune. Tous ensemble, les astéroïdes ne représentent donc qu'une masse infime. S'ils devaient effectivement former un corps céleste, celui-ci aurait la taille de Rhéa, un des nombreux satellites de Saturne, de quelques 1'500 km de diamètre.

Nous le constatons, les astéroïdes ne se ressemblent pas tous et par conséquent ont un potentiel d'exploitation différent⁴⁹. Qui dit potentiel d'exploitation dit moyen de les exploiter, mais une fois de plus cette perspective semble bien lointaine à l'heure actuelle. Tout comme pour les points de Lagrange, la Lune et Mars, l'enjeu représenté par les astéroïdes devient intéressant avec un changement d'échelle dans l'utilisation du milieu spatial, avec l'intention d'en exploiter les richesses minérales et énergétiques. Néanmoins, les astéroïdes intéressent directement notre société actuelle car ils peuvent la menacer⁵⁰.

Nous avons également choisi dans cette partie de description d'intégrer les satellites des géantes gazeuses. Ces objets célestes portent de grands espoirs dans la recherche de la vie. Le récent succès de la mission Cassini-Huygens a également montré l'intérêt que représente ces astres dans la recherche d'une meilleure compréhension de ce qui constitue le système solaire, de son passé et par conséquent du passé de la Terre. Dans l'hypothèse d'une technologie permettant l'exploitation du milieu spatial en termes de matière et d'énergie, les satellites des géantes gazeuses ne seront pas les premiers à voir des établissements pérennes, du simple fait de leur distance. Il sont cependant déjà des clés de compréhension, qui ont vu plusieurs objets humains s'approcher d'eux et même toucher leur surface,

⁴⁹ En septembre 2005, des universitaires américains ont identifié sur ce qui est à l'heure actuelle le plus gros astéroïde connu : Ceres, des indices faisant penser à une présence sous la surface de glace en grande quantité (www.spacedaily.com/news/asteroid-05o.html)

⁵⁰ Une liste des objets potentiellement dangereux, c'est à dire s'approchant à moins de 0.05 UA est tenue à l'adresse : cfa-www.harvard.edu/iau/lists/PHACloseApp.html

ce qui leur permet d'être intégré dans l'espace géographique matériel, généré par l'exploration robotisée du système solaire.

La figure 1.8 regroupe deux photographie de Titan présent par la sonde Cassini arrivée dans le champ gravitationnel de Saturne en 2005. Titan est le plus gros satellite de Saturne et le deuxième plus gros des satellites du système solaire, son rayon est plus grand que celui de la Lune. Il possède une atmosphère et il reste possible qu'un point chaud⁵¹, processus bien connu des Hawaïens étant donné que leurs îles sont le fruit de ce phénomène, soit à l'origine de la surface bien différenciée vue ci-dessous à droite.

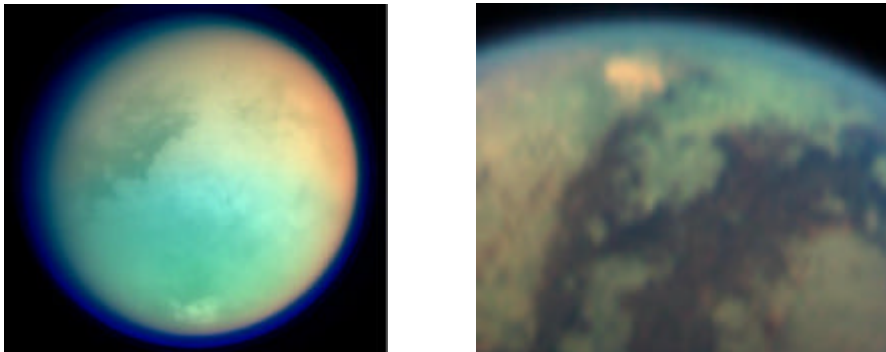


Figure 1.8 A gauche, Titan vu en fausses couleurs par Cassini. L'atmosphère est clairement perceptible. A droite, un point chaud sur Titan ? Aux dernières nouvelles, il s'agirait plutôt d'une différence de composition de la surface (saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/images)

1.6 L'accès au milieu spatial

Ce chapitre n'a pas l'ambition d'être une présentation exhaustive des moyens nécessaires à l'accès au milieu spatial. Le but est de rappeler les quelques points essentiels à la compréhension de ce que représente cet accès, et de proposer quelques perspectives à partir des acquis actuels dans ce domaine. Nous avons très brièvement signalé dans les chapitres consacrés aux orbites qu'un satellite actuel possède souvent une capacité de propulsion propre, ce qui lui permet dans une certaine mesure de maîtriser sa position et ses mouvements. Nous allons brièvement survoler maintenant les moyens nécessaires à l'injection d'un satellite dans le milieu spatial. Un lancement est constitué d'un lanceur dont le but est d'injecter un objet, typiquement un satellite, au sein du milieu spatial. On peut ainsi soutenir que « *le couple satellite-lanceur est au coeur de la technique spatiale* »⁵². De plus, une surface terrestre susceptible d'accueillir puis de lancer ce couple sans mettre en danger les populations est nécessaire. Enfin et surtout, un réseau de stations terriennes qui permettent d'interagir avec un satellite est indispensable. Cette interaction détermine en presque totalité l'utilité actuelle des démarches d'accession, d'occupation et d'exploitation du milieu spatial.

⁵¹ Cette hypothèse sera testée le 2 juillet 2006 lors d'un nouveau survol de la sonde, cette fois lorsque Titan ne sera pas directement éclairé par le Soleil.

⁵² Lebeau, *op. cit.*, 1998, p.17

Les lanceurs spatiaux

Lorsque l'homme a pour la première fois réussi à atteindre le milieu spatial, c'est à dire lorsque Spoutnik a été placé en orbite terrestre en 1957, il l'a fait au moyen d'une technologie, la fusée, héritée de la deuxième Guerre Mondiale. Son utilisation principale était alors le transport de bombe nucléaire sur de très grandes distances. Werner von Braun, un Allemand ayant conçu les V2, missiles à longue portée ayant bombardé le territoire britannique en 1944 et dont quelques exemplaires seront ramenés sur le sol étasunien, sera employé par les Etats-Unis avec quelques-uns de ses confrères. Bien que certains précurseurs aient déjà lancé le mouvement de la recherche sur les fusées, l'arrivée de Von Braun aux Etats-Unis marque une forte impulsion dans le programme spatial américain⁵³. Quant aux lanceurs spatiaux soviétiques, dont les premiers sont les créations de Sergueï Korolev, ils sont également les héritiers directs du missile intercontinental (ICBM) R7 ; le premier satellite de l'histoire a été lancé par ce « missile »⁵⁴.

Les fusées ont une caractéristique bien particulière par rapport aux autres moyens de transport, celle d'être consommable (à l'exception de la Navette américaine, dont une partie sur les quatre qui constituent l'ensemble au départ est réutilisable). Actuellement, bien que la capacité des carburants, la précision et la fiabilité se soient améliorées, la quasi totalité des lanceurs spatiaux sont des fusées consommables, par conséquent des évolutions d'une technologie qui n'a pas connu de véritable révolution depuis un demi-siècle. Une fusée, soit un lanceur, est le plus souvent constituée d'un certain nombre d'étages et/ou de boosters, dont la durée de vie correspond aux différentes phases du lancement. Cette succession est le coeur de la fusée puisqu'elle renferme sa capacité de propulsion, représentant la plus grande partie de son poids. La plupart du reste de la masse est constituée par la charge utile, c'est à dire ce qui sera injecté en orbite. *« Un lanceur, c'est, en définitive, cette combinaison de puissance et de précision ; non seulement il faut injecter dans la charge utile une énergie cinétique énorme [...] ; il faut aussi le faire avec précision, délicatesse et sans aucune possibilité de rattraper une défaillance en cours d'opération »*⁵⁵.

⁵³ Avant que Von Braun n'arrive, des gens comme Théodore Von Karman (1861-1963), qui fonda le Jet Propulsion Laboratory, actuellement partie intégrante de la NASA, avaient posés les premières pierres du côté américain, tout comme Robert Goddard (1882-1945), considéré comme le précurseur américain de la technologie des fusées. Du côté allemand c'est Hermann Oberth (1894-1989) qui lança une impulsion, notamment grâce à la "Verein für Raumschiffahrt" ou "VfR" (Société pour la Navigation spatiale) fondée en 1927 dont il fut l'un des premiers membres. En 1930 le VfR a essayé avec succès un moteur à carburant liquide avec une tuyère conique qui développait une poussée de 70 newtons (environ 10 newtons soulèvent 1 kg). Dès 1932 des fusées volaient avec des moteurs de 600 Newtons. Enfin, du côté russe, c'est Constantin Tsiolkovski (1857-1935) qui est vu comme le père de la technologie. Il commença par affirmer que l'instrument des voyages interplanétaires devait être une fusée. Il démontra mathématiquement la faisabilité des vols spatiaux et rédigea plus de 500 travaux sur les voyages spatiaux, la conception et la réalisation de fusées, la vie dans l'espace, les moteurs-fusées ou les stations spatiales. Les débuts du programme spatial russe sont marqués par la personne de Sergueï Korolev (1907-1966), qui est l'origine, du fait des nombreux lanceurs de sa conception, de la quasi totalité des premières russes dans l'accès au milieu spatial.

⁵⁴ Nous nous pencherons plus précisément dans le chapitre 2.2.3 sur les relations entre les armées et l'accès au milieu spatial

⁵⁵ Lebeau, *op. cit.*, 1986, p.401-403

Les bases de lancement

Avec les lanceurs spatiaux, l'accès au milieu spatial est aussi le fait d'une surface terrestre dédiée à leur préparation puis à leur lancement. Cosmodrome, base spatiale ou de lancement ou encore spatioport sont quelques termes désignant ces surfaces particulières depuis lesquels la plupart des fusées sont lancées. Depuis quelques années, des systèmes de lancement nouveaux sont apparus, comme celui du Sea Launch, qui fait partir une fusée ukrainienne depuis une infrastructure anglo-norvégienne (une plateforme pétrolière réaménagée) avec des capitaux américains et une expertise technique russe. Il existe également des fusées qui sont lancées depuis un avion (le Pegasus américain ou dans une certaine mesure SpaceShipOne⁵⁶) ou un sous-marin (la Chtil russe).

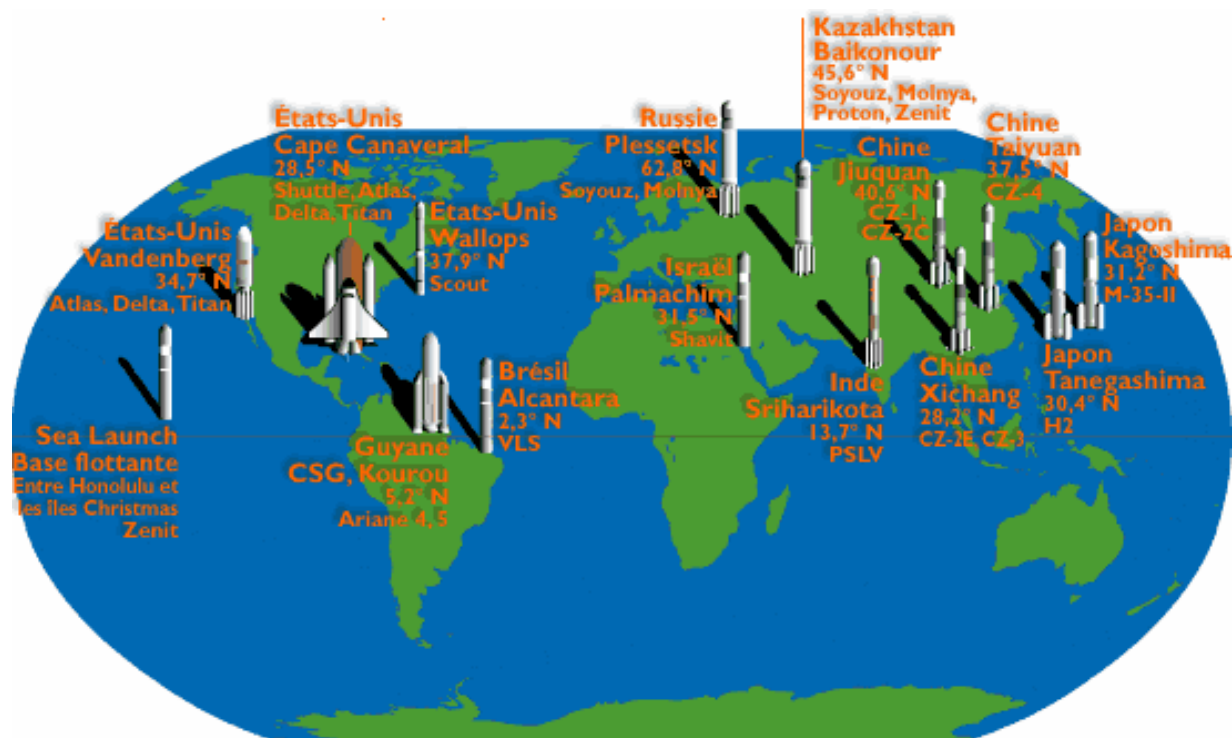


Figure 1.9 Les principales bases de lancement en 2000, avec dans les légendes de haut en bas : le pays accueillant la base, le nom de la base, la latitude et le nom du (des) lanceur(s) présent(s) sur le site (www.cite-sciences.fr/actu/numeros/N79_mai00/reperes/html/reperes_3.html)

La figure 1.9 permet de situer les 15 principales bases de lancement utilisées à l'heure actuelle. Notons que plusieurs projets de création de nouvelles bases existent. Le continent australien, qui a d'ailleurs déjà vu des fusées quitter son sol au Sud de l'île de Woomera, va devenir une terre d'accueil pour des compagnies privées⁵⁷, notamment aux îles Christmas, qui vont voir décoller des fusées Falcon 1 de la l'entreprise privée SpaceX (cf. chapitre 3.2). La Chine prévoit de construire un nouveau site de lancement au sud de l'île de Hainan, à l'extrême sud du pays. L'Afrique du Sud s'intéresse également

⁵⁶ Cet appareil, qui n'utilise son moteur que durant sa phase d'ascension, est porté jusqu'à une altitude d'environ 14 km par un avion spécifique dénommé White Knight. Il s'en détache ensuite avant d'allumer son moteur-fusée et de grimper aux alentours d'une altitude d'environ 100 km. L'entreprise privée construisant ces engins est s'appelle Scaled Composites (www.scaled.com)

⁵⁷ un temps la firme Kistler aerospace devait faire de Woomera sa base de lancement. La compagnie a été mise en faillite au début 2003, peut-être pourra-t-elle renaître sous de meilleurs auspices.

de près à un site de lancement qui pourrait être réalisé à l'Est de la ville du Cap. D'autres infrastructures ont quant à elles été abandonnées, notamment la base française Hammaguir en Algérie. Enfin, sur les 15 sites pris en compte sur la figure 1.9, huit ont une activité bien soutenue : Vandenberg, Cap Canaveral, le Centre Spatial Guyanais (CSG), Plessetsk, Baïkonour, Sriharikota, Xichuan, Tanegashima et peut-être bientôt une neuvième avec Alcantara.

Plusieurs critères doivent être pris en compte lors de l'implantation d'une base spatiale. Le premier et celui du positionnement par rapport à l'équateur. Plus un cosmodrome est proche de l'équateur, plus il bénéficie de la dynamique de la rotation de la Terre. Par exemple, une fusée décollant du CSG profite d'une vitesse tangentielle de 463 m/s, tandis qu'elle n'est plus que de 328 m/s à Baïkonour. Une base située proche de l'équateur est surtout idéale dans la perspective de placer un satellite en orbite géostationnaire, car cette situation permet de limiter la dépense d'énergie, importante, nécessaire pour placer un satellite sur cette orbite particulière. Un autre critère décisif dans l'implantation d'un cosmodrome est un espace peu peuplé à l'Est du site⁵⁸. Cela explique les implantations à l'Est des continents (CSG, Cap Canaveral) ou de grandes étendues quasi désertes (Baïkonour).

Un lanceur et une base spatiale, en plus des capacités de construction et de suivi de satellites, telle est la trilogie nécessaire pour avoir un accès indépendant au milieu spatial. Cette indépendance est recherchée par les puissants acteurs de notre monde, ceux qui ont les moyens d'investir dans ce secteur onéreux et complexe. Nous nous pencherons sur eux dans la partie III.

Comment accéder autrement au milieu spatial ?

La technologie des fusées, la seule employée de nos jours, se développe depuis quelques décennies. Elle s'est en conséquence constamment améliorée, sans qu'une véritable révolution surgisse. Quels sont les autres possibilités d'accès au milieu spatial ? Force est de constater qu'actuellement, elles sont quasiment inexistantes⁵⁹. L'avion spatial, soit un engin qui décollerait pour se mettre en orbite avant de revenir se poser, étant en plus réutilisable dans un court laps de temps après son atterrissage, sera sûrement un jour une réalité, sans l'être déjà.

Il existe une autre possibilité assez exotique, qui pourrait d'ici quelques décennies ou siècles révolutionner l'accès de l'homme à l'espace. Cette technologie est celle de l'ascenseur spatial, exprimée pour la première fois en 1895 par Constantin Tsiolkovski. Selon un rapport de la NASA écrit

⁵⁸ Les lanceurs spatiaux se dirigent à l'Est pour profiter de la vitesse tangentielle engendrée par la rotation de la Terre. L'exception est le fait d'Israël, qui pour des raisons politiques évidentes a choisi de lancer ces fusées en direction de l'Ouest.

⁵⁹ Peut-être les réalisations futures dans le cadre du tourisme spatial vont rapidement changer la donne (cf. chapitre 3.2)

suite à une conférence tenue en juin 1999⁶⁰, l'ascenseur spatial n'est pas réalisable aujourd'hui (faute d'une technologie suffisante), mais pourrait devenir un concept important dans les futurs développements liés au milieu spatial dans la deuxième moitié du XXI^{ème} siècle. Ce concept consiste en une connexion physique entre le sol terrestre et un point de l'orbite géostationnaire, qui permettrait de transporter à un coût très inférieur à celui en cours actuellement des charges importantes de la Terre à l'espace. Cette infrastructure permettrait de remédier au problème fondamental auquel se heurte aujourd'hui l'ambition de faire du milieu spatial une source de matière et d'énergie, à savoir l'impossibilité d'amener et de ramener entre la Terre et le milieu spatial de lourdes charges à intervalles réguliers et rapides pour un coût acceptable. Cette réalisation favoriserait ce changement d'échelle déjà évoqué d'un espace uniquement dédié à l'information, vers celui où la matière et l'énergie qu'elle renferme serait également exploitée. La firme privée américaine LiftPort⁶¹ s'est donnée pour objectif la réalisation de cet ascenseur à des fins commerciales. Il ne reste qu'à attendre pour pouvoir dire si oui ou non ce concept deviendra réalité, mais à n'en pas douter, le potentiel d'application que cette réalisation entraînerait est gigantesque.

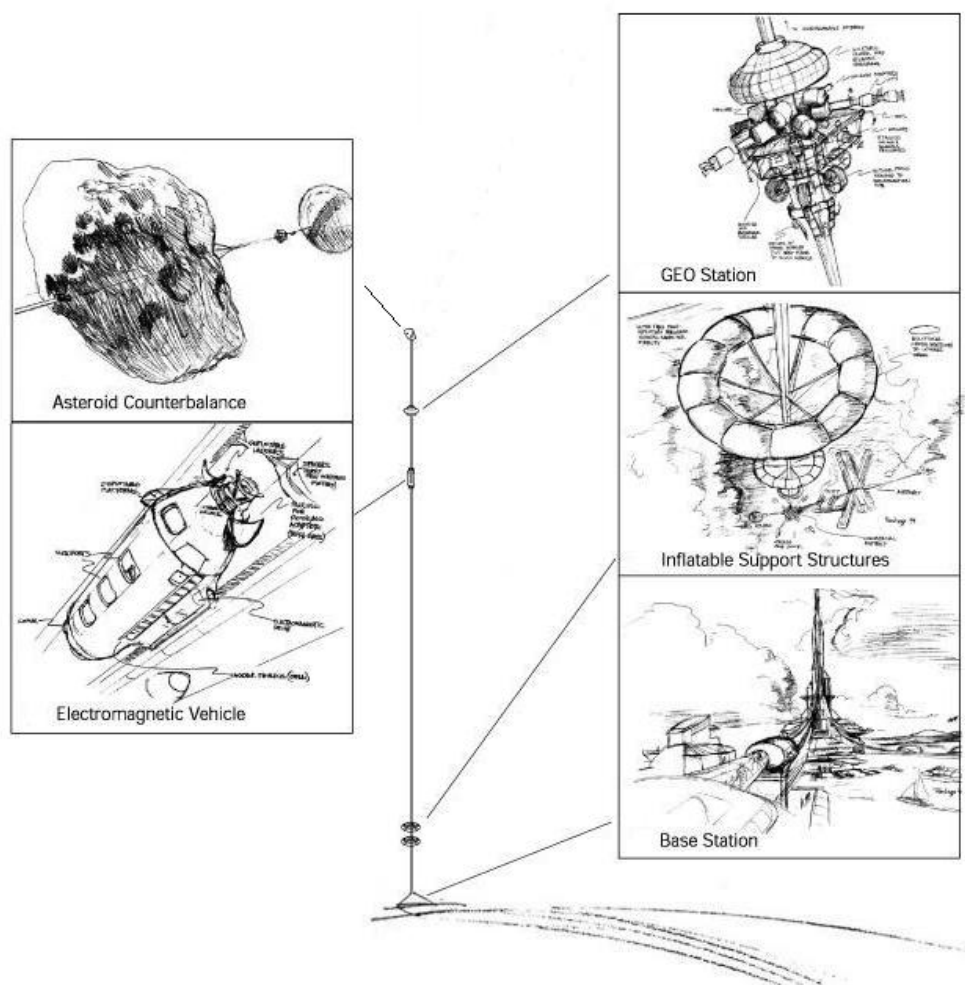


Figure 1.10 Le concept d'ascenseur spatial (NASA, 2000)

⁶⁰ Smitherman D (compiler), *Space Elevators, an advanced Earth-Space infrastructure for the new Millenium*, Conference publication, NASA Marshall Space Flight Center, 2000, voir trs.nis.nasa.gov/archive/00000535/

⁶¹ www.liftport.com

L'ascenseur spatial est actuellement imaginé comme étant constitué d'une plateforme en mer située à l'équateur, qui fonctionnerait comme un port de marchandises et de passagers. L'océan a été choisi comme point d'attache pour des raisons politiques, mais une surface terrestre pourrait également l'accueillir⁶². Ce point d'attache prendrait probablement la forme d'une tour gigantesque, qui pourrait atteindre plusieurs dizaines de kilomètres d'altitude. Il s'agit d'une des trois technologies nécessaires à la réalisation de l'ascenseur spatial. La deuxième est le lien physique entre le point d'attache sur Terre et un contrepoids en orbite circulaire. Actuellement, il est envisagé pour cela d'utiliser des nanotubes en carbone, technologie pour l'instant encore au stade de développement. Troisièmement, il sera nécessaire d'améliorer les systèmes électromagnétiques, ceux-ci étant les plus susceptibles de fournir un moyen de transport très rapide le long de l'axe de l'ascenseur spatial. Le centre de gravité de l'infrastructure sera la station à hauteur de l'orbite géostationnaire. La stabilisation de l'ensemble devra être assurée par un contrepoids, constitué dans la figure 1.10 par un astéroïde. En conclusion, bien qu'il faudra sûrement plusieurs dizaines d'années pour qu'un ascenseur spatial soit rationnellement constructible, il peut devenir la source d'une révolution dans l'accès au milieu spatial et par conséquent dans l'utilisation de son potentiel.

Comment se déplacer au sein du milieu spatial ?

Actuellement, les fusées utilisent des réactions chimiques pour se propulser. Les satellites et les sondes sont aussi des utilisateurs importants de telles réactions. Cependant, satellites et sondes ont des systèmes de propulsion bien plus hétéroclites que les fusées. En effet, ils utilisent aussi la propulsion ionique (possible par un apport d'électricité), qui a permis par exemple de placer la première sonde européenne sur orbite lunaire (SMART) en novembre 2004. Cette propulsion a une longue durée de vie, mais sa puissance est relativement faible. La propulsion nucléaire a déjà été testée (programmes NERVA et Prométhée). Elle est puissante et dure longtemps. L'idée de son utilisation fait souvent mousser les esprits et par conséquent est politiquement sensible, mais elle reste étudiée. De nouveaux systèmes sont développés, notamment sous l'impulsion de la NASA, qui a mis au concours un système de propulsion qui serait utilisé pour les missions futures vers la Lune et Mars. Il existe également des moteurs hybrides, utilisant des réactions chimiques et de l'électricité pour fonctionner. Récemment ont été tentées des expériences d'utilisation d'une voile solaire, utilisant le flux de particules émises par le Soleil : le vent solaire, comme moyen de propulsion. Ce moyen pourrait devenir, grâce à ses propriétés intéressantes (coût, gain de masse, potentiel de vitesse), un élément concret d'ici quelques années. Enfin, notons une fois de plus l'importance des champs gravitationnels, susceptibles d'accélérer puissamment des sondes interplanétaires. Ce fut le cas par exemple avec les sondes Voyager I et II qui sont les seules à être parvenues jusqu'aux confins du système solaire.

⁶² Ce serait une belle occasion pour le continent africain d'être ce site. Ce continent possède la plus grande surface terrestre à l'équateur.

Nous évitons volontairement d'entrer dans les détails sur ce point de la propulsion des satellites, sondes, robots et véhicules spatiaux habités. Leur prise en compte est cependant nécessaire dans l'optique de dresser un tableau le plus complet possible de ce que représente ou pourrait représenter d'ici quelques années l'aventure humaine dans l'espace. Des progrès et surtout des révolutions techniques ou technologiques dans les systèmes de propulsion seront sans nuls doutes un facteur déterminant dans les caractéristiques futures de cette page d'histoire qui s'écrit.

1.7 Les aspects juridiques⁶³

Le Droit de l'espace (ou Droit spatial) actuel relève essentiellement du Droit international public. Ainsi, les sujets de droit sont les Etats et les organisations intergouvernementales. C'est un Droit de nature essentiellement conventionnelle, c'est-à-dire qu'il est constitué de traités internationaux conclus pour la plupart sous l'égide de l'ONU.

C'est naturellement suite aux réussites soviétiques et américaines dans l'accès au milieu spatial que la communauté internationale prend les choses en main vers la fin des années 1950. Un organe spécifique est créé en 1959 au sein de l'Assemblée générale de l'ONU : le Comité pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique, pour répondre législativement aux questions posées par l'accès, l'occupation et l'exploitation du milieu spatial. En 1963, l'Assemblée générale de l'ONU adoptait une Résolution qui consacrait les principes fondamentaux relatifs à ce nouveau domaine d'activité : le milieu spatial était exploré et utilisé pour le bien commun de l'humanité, n'était pas susceptible d'appropriation et ne pouvait être l'objet de souveraineté nationale. En outre, la responsabilité des États actifs dans ce domaine était engagée pour toutes les activités menées sous leur juridiction, qu'elles le soient par leur gouvernement ou par des particuliers. Cette Résolution préfigurait les cinq grands traités du Droit de l'Espace, qui à l'exception du dernier (activités sur la Lune), ont tous été ratifiés par les principaux pays de l'accès à l'espace.

Les cinq Traités internationaux négociés au sein des Nations Unies

- 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, conclu le 27 janvier 1967 et entré en vigueur le 10 octobre 1967 (dit « *le Traité de l'Espace* »). Ce traité constitue en quelque sorte la « *Charte de l'Espace* ». Il reprend la plupart des principes énoncés par la Résolution de 1963

⁶³ Ce chapitre a été en grande partie écrit à partir des informations du site : http://fr.wikipedia.org/wiki/Droit_de_l'Espace, recoupées par celles présentes dans les ouvrages du sujet (cf. bibliographie).

-
- l'Accord sur le sauvetage des astronautes, le retour des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, conclu le 22 avril 1968 et entré en vigueur le 3 décembre 1968. Ce traité prévoit les mesures en cas de retombée d'objets spatiaux, habités ou non, sur Terre. Par ailleurs, il impose une obligation de secours et d'assistance aux astronautes dans l'espace extra-atmosphérique. Il consacre le statut « *d'envoyés de l'Humanité* » des astronautes.
 - la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux, conclue le 29 mars 1972 et entrée en vigueur le 1er septembre 1972. Elle impose aux Etats une forme de responsabilité internationale exorbitante par rapport au droit commun. Les Etats qui procèdent ou font procéder à un lancement, de même que ceux qui prêtent leur territoire ou leurs installations aux fins d'un lancement, sont solidairement tenus du dommage qui pourrait être causé par l'objet spatial ou ses composants. Cette responsabilité est basée sur la faute lorsque le dommage est causé dans au sein du milieu spatial. Elle est absolue lorsque le dommage est causé à la surface de la Terre ou à un aéronef en vol.
 - la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, conclue le 14 janvier 1975 et entrée en vigueur le 15 septembre 1976. Cette convention édicte l'obligation pour l'Etat de lancement d'un objet spatial d'immatriculer cet objet et de communiquer les informations relatives à son identification au Secrétaire Général des Nations Unies. Un Etat conserve sous sa juridiction un objet qu'il immatricule.
 - l'Accord régissant les activités des Etats sur la Lune et les autres corps célestes, conclu le 18 décembre 1979 et entré en vigueur le 11 juillet 1984. Ce dernier traité rencontra sensiblement moins de succès que le précédent (aucuns des grands pays identifiés dans la partie III ne l'a ratifié). Le fait qu'il consacre la Lune et les autres corps célestes du système solaire comme « patrimoine commun de l'Humanité » n'y est certainement pas étranger. À cet égard, il annonçait les difficultés qu'allaient rencontrer la Convention de Montego Bay sur le Droit de la Mer et, plus particulièrement, sa partie XI relative à l'exploitation des hauts fonds marins.

Les Résolutions de l'Assemblée Générale des Nations Unies

En plus de cinq traités précédents, les Résolutions de l'Assemblée Générale, qui n'ont pas un caractère obligatoire, constituent néanmoins des normes de référence pour l'ensemble des protagonistes des Nations Unies. Cinq Résolutions portant sur l'exploration et l'utilisation du milieu spatial existent à ce jour :

- Résolution 1962 (XVIII) portant Déclaration des principes juridiques régissant les activités des Etats en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, adoptée le 13 décembre 1963. Il s'agit du texte à l'origine des principes consacrés quelques années plus tard par les traités internationaux, notamment dans le Traité de l'Espace.

-
- Résolution 37/92 sur les Principes régissant l'utilisation par les Etats de satellites artificiels de la Terre aux fins de la télévision directe internationale, adoptée le 10 décembre 1982. Ces principes régissent les émissions de programmes de télévision qui peuvent être directement captés hors des frontières d'un Etat.
 - Résolution 41/65 sur les Principes sur la télédétection, adoptée le 3 décembre 1986. Ces principes s'appliquent aux activités d'observation active de la Terre, principalement à la détection des ressources naturelles.
 - Résolution 47/68 sur les Principes relatifs à l'utilisation de sources d'énergie nucléaire dans l'espace, adoptée le 14 décembre 1992. Ces principes édictent les précautions à prendre lors du lancement de sources d'énergie nucléaire dans le milieu spatial.
 - Résolution 51/122 portant Déclaration sur la coopération internationale en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace au profit et dans l'intérêt de tous les États, compte tenu en particulier des besoins des pays en voie de développement, adoptée le 13 décembre 1996. Cette Résolution présente un contenu plus politique. Elle réaffirme les principes fondamentaux du Droit de l'espace.

Unispace III et autres sources

Une autre résolution a été adoptée à l'issue de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique (Unispace III) qui s'est tenue à Vienne, en juillet 1999⁶⁴. Il s'agit, là aussi, d'un texte éminemment politique.

Outre les Traités et les Résolutions des Nations Unies, d'autres instruments internationaux sont sources de Droit de l'espace : certains accords internationaux multilatéraux, comme l'Accord intergouvernemental pour le développement et l'utilisation de l'ISS, conclu en 1988 et révisé en 1998 ; certains accords bilatéraux entre États ou organisations internationales ; certains actes ou traités fondateurs instituant des organisations internationales spécialisées ou actives dans le domaine des activités spatiales (Convention de l'ESA), Convention EUMETSAT (gestion commune des données de satellites météorologiques européens), Convention et règlements de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), etc.). A certains égards, les législations nationales constituent également un apport au Droit de l'espace. Des pays comme les Etats-Unis, le Royaume-Uni, l'Australie, la Russie ou la Suède disposent de législations spatiales propres. Enfin, le Droit international demeure la source fondamentale du Droit de l'espace : les principes généraux, la Charte des Nations Unies et la jurisprudence internationale y font force (même s'il n'existe à ce jour aucune jurisprudence internationale en matière spatiale).

⁶⁴ www.un.org/events/unispace3/

Quelle situation à l'heure actuelle ?

Le texte fondateur du Droit de l'espace est ratifié en 1967 par tous les pays ayant accès au milieu spatial. Aujourd'hui, le Droit de l'espace montre une forte tendance à intégrer des problématiques économiques et commerciales. La privatisation et la commercialisation des activités spatiales et de leurs différentes branches (lanceurs, télécommunications, navigation par satellites, ...) ont permis aux opérateurs privés et aux fournisseurs de services commerciaux d'augmenter leur influence. Des questions telles que le transfert d'activités entre compagnies privées, la propriété intellectuelle générée en vol, l'utilisation de l'orbite géostationnaire, la multiplication des débris spatiaux ou encore l'exploitation commerciale de l'espace et des voyages spatiaux, n'en finissent plus d'occuper les juristes spécialisés. De son côté, vu les intérêts considérables en jeu, l'Assemblée Générale des Nations Unies et son Comité pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique ont sensiblement diminué leur activité législative. Le consensus exigé au sein du Comité rend fort théorique l'adoption de nouveaux instruments internationaux à caractère normatif. Tôt ou tard, le Droit spatial, soumis à différentes forces d'origines commerciales et/ou nationales, devra être remanié dans une perspective globale.

L'auteur d'une analyse récente cherche à montrer que le carcan des Traités freine le développement de l'exploitation du milieu spatial (notamment celle de la Lune)⁶⁵. La doctrine du *res communis* (idée que les parties du milieu spatial appartiennent à l'humanité et non à un individu ou un pays) limiterait l'expansion et l'innovation au sein du milieu spatial. Plus précisément, deux domaines sont particulièrement touchés : la sécurité nationale d'un côté ; les droits à la propriété et la commercialisation de l'autre (dans ce dernier cas, il pointe particulièrement le cas de la Lune, dont actuellement aucun individu ou pays ne peut s'adjuger un droit de propriété)⁶⁶. Les problèmes que l'auteur soulève pourraient selon lui être résolus de trois manières, dont la troisième serait la plus prometteuse. Celle-ci propose de formuler un Droit spatial domestique (déjà une réalité pour un certain nombre de pays) qui déterminerait une nouvelle base pour reformuler le Droit spatial international. Ce dernier point pourrait être atteint grâce à une extension multilatérale dans l'acceptation du Droit spatial domestique d'un pays (l'auteur pense sûrement aux Etats-Unis) qui finirait par remettre en question le Droit spatial international. L'auteur termine son exposé en appuyant l'idée que c'est maintenant et pas plus tard que la réflexion sur la reformulation du Droit de l'espace doit se faire.

Que l'on suive totalement, partiellement ou nullement ce point de vue, cette remise en question, par ailleurs appuyée par les récents développements sur le sujet de la militarisation du milieu spatial⁶⁷,

⁶⁵ Listner Michael J, « It's time to rethink International space law » in *The space review*, mai 2005, accessible depuis le site www.thespacereview.com/article/381/1

⁶⁶ L'auteur nous rappelle que les Etats-Unis, l'ex URSS et la Chine n'ont pas ratifié le traité

⁶⁷ Voir le chapitre 2.1.4.

apporte un éclairage utile dans la discussion. Le dernier point soulevé au paragraphe précédent témoigne des récents développements du Droit lié à l'accès et l'utilisation du milieu spatial. Cet élément mérite une attention particulière : l'auteur prétend que c'est maintenant et pas plus tard qu'une remise en question doit se faire, laissant penser que l'accès et l'utilisation du milieu spatial sont dans une phase clé.

1.8 Conclusion

Alors que nous avons débuté cette partie sur le milieu spatial par les orbites terrestres pour s'en éloigner peu à peu, nous nous sommes progressivement détachés de l'aspect purement descriptif. A partir du chapitre sur les points de Lagrange, nous sommes entré dans une réflexion sur le potentiel de ces différentes composantes du milieu spatial, sur des développements probables. Naturellement, ceci est le corollaire de l'utilisation actuelle du milieu spatial, puisque aujourd'hui seules les orbites terrestres sont fortement exploitées, alors que les autres composantes du système solaire reçoivent peu de visites, rendant un peu morne un exposé à caractère trop descriptif, sans recherche du potentiel que ces composantes recèlent pour notre espèce.

Nous avons soulevé les éléments qui nous paraissent les plus intéressants dans l'optique d'une probable future progression de l'humanité au sein du milieu spatial. Lors de cet exposé, à partir du chapitre sur la Lune, nous avons mis à jour un possible changement d'échelle dans l'utilisation du milieu spatial. Ce changement d'échelle me semble un point essentiel dans la compréhension de ce que représente et représentera aujourd'hui et demain l'accès, l'occupation et surtout l'exploitation du milieu spatial. Il permet de comprendre pourquoi l'exploration physique de ce milieu stagne depuis trente ans, alors que l'occupation matérielle est montée en puissance de façon quasi exponentielle durant cette même période.

Actuellement et pour encore peut-être une dizaine d'année, le schéma actuel (utilisation du milieu spatial exclusivement à des fins de transmissions, de relais et de récoltes d'informations) va très probablement perdurer, sous réserve de l'aspect du tourisme spatial sur lequel nous reviendrons. Cependant, l'utilisation du milieu spatial dans une optique d'exploitation matérielle et énergétique est déjà discutée par des agences gouvernementales et des groupes privés. Ce fait, ainsi que d'autres observations de cette partie I, identifie un basculement qui nous permet d'émettre une hypothèse annexe qu'il s'agira de tester dans la suite du travail : nous sommes actuellement en train d'amorcer un deuxième cycle fort dans le domaine de l'homme dans l'espace (le premier étant celui allant de la fin des années 1950 au début des années 1970).

A ce stade de la discussion, nous avons déjà en main quelques indices allant dans le sens d'une acceptation de cette hypothèse. D'une part le développement évoqué dans le chapitre dévolu aux aspects juridiques du milieu spatial (volonté de certains d'activer, maintenant, un basculement conceptuel dans ce domaine). D'autre part les récentes mises au concours de la NASA : pour un système de propulsion permettant de transporter un module habité vers la Lune ou Mars, et pour un système capable d'extraire de l'oxygène à partir de la régolite lunaire⁶⁸. La suite du travail devrait pouvoir tester cette hypothèse annexe.

Ces futurs développements ayant le défaut d'être de l'ordre du prédictif, il convient, dans un souci de pragmatisme, de resserrer le champs d'investigation en s'intéressant à la réalité d'aujourd'hui, c'est à dire à l'apport actuel de l'occupation du milieu spatial. Alors que la partie I posait une structure et réfléchissait au potentiel de ses différentes composantes, nous allons maintenant nous pencher sur la seule partie du milieu spatial qui est à l'heure actuelle sujette à une véritable exploitation par les êtres humains : les orbites terrestres.

⁶⁸ Ces deux derniers points sont le corollaire d'un renouveau amorcé à la NASA, dont la *Vision for Space Exploration* du président Georges W. Bush est le moteur, bien que décrié, entraînant un large débat. Nous reviendrons sur ce point dans la partie III où nous chercherons entre autres à préciser les politiques spatiales des différents pays présents dans le milieu spatial.

II L'UTILISATION DU MILIEU SPATIAL

L'ambition de cette deuxième étape est de discuter l'occupation actuelle du milieu spatial, plus précisément celle dont le potentiel est déjà exploité, celle qui permet des applications pratiques, celle qui permet des bénéfices économiques, sociaux, écologiques, stratégiques, scientifiques ou culturels. En conséquence, et malgré l'intérêt d'une telle étude, nous ne nous pencherons pas sur les potentialités représentées par l'exploitation de la Lune, de Mars ou des astéroïdes, entre autres.

Alors que dans la partie I nous avons cherché à décrire les différentes composantes structurant le milieu spatial, en suivant un schéma allant du plus proche au plus éloigné de la Terre, nous allons ici présenter les éléments à partir d'une grille de lecture basée sur une utilité actuelle établie. Autrement dit nous allons partir d'un apport reconnu de l'exploitation du milieu spatial par l'homme, par exemple l'observation de la Terre par un satellite. Cette démarche devrait mettre à jour les orbites les plus utilisées pour tel ou tel type d'apport, et par conséquent témoigner de l'enjeu que l'occupation et l'exploitation de ces orbites représentent pour les différents acteurs mondiaux, sur lesquels nous nous pencherons dans la partie III du travail.

Après le tâtonnement inhérent aux débuts d'une technique, « *l'apparition des applications civiles de l'espace marque, vers le milieu des années soixante, le début d'une phase capitale dans le développement de la technique spatiale. Elle lui fournit son second souffle en l'assujettissant à la fourniture de services et en amorçant son intégration au système socio-économique* »⁶⁹. Actuellement, l'exploitation du milieu spatial, c'est dans une très large mesure celle de l'espace circumterrestre. Cette exploitation est principalement centrée sur la Terre. En d'autres termes, ces satellites sont dans la majeure partie des cas dévolus à faciliter certains de nos actes, à mieux comprendre la dynamique de la Terre, à mieux comprendre notre influence dans cette dynamique, etc ... Nous avons choisi de présenter six domaines. Ce choix est discutable, et l'éternelle question des interférences entre les différentes catégories est présente. Par exemple, il existe des satellites destinés à la météorologie qui sont également utilisés pour localiser des objets ou pour la télécommunication⁷⁰. Ce problème inévitable ne remet cependant pas en question l'intérêt des catégories choisies, qui possèdent chacune des spécificités susceptibles d'être l'objet d'une étude particulière. En résumé, nous allons d'abord nous pencher sur les télécommunications, puis sur la navigation – localisation, avant de nous intéresser aux avancées permises par l'observation de la Terre. Dans un quatrième temps, nous chercherons à préciser en quoi le milieu spatial recèle un potentiel stratégique et par là suscite depuis longtemps

⁶⁹ Lebeau A., *op. cit.*, 1986, p.113

⁷⁰ Par exemple, en mai 2005 a été lancé le satellite NOAA 18, qui fait partie du système global pour la météo (cf. chapitre 2.1.3 sur l'observation de la Terre) et qui aura également des instruments liés au système COSPAS – SARSAT (cf. chapitre 2.1.2 sur la localisation – navigation).

l'intérêt des milieux politiques et militaires. Ensuite nous présenterons quelques aspects liés à l'apport scientifique des satellites et des sondes. Nous finirons par un chapitre sur le thème de l'homme dans l'espace, domaine délicat car touchant chacun de nous. Avant cela, penchons nous un instant sur ce que l'occupation de l'espace circumterrestre est en train de créer.

Une infrastructure en expansion

Nous avons vu dans la partie I que l'espace circumterrestre englobait un certains nombres d'orbites caractéristiques, dont les propriétés permettent de tirer avantage de leur occupation par des machines ou des hommes. L'orbite géostationnaire peut être interprétée comme un anneau invisible situé approximativement à 36'000 km de la surface terrestre. Cet anneau est de plus en plus exploité : un nombre toujours plus important de satellite est placé sur cette orbite aux propriétés recherchées, la rendant de plus en plus visible, matérielle. De plus, sachant qu'un satellite en orbite géostationnaire garde cette trajectoire pendant plusieurs siècles⁷¹, sachant également que de nos jours la durée de vie d'un satellite est souvent de l'ordre de dizaine(s) d'années, les satellites inactifs continuent d'occuper l'orbite géostationnaire, accentuant encore l'aspect d'anneau artificiel.

D'autre part, les satellites en orbite basse forment une sorte de pelote⁷², de plus en plus dense, autour de la Terre. La multitude de possibilités d'orbites basses, leur plus grande accessibilité par rapport aux orbites géostationnaires et depuis quelques années leur occupation permanente par l'homme permet d'affirmer que les orbites basses deviennent effectivement un nouveau territoire. La dynamique de matérialisation des orbites tend de notre point de vue à créer une véritable infrastructure, qui s'étend progressivement. Cette extension va sans doutes se poursuivre en fonction de deux facteurs principaux, la question inépuisable de l'utilité de la démarche pour les différentes franges de l'humanité, pondérée par les contraintes physiques, techniques et financières.

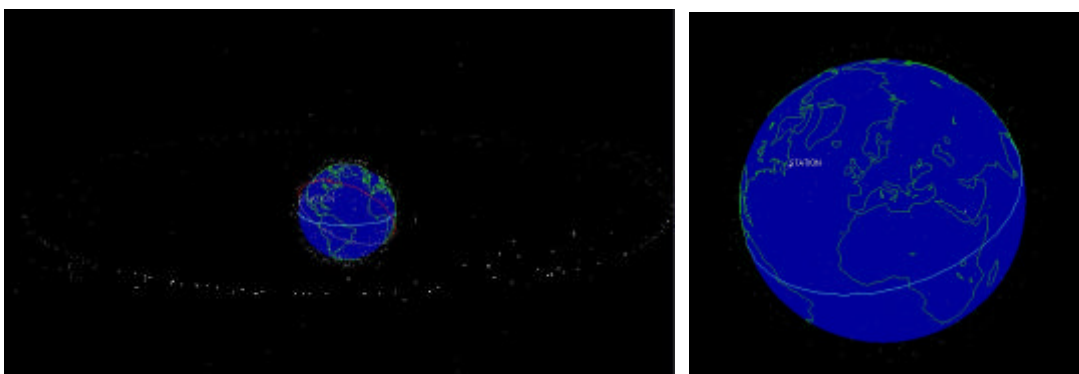


Figure 2.1 L'infrastructure orbitale opérationnelle (modèle généré le 12.08.05 ; science.nasa.gov/Realtime/jtrack/3d/JTrack3D.html)

⁷¹ à moins d'être muni d'un système lui permettant de se « désorbiter », système de plus en plus fréquent suite à la prise de conscience de la problématique des déchets spatiaux, soit des objets d'origine anthropique en orbite terrestre pouvant potentiellement endommager les objets actifs en orbite terrestre.

⁷² A la fois par l'ellipse que décrit un satellite en orbite et par sa trace, cette image, trouvée dans la bibliographie d'Isabelle Sourbès-Verger, me semble judicieuse.

N'oublions pas la multitude de stations au sol destinées à recevoir ou transmettre des informations aux satellites. Bien qu'à proprement parler absentes du milieu spatial, elles n'en constituent pas moins un relais absolument essentiel dans la situation actuelle où l'information représente la quasi totalité des interactions que nous générons avec le milieu spatial. Ces stations, qu'elles soient matérialisées par les paraboles de plusieurs mètres de rayon, celles plus petites qui selon certains jonchent et d'autres ornent les façades des bâtiments, ou un simple téléphone portable, sont devenues un élément fréquent dans le paysage terrestre. Leur importance quantitative montre d'une certaine façon l'envergure prise sur le paysage par les éléments en orbite, et accentue encore l'idée d'une infrastructure spatiale se développant avec le temps.

La problématique des débris



Figure 2.2 L'image de gauche représente environ 7'000 débris autour de la Terre entre 800 et 1'500km d'altitude. L'image de droite représente les 8'500 objets d'origine anthropique supérieurs à 10 cm présents jusqu'à l'orbite géostationnaire. En 1999, seul 7 % d'entre eux sont fonctionnels (<http://system.solaire.free.fr/sondeterre5.htm#debris>)

Suite à un recensement au 1^{er} janvier 1999 du Space Surveillance Network de l'US Space Command : depuis 1957, la Russie, les Etats-Unis, l'Europe, le Japon, la Chine, l'Inde et Israël ont procédé à près de 5'343 lancements réussis d'engins spatiaux. Cela représente plus de 20'000 tonnes de matériaux et 25'500 objets divers en orbite autour de la Terre, parmi lesquels il ne reste en 1999 que 595 satellites opérationnels représentant une masse de 4'500 tonnes. On dénombre 15'680 débris de plus de 10 cm orbitant entre 400 et 1'500 km d'altitude. 100'000 objets d'une taille inférieure à 10 cm sont en orbite basse. Une centaines de milliers de taille inférieure au centimètre pour un total de quelque 35 millions si on s'attarde aux particules de moins d'un millimètre. La problématique des débris spatiaux va s'amplifier et des moyens⁷³ devront être développés pour la maîtriser.

⁷³ Ces moyens existent actuellement en terme de prévention. Les différentes agences et industries spatiales ont pris conscience de l'intérêt de satellites pouvant être contrôlés en fin de vie, afin soit de les faire se désintégrer dans l'atmosphère, soit de les envoyer sur une orbite moins occupée par des satellites fonctionnels. En terme de soins, par contre, nous n'en sommes qu'à renforcer les objets mis en orbite, non à

2.1 Les apports de l'accès au milieu spatial

2.1.1 La télécommunication

L'utilité des satellites dans les télécommunications était prévue avant même que le premier satellite soit lancé. Dès 1945, Arthur C. Clarke, célèbre écrivain américain de science-fiction, imaginait un système de trois satellites en orbite géostationnaire espacé de 120°, moyen de communiquer entre deux points quelconques de la Terre (hormis les deux zones autour des pôles, à partir d'une inclinaison d'environ 81°). Cette idée sera peu à peu mise en pratique, avec notamment la naissance du premier réseau mondial de télécommunication basé sur des satellites : Intelsat⁷⁴.

Actuellement, la télécommunication, assimilable à un échange d'informations entre plusieurs points (noeuds) d'un réseau, est le domaine ayant le plus influencé la situation de l'occupation de l'espace autour de la Terre. C'est le seul domaine véritablement rentable, entraînant une implication précoce et qui s'est accentuée d'acteurs privés. *« L'apparition croissante d'opérateurs privés, très majoritairement américains mais aussi de plus en plus liés à des financements internationaux, contribue à marquer l'évolution actuelle du secteur des télécommunications spatiales, également touché par le phénomène de déréglementation »*⁷⁵.

Au début des années 1960, les satellites à défilement⁷⁶ seront privilégiés. La raison est technique avec la difficulté pour les lanceurs d'alors d'atteindre l'orbite géostationnaire et la grande taille nécessaire des stations de réception au sol. Le délai d'une demi-seconde entre l'émission et la réception de l'information, qui doit parcourir au minimum une distance de l'ordre de 72'000 km, semblait également un défaut trop gênant pour les utilisateurs⁷⁷. Par ailleurs, les satellites passifs (réfléchissant le signal radioélectrique) seront également privilégiés pour être rapidement supplantés par les satellites actifs (capables d'enregistrer et de diffuser instantanément l'information qu'ils reçoivent, et/ou de diffuser les informations qu'ils enregistrent eux-mêmes). Telstar 2, lancé en juillet 1962 est ainsi « *le*

matérialiser l'idée de « nettoyer » certaines couches circumterrestres (cette dernière entreprise est considérée actuellement de faible intérêt et techniquement très difficile).

⁷⁴ Ce réseau, d'obédience américaine, sera concurrencé par le réseau Interspoutnik, d'obédience soviétique, sur lequel nous ne nous étendrons pas. Toutefois, pour ce dernier, signalons qu'il naît en 1971 et qu'il retrouve une seconde jeunesse dès 1991, avec notamment l'adhésion de l'Inde au système et l'injection de capitaux étrangers. L'avantage de disposer de positions réservées sur l'orbite géostationnaire explique également ce renouveau.

⁷⁵ Verger F., *op. cit.*, 2002, p.276.

⁷⁶ Un satellite à défilement fait le plus souvent partie d'une constellation de satellites. Celle-ci exploite quelques orbites circulaires basses (entre 600 et 1'500 km la plupart du temps, d'où une période de révolution de l'ordre d' 1 h 30 m) qui sont occupées par un ou plusieurs satellites. Par exemple, le système GlobalStar est composé de 8 orbites chacune occupée par 6 satellites (cf. figure 1.3).

⁷⁷ Ce délai est notamment perceptible lors d'interviews télévisés en direct entre, par exemple, un présentateur de journal télévisé et son interlocuteur. Si ce dernier est situé à l'autre bout du globe, il faudra un certain temps avant qu'il reçoive les paroles du présentateur. La situation où l'interviewé se fait coupé sa réponse aux remerciements du présentateur se retrouve souvent : le temps que le message arrive à l'interviewé, le présentateur a déjà changé de sujet. Toutefois, notons qu'un interviewé peut se trouver à quelques mètres de son interlocuteur et que le délai de transmission soit aussi long que dans le cas où l'interviewé est à l'autre bout du globe, du fait de l'utilisation d'un relais géostationnaire.

véritable précurseur des satellites de télécommunication actuels ; il est aussi, et ce n'est pas un hasard, le premier satellite développé sur fonds privés »⁷⁸. Syncom 2, lancé en 1964, sera quant à lui le premier satellite géostationnaire.

L'orbite géostationnaire va s'imposer rapidement comme la meilleure solution et son statut dominant dans le domaine des télécommunications ne sera pas remis en question avant les années 1990, qui verront les premières constellations de satellites à défilement d'origines privées se développer. Ces constellations « *marquent l'apparition d'une nouvelle philosophie commerciale privilégiant le concept de souplesse d'emploi avec l'utilisation de petits terminaux au sol »⁷⁹. Cette dynamique est à mettre en lien avec les nouveaux services dont peuvent s'acquitter les satellites : diffusion de l'Internet mobile à haut débit, de bouquets de chaînes de télévision ou encore de la radio. Cela témoigne de l'évolution d'une desserte point à point (comme lier New York et Londres par exemple) qui a été dominante dans un premier temps, à une desserte point à multipoints (arroser des terminaux sur une surface donnée) qui prend actuellement de l'importance.*

Les possibilités offertes par les satellites pour les télécommunications

Pour se faire une opinion sur l'apport du satellite dans les télécommunications, dans un souci de suivi historique, c'est d'abord vers le téléphone et la télévision qu'il faut se tourner. En guise d'exemple pour le téléphone, dans les années 1950, il était impossible d'établir une connexion directe entre Paris et Tahiti. Cela fut rendu possible par l'arrivée du satellite qui « *[...] a permis d'un seul coup, d'introduire deux nouvelles dimensions : la qualité et la quantité [...]. Donc, en ce qui concerne le téléphone des pays (et c'est le cas des petits pays, ou des pays en voie de développement), on a pu d'un seul coup se relier au réseau mondial. Evidemment, tous les pays de la Communauté, qui n'était pas européenne mais de la communauté française de l'époque, tous ces pays ont pu finalement, en construisant des stations terriennes, se relier au réseau mondial de télécommunications »⁸⁰. Pour la télévision, l'occupation des orbites terrestres a permis l'avancée pour beaucoup la plus significative. A « *[...] choisir le domaine d'applications probablement le plus spectaculaire, je parlerai d'abord de la télévision, puisque sans les satellites, vous ne seriez pas, comme tout le public, habitués à recevoir des images du monde entier et vous ne seriez pas capables d'assister en direct au spectacle du monde. [...] Ce que le satellite a apporté, c'est l'instantanéité et la retransmission directe des événements au moment même où ils se déroulent [...]* »⁸¹. Ces éléments sont devenus réalité pour la première fois avec la mise en place du réseau international Intelsat.*

⁷⁸ Lebeau A., *op. cit.*, 1986, p. 177

⁷⁹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 282

⁸⁰ ANAE, contribution de Jean Grenier (alors directeur d'Eutelsat), « les apports de l'espace aux télécommunications » in *Les apports de la conquête spatiale à l'humanité*, Cépaduès, Toulouse, 1992, p. 124

⁸¹ ANAE, *op. cit.*, 1992, p. 121

De nos jours, ce qui a fait le premier succès des satellites : les liaisons intercontinentales, est en train d'être supplanté par une technologie bien plus terre à terre : les réseaux de fibres optiques. Les avantages de cette technologie par rapport aux satellites géostationnaires sont d'une part leur plus forte capacité, d'autre part leur rapidité dans l'acheminement des informations, puisque celle-ci n'a plus besoin d'effectuer un aller retour entre la surface terrestre et un satellite en orbite vers 36'000 km d'altitude. Ce développement a entraîné un repositionnement. Les satellites ne sont désormais plus l'outil privilégié pour établir une liaison entre deux points fixes (par exemple entre grands centres urbain comme New York et Londres), mais plutôt l'outil qui permet de diffuser de l'information sur une surface immense avec une infrastructure restreinte, faisant fi des contraintes topographiques.

Les réseaux Intelsat et Inmarsat

Intelsat est né au début des années 1960. Sous l'impulsion de l'ONU et surtout des Etats-Unis (notamment de leur président John F. Kennedy⁸²), un consortium international est formé en 1964. En 1965, la liaison entre Etats-Unis et Europe est réalisée, deux ans plus tard, c'est au tour du Japon d'être connecté aux Etats-Unis, et en 1969, le premier système global⁸³ est concrétisé avec un troisième satellite couvrant la zone autour de l'Océan Indien. Cela permettra à toutes les chaînes de télévision des pays participant au projet de diffuser les images des premiers pas de l'homme sur un autre astre que la Terre, premier grand événement couvert par Intelsat, suivi par environ 500 millions de personnes. En 1974, Intelsat regroupe 84 pays (11 pays sont signataires de l'acte de naissance du consortium) et procure le fameux téléphone rouge, ligne téléphonique directe entre le siège de l'exécutif américain : la Maison-Blanche, et son homologue russe : le Kremlin. C'est encore ce réseau qui permet de voir presque instantanément les Coupes du Monde de football et les Jeux Olympiques, événements télévisés les plus suivis sur Terre. En 1984, le monopole d'Intelsat sur les dessertes internationales est supprimé. En 2001, à l'image d'une dynamique qui depuis quelques années gagne beaucoup d'anciennes entités gouvernementales ou intergouvernementales, Intelsat est privatisé. A cette même date la compagnie dessert 200 pays. Parmi ceux-ci, notons que les pays africains, dont on connaît le manque en infrastructures, sont devenus des utilisateurs importants. En 1999 « *plus de cinquante pays l'utilisent pour leurs télécommunications internationales et vingt-cinq d'entre eux dépendent aussi du système pour leurs liaisons nationales* »⁸⁴. A la fin août 2005, Intelsat devient la première compagnie de diffusion d'informations par satellite avec le rachat de Panamsat⁸⁵ pour \$ 3.2 mia, somme qui témoigne du poids du secteur.

⁸² Dans sa déclaration de politique sur les communications par satellites de 1961, le président John F. Kennedy annonce : « *J'invite toutes les nations à participer à un système de communications par satellites dans l'intérêt de la paix mondiale et d'une fraternité plus étroite entre les peuples du monde* » (cité in Verger F., *op. cit.*, 2002, p.286)

⁸³ Bien qu'anecdotique, nous rendons attentif à l'utilisation du terme *global* qui prend ici tout son sens, du fait de la couverture quasi complète du *globe* terrestre.

⁸⁴ Verger F., *op. cit.*, 2002, p.288

⁸⁵ Le premier satellite de cette compagnie est lancé en 1983, suivi par plusieurs autres mis sur orbite grâce à des fonds privés. Cable New Network (CNN) est le principal client de Panamsat.

C'est en 1979 qu'est fondée l'organisation Inmarsat et en 1983 que le réseau devient opérationnel. « *Les téléphones Inmarsat sont devenus indispensables dans les courses transatlantiques, les rallyes, etc. Ce sont également des outils [...] pour les journalistes, et pour toutes les équipes de secours en cas de catastrophe naturelle : ainsi, lors du grand tremblement de terre de Kobe, les liaisons avec le monde extérieur ont pu être rétablies grâce à des téléphones Inmarsat. Il en est de même en cas de raz de marée, d'éruption volcanique, d'inondation ...* »⁸⁶. Ce réseau a été créé sous l'impulsion d'une agence de l'ONU, l'Organisation Maritime Internationale (OMI ou IMO en anglais) dans l'intention d'assurer les liaisons entre les mobiles maritimes (les mobiles aériens et terrestres seront également progressivement intégrés) et les réseaux terriens de télécommunications, par l'intermédiaire de satellites en orbite géostationnaire. « *En 1987 [...] Inmarsat [...] se propose de fournir aussi des terminaux pour les mobiles terrestres. La décision, envisagée de plus en plus sérieusement dans les années 1990 d'assurer ce nouveau type de services, marque un tournant notable à plusieurs titres. Il s'agit de compléter le système géostationnaire initial par des satellites à défilement pour assurer la desserte des zones de latitude élevée et de trouver une forme juridique adéquate pour prendre position face aux grandes entreprises privées américaines qui entreprennent à travers différents projets : GlobalStar, Iridium [Teledesic, Skybridge et Orbcom qui ont une vocation globale] ... d'occuper le marché des communications mobiles personnelles* »⁸⁷. Inmarsat sera privatisé, en 1999.

Par ailleurs, de nombreux systèmes régionaux se sont peu à peu développés, dont le premier exemple est Eutelsat (Europe), rapidement suivi par d'autres : Arabsat (pays de la Ligue Arabe), Palapa (Indonésie puis pays environnants). Ces systèmes vont également être peu à peu privatisés. Enfin des systèmes purement privés existent : SES-Astra en Europe, Asiasat en Asie, Measat (Malaysia), ACeS (Asie), Turaya (pays arabes et firmes américaines).

Un modèle d'intégration socio économique

L'orbite géostationnaire, tout comme dans une moindre mesure les orbites moyennes ou basses, ainsi que les fréquences nécessaires pour transporter l'information, sont des ressources naturelles primordiales dans le domaine des télécommunications⁸⁸. Qui dit ressource naturelle dit enjeu politique et commercial pour la posséder. Il a d'abord fallu y accéder, les premières réussites étant américaines et russes, puis chercher à l'occuper pour ensuite l'exploiter. Malgré les tensions entraînées par cet enjeu, les pays, suivis par le secteur privé, ont pour l'instant réussi à s'entendre dans ce domaine par le biais de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT ou ITU en anglais) qui coordonne

⁸⁶ Dupas Alain, *Une autre histoire de l'espace, Le village interplanétaire*, T. III, Gallimard, Paris, 1999, p.19.

⁸⁷ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 292

⁸⁸ Les orbites basses, beaucoup plus nombreuses et variées que l'orbite géostationnaire, n'en demeurent pas moins également une ressource naturelle. Cependant, elles ne sont pas aussi précieuses que l'orbite géostationnaire et par conséquent leur enjeu est moindre, sans toutefois, et de loin, être nul. Les fréquences utilisables peuvent être réparties en sept catégories dont deux sont aujourd'hui particulièrement utilisées : les bandes C et Ku

l'attribution de ces ressources et qui a vu le secteur privé augmenter sa présence dans ses instances dirigeantes. Cette organisation internationale peut être vue comme un théâtre où se règle la confrontation entre l'aspect politique toujours important de l'accès à l'espace, et l'aspect commercial de cet accès qui s'est considérablement renforcé.

Le secteur des télécommunications est un cas unique de « réussite commerciale [...] avec la constitution d'un marché mondialisé des services »⁸⁹, et par là « une des voies privilégiées par lesquelles s'accomplit aujourd'hui la mondialisation »⁹⁰, cette dernière étant vue comme « l'échange généralisé entre les différentes parties de la planète, l'espace mondial étant alors l'espace de transaction de l'humanité »⁹¹. En conséquence, il n'est pas incohérent de soutenir que le secteur des télécommunications spatiales, par le réseau mondialisé d'échange d'informations qu'il a contribué à améliorer, étoffer et dynamiser, est une base fondamentale de l'espace Monde. Ce dernier représente « l'espace de transaction de l'humanité, tissé par les échanges de toute nature, de biens, d'informations [c'est dans ce domaine particulier que l'apport des satellites est fondamental], d'hommes. Un espace de diffusion d'idées, de cultures, de règles, de pratiques, [...] étendu à la planète Terre »⁹². L'intégration des ressources orbitales est nécessaire s'il y a volonté d'une réflexion pertinente sur cet espace Monde, car il est une partie non négligeable du système qui génère cet espace. La télécommunication n'est qu'une utilité (certes bien développée) des ressources orbitales, mais elle suffit à elle seule pour soutenir que dorénavant, le système Monde ne peut se comprendre sans la banlieue terrestre, c'est à dire les différentes orbites autour de notre planète.

2.1.2 La localisation – navigation

Savoir où l'on est et où l'on va. En mettant de côté l'aspect de réflexion existentielle que la phrase précédente peut entraîner, il est certain que l'aspect purement pragmatique de ces questions, qu'elles soient adressées à un homme, un animal ou une machine, est de plus en plus présent dans les différentes activités humaines, et qu'il intéresse fortement la géographie. Les satellites, en relation avec les stations sur Terre, permettent de répondre à ces questions avec une précision s'accroissant. Ce sont des outils de plus en plus utilisés, dans des domaines également toujours plus nombreux. Nous sommes arrivés au point où la navigation et la localisation à l'aide de satellites intéressent aussi bien un commandant de bord pour son avion, un promeneur en forêt pour son parcours, un biologiste pour suivre le cheminement des ours polaires, un superviseur d'une flotte de taxis pour la gérer, ou encore un géophysicien pour déterminer l'évolution des plaques continentales.

⁸⁹ Malavialle Anne-Marie, « Les satellites de communications : des promesses aux réalités politiques et industrielles » in Sourbès-Verger I. (dir.), *L'espace, enjeux politiques*, Hermès n°34, CNRS éditions, Paris, 2002, p.200

⁹⁰ Lesgards Roger, *Conquête spatiale et démocratie*, Presse de Sciences Po, Paris, 1998, p. 21-40

⁹¹ Dollfus O., *La mondialisation*, Presse de Sciences Po, Paris, 1997, p.8

⁹² Dollfus O., *L'Espace Monde*, Economica, Paris, 1994, p. 5

GPS (Global Positioning System), ces trois lettres⁹³ représentent pour beaucoup de personnes un appareil (récepteur) capable de déterminer sa position, voir à quelle vitesse il se déplace. Ce récepteur n'est qu'une partie d'un système global dont les composantes sont une flotte de satellites, des récepteurs terrestres fixes et d'autres mobiles. Pour le GPS, c'est un réseau de 24 satellites répartis sur six plans orbitaux inclinés à 55° à environ 20'200 km d'altitude, et suivant les cas une station fixe, qui permet au récepteur à partir d'un minimum de quatre⁹⁴ satellites visibles de déterminer sa latitude, sa longitude et son altitude, voir sa vitesse de déplacement.

Le système GPS est né chez les militaires puisque c'est au sein du Department of Defense (DoD) des Etats-Unis que le système sera développé à partir de 1973. C'est donc l'armée américaine qui gère le système et c'est selon sa volonté que les services fournis par le système GPS sont diffusés. Pour pouvoir profiter de ces services, il est nécessaire de connaître très précisément l'heure d'émission du signal des satellites et leur éphéméride (leur position orbitale par rapport à un référentiel temporel), connaissance qui est l'apanage des militaires américains. Ceux-ci, plutôt que de crypter l'information diffusée par les satellites, ont décidé de la diffuser de façon sélective, en réduisant la précision disponible pour les civils à une centaine de mètres. Un code connu des militaires étant nécessaire pour disposer d'une précision de l'ordre du mètre. Cependant, des moyens de contourner localement ce problème de précision sans pirater le code sont apparus rapidement. *« Le principe est simple : on dispose une station fixe dont on détermine la position avec GPS et on évalue la position des utilisateurs par rapport à cette station ; avec ce procédé, dit « GPS différentiel », on élimine par différence les erreurs introduites volontairement et on accède à une précision métrique. D'autres procédés plus raffinés, mis au point par des géophysiciens, permettent de pousser la précision du système vers le domaine millimétrique [...] »*⁹⁵.

Un nombre quasi illimité d'utilisateurs non repérables (le récepteur n'émet pas de signal) peuvent théoriquement être desservis par le réseau GPS. Si l'on ajoute cette observation à celle évoquée au paragraphe précédent relatant la possibilité de disposer d'une précision de l'ordre du mètre malgré la mesure prise par les militaires américains, on comprend qu'il y avait là un potentiel d'applications important, rapidement matérialisé. La multitude d'utilisateurs civils a entraîné une baisse progressive du prix du récepteur, accélérant l'intégration du système dans le quotidien de nos sociétés (et en

⁹³ Ce sigle est présent pour la première fois dans un Petit Larousse en 1997.

⁹⁴ Bien que 3 satellites pourraient en théorie suffire, un quatrième est nécessaire pour corriger les erreurs de temps liées à l'absence d'une horloge atomique (trop coûteuse) dans les récepteurs GPS. De manière simplifiée, le récepteur détermine une distance à partir du temps nécessaire au signal envoyé par les satellites pour parcourir le chemin qui les sépare, ce processus est effectué avec 3 satellites. Ces mesures représentent 3 sphères ayant comme centre un satellite et comme rayon la distance, le récepteur se trouve alors à l'intersection des 3 sphères. Le quatrième satellite est utilisé pour déterminer une dernière variable, le biais de l'horloge du récepteur par rapport au référentiel de temps GPS.

⁹⁵ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p.71

contrepartie la dépendance toujours plus importante de systèmes s'appuyant sur le service proposé par le GPS). Les intérêts civils pour le système augmentant, cela a conduit le gouvernement des Etats-Unis, notamment sous l'impulsion du président Clinton, à maintenir la gratuité du service pour une durée déterminée et à proposer l'accès à la précision maximale pour tous. Cependant, les Etats-Unis sont en droit d'interrompre le système en cas de menace sur leur sécurité nationale, ce qui rend la disponibilité du système tributaire de la volonté des Américains, par conséquent entraîne une dépendance stratégique difficilement tolérable pour qui veut s'imposer sur la scène internationale.

Les autres systèmes et le développement d'un système global de navigation

Bien que sa position dominante à l'heure actuelle en fera une des pierres angulaires d'un système global de navigation par satellite (GNSS) qui sera concrétisé d'ici quelques années, le GPS n'est pas un système unique. Dans le contexte géopolitique de la Guerre Froide, l'espace Monde s'était logiquement vu paré de deux systèmes, le premier américain que nous venons de préciser, le deuxième soviétique dénommé Glonass.

C'est à partir de 1976 que le système Glonass est décidé. Il ne deviendra véritablement opérationnel qu'au milieu des années 1990. Tout comme son équivalent américain, Glonass est à l'origine développé par les militaires. En théorie le segment spatial est composé de 24 satellites (21 fonctionnels et trois de remplacement) déployés sur trois plans orbitaux inclinés à 64.8° à 19'100 km d'altitude, ce qui le rend plus précis aux hautes latitudes que le GPS. En réalité, les difficultés budgétaires n'ont pas encore permis de compléter le système (treize satellites sont opérationnels à l'été 2005) mais n'empêchent néanmoins pas son fonctionnement. La capacité technique acquise par les Russes grâce au déploiement et au fonctionnement du système en fait des partenaires crédibles, tout comme d'ailleurs des possesseurs de ressources orbitales et de fréquences. Au même titre que pour le GPS, le service est contrôlé par les militaires d'un gouvernement, ce qui présente le risque pour tous les utilisateurs civils d'un arrêt du service pour des raisons politiques. Aux dernières nouvelles, le système devrait être opérationnel en 2007, et les Indiens y participeront activement avec l'envoi de quelques satellites par leurs soins. D'ici 2010 la constellation devrait être complète.

Les Européens ont décidé au début des années 1990 de remédier à cette dépendance vis-à-vis des ex adversaires de la Guerre Froide, à l'image du développement du programme Ariane dans les années 1970 qui visait à combler leur manque dans le domaine des lanceurs. Galileo, nom donné au système européen ⁹⁶, a été décidé principalement en raison de l'absence d'une garantie de continuité du service fourni par les systèmes GPS et Glonass. Contrairement à ces deux derniers systèmes, Galileo sera sous

⁹⁶ qui bénéficiera entre autres de capitaux chinois estimés à \$ 241 mio, et indiens estimés à \$ 350 mio, le coût total du déploiement étant estimé à \$ 4.37 mia)

contrôle civil, ce qui permettra d'assurer la continuité du service, « *sauf circonstances exceptionnelles* »⁹⁷. Une constellation de 30 satellites est prévue, ayant une inclinaison supérieure à ceux du système GPS, permettant une meilleure précision aux hautes latitudes. « *Le programme Galileo est symbolique de la volonté de l'Europe de maintenir une indépendance dite stratégique, le terme étant employé dans un sens plus large que purement militaire* »⁹⁸. En décembre 2004, l'Union Européenne (UE) s'est engagée à rendre le système pleinement opérationnel d'ici 2008 à 2010. Par ailleurs, l'interopérabilité entre Galileo, GPS et Glonass est voulue comme totale. Cela s'explique notamment par la volonté commune d'une majeure partie des décideurs mondiaux de créer un véritable système global, répondant entre autres aux attentes du transport aérien.

En effet, les exigences nécessaires en vue de l'utilisation d'un système satellitaire de localisation – navigation dans le domaine aérien feront qu'une fois atteintes, le système sera transposables « [...] *a fortiori pour toutes les utilisations, comme la navigation maritime ou le contrôle de la position des trains à grande vitesse* [...] »⁹⁹. Le point crucial pour cette extension concerne l'intégrité des données transmises par les satellites, c'est à dire le fait que les informations soient correctes, non altérées par un dysfonctionnement technique, et vérifiables instantanément. Les installations au sol pour le GPS différentiel permettent déjà d'effectuer un contrôle, mais pas à l'échelle du globe (nécessaire pour gérer les lignes d'avions long-courriers). Pour ce faire, « *il faut disposer d'un réseau mondial de stations terriennes reliées à des satellites géostationnaires de télécommunications. C'est l'objectif du programme européen EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) – conçu comme une composante d'un complément mondial GNSS1 à GPS [en attendant GNSS2 qui reposera sur Galileo] – et de programmes analogues aux Etats-Unis (WAAS, Wide Area Augmentation System) et au Japon (MSAS, Multifunctional Satellite based Augmentation System)* »¹⁰⁰.

Les systèmes à trajet ascendant

GPS, Glonass ou Galileo, ces trois réseaux ont en commun la caractéristique d'être des systèmes à trajet descendant. Autrement dit, les satellites envoient des informations à un récepteur qui permet ensuite à son possesseur de les utiliser pour ses activités. Il s'agit par conséquent plutôt de navigation, bien que pour naviguer il soit nécessaire de se localiser. Il existe une autre grande famille de système de localisation – navigation, où l'accent est cette fois mis sur la localisation, ceux à trajet ascendant. Argos, Cospas – Sarsat et Doris en sont les principaux représentants.

⁹⁷ www.esa.int/esaCP/ESA7QIF18ZC_France_2.html

⁹⁸ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 314

⁹⁹ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 74

¹⁰⁰ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 75

Argos est le fruit d'une coopération entre les Etats-Unis et la France. C'est un programme de positionnement et de recueil de données. Opérationnel à partir de 1978, il s'appuie sur les satellites en orbite basse héliosynchrone de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) américaine. Le système est capable de recevoir et de localiser le signal d'un émetteur depuis la surface terrestre. Cela permet des applications dans le domaine du suivi des animaux sauvages, de voiliers (notamment dans les courses au grand large tel le Vendée Globe), mais aussi les communications avec les plateformes off-shore et les transports maritimes.

Cospas – Sarsat est également un exemple de la coopération nécessaire entre les divers acteurs de la planète pour concrétiser un projet global. Dans ce cas, le but était d'améliorer les opérations de sauvetage sur la totalité du globe en fournissant des informations d'alerte et de localisation. Cospas, un programme soviétique qui débute en 1982, et Sarsat (1983) collaboration entre américains, canadiens et français, joignent leurs moyens en 1988. « *De 1982 à la fin 2000, le système a permis de secourir plus de 11'000 personnes, en majorité dans le domaine maritime* »¹⁰¹.

Doris (Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégrés par Satellite) est un programme français du début des années 1990 ayant l'intention de permettre la localisation fine d'orbites et de balises. Ce système se veut notamment une alternative au GPS dans le domaine de la navigation autonome des satellites. Ce dernier domaine devrait permettre de disposer de constellations de satellites pouvant à partir d'instruments embarqués déterminer leur position et le cas échéant la corriger. Il s'agit d'une « *évolution recherchée pour alléger le poids des segments terriens et le coût des opérations* »¹⁰².

Un outil social, rentable, mais surtout stratégique

Bien que certaines composantes du futur système global de localisation – navigation soient présentes sur l'orbite géostationnaire, la majeure partie de ce système sera comprise dans des orbites circulaires moyennes, autour des 20'000 km de hauteur. Deux ou trois constellations de satellites¹⁰³ seront d'ici quelques années fonctionnelles et permettront à certains de disposer d'un outil global capable de localiser au mètre près un récepteur qui équipera un nombre en constante augmentation de mobiles terrestres, maritimes, aériens, et même spatiaux. En effet, la position des satellites (en orbite basse surtout) sera elle aussi susceptible d'être localisée précisément et par conséquent permettra de disposer d'un système de correction automatique propre au satellite.

¹⁰¹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 317

¹⁰² Revol H., *Rapport sur la politique spatiale française : bilan et perspectives*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2001, p. 140 ; accessible sur www.senat.fr/rap/r00-293/r00-293.html

¹⁰³ Cette incertitude est liée au système Glonass dont la pérennité n'est pas assurée à moyen terme. Cependant, l'expertise russe dans la technique spatiale et surtout depuis quelques années la volonté des entreprises spatiales russe de chercher des partenariats internationaux nous font penser que le système Glonass va survivre à moyen terme. Ce sentiment est renforcé par la participation active de l'Inde (cf. note 188)

La localisation – navigation revêt un intérêt stratégique capitale, d'où la forte implication du secteur militaire dans ce domaine. C'est une des trois bases, avec la télécommunication et l'observation de la Terre, du réseau mondial d'informations, dont la maîtrise est un enjeu de puissance. L'implication de l'Europe avec la prochaine mise en place du système Galileo, en mettant de côté l'aspect des retombées économiques que ce programme entraînera, est symptomatique d'une volonté d'affirmation politique par le biais d'une contre-attaque stratégique dans un domaine où les Etats-Unis, par leur statut de précurseur et leur volonté de contrôle, sont dominants.

2.1.3 L'observation de la Terre

Les premiers satellites artificiels furent lancés dans le cadre de l'Année géophysique internationale. Ces premiers lancements, notamment celui du premier satellite américain, Explorer 1, ont rapidement permis des découvertes, comme la ceinture de Van Allen, du nom de l'américain l'ayant expliquée pour la première fois à partir de mesures prises par un compteur Geiger installé sur le satellite.

En 1965, soit huit ans seulement après les premiers lancements, voici ce que *L'encyclopédie du monde actuel* nous apprendait : « *En matière de géophysique, la somme des résultats déjà recueillis dépasse sans doute tout ce qui avait été amassé auparavant. Elle apporte un véritable renouvellement dans notre connaissance de l'environnement terrestre [...]. Les satellites météorologiques, tels les Tiros et les Nimbus américains, permettent ce qui jusqu'à présent était impossible : une vue d'ensemble de la circulation atmosphérique et l'évaluation de l'énergie transmise par l'atmosphère, grâce à la mesure du rayonnement infrarouge. Des aspects tout à fait inconnus des mécanismes de formation des nuages ont été ainsi révélés, et des cyclones naissants ont été détectés avant que toute autre information ait été recueillie par une autre voie [...]. La mesure précise des orbites des satellites artificiels a conduit à réviser les dimensions attribuées à la Terre. La valeur de l'aplatissement aux pôles a été trouvée inférieure à celle qui était admise et l'on s'est aperçu que le pôle Sud est légèrement plus rapproché du centre du globe que le pôle Nord. Les distances géographiques sont elles aussi évaluées avec une précision jamais atteinte* »¹⁰⁴.

Peut-être un peu dithyrambique, ces observations ne sont pas incorrectes. La nouvelle perspective offerte par l'accès à l'espace a favorisé la compréhension des phénomènes globaux de notre planète. Cette nouvelle perspective, c'est principalement les orbites héliosynchrones polaires qui l'ont apportées, grâce à leur couverture totale de la planète. D'autre part et comme souvent, l'orbite géostationnaire a entraîné son lot de découverte par l'observation d'une même zone sur de longues périodes.

¹⁰⁴ « L'astronautique » in *L'encyclopédie du monde actuel*, Rencontre, Lausanne, 1965, p. 10-11-12

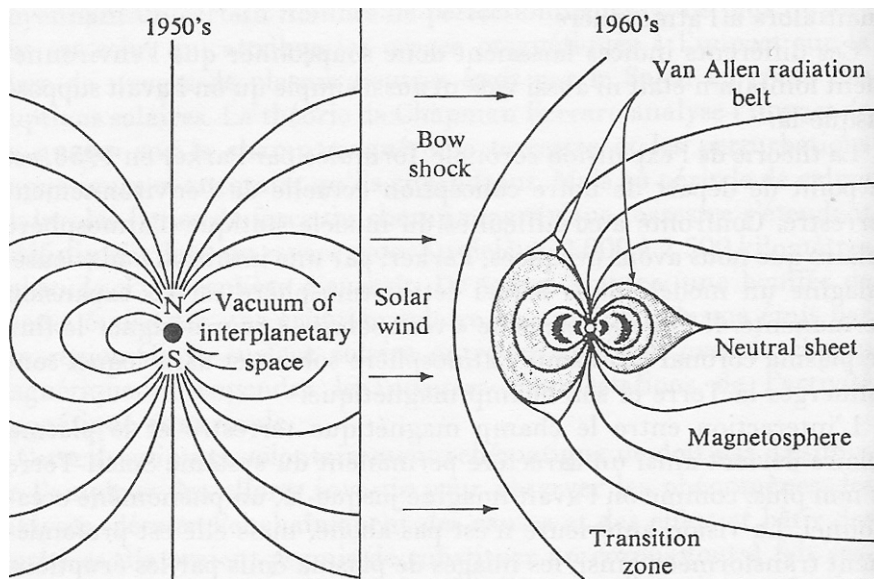


Figure 2.3 La schématisation du champ magnétique autour de la Terre, avant (1950s) et après (1960s) l'accès au milieu spatial. Entre les deux, le vent solaire, la magnétosphère, les ceintures de Van Allen et l'onde de choc sont venus s'ajouter (Lebeau, *op. cit.*, 1986, p.66)

Pour un sujet aussi vaste que celui de l'apport des satellites dans le domaine de l'observation de la Terre, nous passerons naturellement sur de nombreux détails pour dégager une structure simple que nous espérons pertinente. La structure en question est de diviser l'observation de la Terre en deux domaines : celui de la description du fonctionnement du système Terre, ce dernier étant formé par l'interaction entre l'atmosphère, les océans, la surface terrestre et la biosphère (l'influence anthropique étant devenue un facteur important de cette dernière composante¹⁰⁵) ; et celui en pleine effervescence de la télédétection, soit l'observation, sous différentes formes et pour différentes raisons, de la surface terrestre. Avant d'aborder ces deux parties, nous allons rapidement évoquer certains aspects de l'observation du globe terrestre depuis l'espace.

Les particularités de l'observation de la Terre depuis le milieu spatial

Au même titre que dans le domaine de la localisation – navigation, et bien que nous n'ayons pas mis l'accent dessus, également dans le domaine des télécommunications, il est patent que les militaires se sont rapidement intéressés à ce domaine et ont en conséquence déployé des moyens importants pour observer, ou plutôt surveiller, la Terre et certaines de ses populations. La période de la Guerre Froide a vu se développer des systèmes militaires de reconnaissance, d'alerte précoce, de détection nucléaire, d'écoute et de télécommunications. Aujourd'hui, « *il existe [...] des relations profondes et diverses*

¹⁰⁵ « L'apparition d'une interaction globale entre la planète et les activités de l'homme est sans doute le phénomène qui marquera notre époque dans l'histoire de l'humanité » (A. Lebeau, *op. cit.*, 1998, p. 114). J'adhère à ce point de vue en précisant que « notre époque » peut être interprétée comme débutant dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle. La prise de conscience d'une majorité des décideurs de l'impact des comportements humains sur l'entièreté du globe terrestre, soit une prise de conscience globale d'une problématique globale, est effectivement une première dans l'histoire de notre espèce.

*entre les programmes civils et militaires d'observation*¹⁰⁶. *L'infrastructure industrielle et technique est souvent commune [...]. D'ailleurs les satellites civiles de télédétection fournissent – on l'a mesuré à l'occasion de la guerre du Golfe [de 1991¹⁰⁷] – des informations militaires et stratégiques précieuses, et à l'inverse les observations des satellites militaires recèlent sans aucun doute des potentialités scientifiques importantes, largement inexploitées en raison des difficultés d'accès à ces données* »¹⁰⁸.

Au-delà de cette similitude avec les autres secteurs spatiaux, l'observation spatiale possède quelques caractéristiques qui lui sont propres, ou du moins qui sont plus fortement présentes que dans les autres secteurs. Alors que les satellites de télécommunication et de localisation – navigation sont actuellement presque entièrement tournés vers l'application, les satellites d'observation ont ceci de particulier qu'ils « *servent un double intérêt de connaissance de la planète et de maîtrise de sa gestion. [...] donc à la fois une science, la connaissance de la planète, et une technique, la gestion des ressources de cette planète. Ces deux dimensions sont indissolublement liées* »¹⁰⁹. La télécommunication et la localisation – navigation semblent ainsi avoir atteint un certain degré de maturité lié à des objectifs socio économiques souhaités que les systèmes actuels remplissent de façon satisfaisante. L'observation de la Terre, bien qu'étant un secteur exploité depuis les débuts de l'ère spatiale, n'est pas encore à ce stade, sans toutefois que cela représente une faiblesse. La raison est que nous sommes encore loin de comprendre le fonctionnement du système Terre. Cela entraîne un large effort de recherche dans ce domaine, où le financement du secteur privé est moins important que pour les deux secteurs étudiés précédemment, étant donné notamment l'absence de bénéfices économiques à court terme. Ceci dit, la nécessité d'une quête de nouvelles connaissances ne doit pas être interprétée comme une gêne. Au contraire, elle permet l'indispensable progrès de compréhension des phénomènes.

L'utilisation d'un satellite pour observer la Terre a deux avantages principaux qui lui sont propres. Le premier est la possibilité d'observer la surface du globe, uniformément et pendant une très longue période, indépendamment de l'accessibilité ou de l'habitabilité de la surface concernée (continent, océan, étendue glacée). Le deuxième réside dans la position du satellite, lui permettant d'appréhender les structures à grande échelle dispersées sur notre planète (comme les courants océaniques ou les phénomènes atmosphériques de grande ampleur). Ces deux avantages font qu'aujourd'hui un satellite est souvent la pierre angulaire d'un programme de recherche dans le domaine de l'observation de la

¹⁰⁶ Notons toutefois que le même auteur témoigne d'une situation différente aux Etats-Unis, où « *les branches civile et militaire de l'observation de la Terre se sont développées indépendamment l'une de l'autre* » (Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 110).

¹⁰⁷ Cette guerre est pour beaucoup la première à avoir montré l'implication du secteur spatial dans la conduite des opérations militaires, spécialement pour une armée à vocation globale telle celle des Etats-Unis. Un exemple souvent cité est lié au système GPS dont la précision disponible pour le public a du être étendue étant donné la nécessité pour l'armée américaine d'utiliser des récepteurs civils plutôt que militaires, faute d'un nombre suffisant de ces derniers. D'autre part, les malheureusement célèbres missiles de croisière « Tomahawk » ont été guidés à partir de modèles du terrain basés sur des informations recueillies par satellite. L'armée américaine a également utilisé régulièrement des images prises par le satellite français Spot. Ce dernier, bien que sous gestion civile, ayant vu la collaboration des militaires français durant sa réalisation.

¹⁰⁸ Lebeau A., *rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix technologiques, la politique spatiale française et européenne, tome 2, contribution des experts*, Economica, Paris, 1993 (www.2100.org/Text_LebeauEsp.html)

¹⁰⁹ Lebeau A., *op. cit.*, 1993 (www.2100.org/Text_LebeauEsp.html)

Terre. N'oublions pas également que grâce aux satellites de télécommunication l'information scientifique peut être rapidement acquise et diffusée. En définitive, qui veut disposer d'un système global et intégré d'observation de notre planète, dont aujourd'hui un embryon existe avec la veille météorologique mondiale¹¹⁰, doit systématiquement occuper et utiliser le milieu spatial

L'observation du système Terre

Pour observer la Terre depuis l'espace, il y a naturellement plusieurs possibilités en terme d'orbites. Un satellite peut être placé sur une orbite géostationnaire, ce qui lui permettra de produire pour une surface donnée un maximum d'images à partir de différentes fréquences. Ce travail est utile à la météorologie car il permet de fournir une image continue de la couverture nuageuse, service nécessaire aux agences météorologiques pour leurs prévisions. Il l'est aussi pour la climatologie, qui va, entre autres, se nourrir des données enregistrées pour la météorologie sur de longues périodes. Néanmoins, les orbites géostationnaires ont comme désavantage de fournir « *peu de mesures susceptibles d'être assimilées dans les modèles numériques* »¹¹¹. Or ces modèles sont aujourd'hui l'outil de base pour quiconque désire tenter de prévoir l'évolution du temps ou du climat, soit de fournir un service à la société et donc potentiellement de générer du bénéfice. De plus, nous avons déjà vu qu'un satellite en orbite géostationnaire ne peut pas voir les très hautes latitudes.

Ces éléments expliquent l'existence de nombreux satellites, expérimentaux et/ou d'applications, en orbite polaire héliosynchrone. Ceux-ci permettent toutes sortes de mesures (notamment une partie de celles effectuées par les ballons sondes), prisent sur toute la surface du globe et assimilables dans les modèles. Avec cinq satellites en orbite géostationnaire et une petite dizaine en orbite polaire héliosynchrone, la veille météorologique mondiale est malheureusement actuellement le seul système global d'observation de la Terre, par ailleurs dévolu à un domaine précis. Malheureusement, car le potentiel technique existe pour étendre ce système par exemple à l'océan. Mais ce domaine n'est pas aussi porteur que ne l'est la météorologie, pour les individus, les institutions et les collectivités territoriales. De belles réalisations existent néanmoins, avec par exemple le satellite Topex-Poséidon¹¹², fruit d'une coopération franco-américaine.

Le besoin représenté par un système global d'observation de la Terre « *ne s'impose clairement que lorsqu'on s'interroge sur l'avenir de l'humanité [...] et cela tend, étant l'affaire de tous, à être l'affaire de personne* »¹¹³. L'objectif est clair, les moyens sont là, reste à concrétiser cette possibilité.

¹¹⁰ Ce réseau résulte d'une recommandation faite par l'ONU dès 1961, visant à fournir des services opérationnels fondés sur un système planétaire d'observation de la circulation des masses nuageuses. Les services météorologiques nationaux ont grandement contribué à faire avancer ce projet.

¹¹¹ Lebeau A., « Satellites pour la prévision du temps et du climat » in *AAIHEDN*, 57, p. 70-73, 1991 (www.2100.org/Text_LebeauEsp.html)

¹¹² topex-www.jpl.nasa.gov/

¹¹³ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 122

La difficulté est que l'intérêt d'une telle démarche s'inscrit dans le long terme. En conséquence, cela n'intéresse pas ou très peu le marché et faiblement les milieux politiques, voire même les institutions actives dans la recherche sur l'environnement terrestre. Le problème de l'affaiblissement de la couche d'ozone au-dessus de certaines régions, surtout du pôle Sud, a été confirmé par des satellites. C'est pour l'instant le seul exemple où un problème global d'environnement a été identifié (par des prises de vue satellitaires), pris en compte puis combattu à l'échelle mondiale.

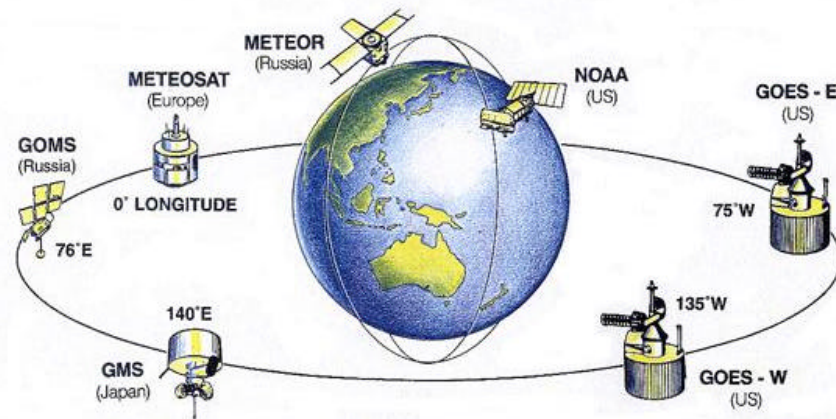


Figure 2.4 La veille météorologique mondiale. Cette représentation date car la place occupée par GOMS est maintenant occupée par le satellite indien INSAT. Les orbites polaires sont occupées par plusieurs satellites sur la même orbite (il y en a par exemple actuellement cinq sur l'orbite dévolue à la NOAA) (pandora.nla.gov.au/pan/23204/20020117/www.austehc.unimelb.edu.au/fam/1589.html)

L'importance de l'enjeu que représente une observation globale de la Terre semble toutefois enfin être prise en compte. Du côté américain, le dernier né des programmes : *Earth Science Enterprise*¹¹⁴, mis sur pied par la NASA, a comme objectif de permettre la saisie d'informations afin d'analyser et modéliser les interactions entre lithosphère, hydrosphère et biosphère. Cela devrait permettre de déterminer les effets des activités humaines sur l'environnement global. De nombreuses collaborations ont été établies avec d'autres instituts américains (NOAA, US Geological Survey) ou internationaux¹¹⁵).

Les Européens participent à ce projet américain (par le biais du programme *Living Planet* de l'ESA), tout en relevant le défi en interne avec une initiative conjointe entre la Commission européenne et l'ESA, suite à un appel lancé par le Conseil Européen. « *En réponse à cet appel, l'initiative « surveillance mondiale pour l'environnement et la sécurité (GMES) » a été mise sur pied [...] en vue de fournir des informations indépendantes opérationnelles et pertinentes aux fins d'un éventail de politiques visant des objectifs durables dans les domaines de l'environnement, de l'agriculture, de la pêche, des transports et du développement régional. Cette initiative contribuera également à la*

¹¹⁴ Après le *World Climate Research Program* lancé en 1980, puis l'*International Geosphere Biosphere Program* décidé 1986, et enfin le projet *Mission to Planet Earth*, dont l'ambition est de synthétiser les informations recueillies par les missions scientifiques antérieures et postérieures.

¹¹⁵ PNUE et agences spatiales nationales, dont particulièrement l'agence japonaise JAXA (anciennement NASDA), qui a déjà fourni une petite dizaine de satellites (Voir à l'adresse http://www.jaxa.jp/missions/projects/sat/eos/index_e.html)

réalisation des objectifs liés à la mise en oeuvre de la politique étrangère et de sécurité commune, ainsi qu'à l'alerte précoce et l'évaluation rapide des dommages en cas de catastrophe naturelle. [...] En premier lieu, l'initiative GMES consiste à regrouper les utilisateurs actuels et futurs de données environnementales et sécuritaires, tels que les services chargés de l'environnement et les autorités de protection civile. [...] Ces divers services [gestion des terrains ; surveillance des océans ; surveillance de l'atmosphère ; gestion des ressources en eau ; gestion des risques ; politiques d'aide humanitaire et de sécurité] nécessiteront l'utilisation de systèmes d'observation de la Terre spécifiques, en particulier mettant en oeuvre des technologies telles que la haute et la moyenne résolution, les imageurs optiques et radars pour la surveillance des terres émergées, des zones côtières et des océans, les capteurs optiques à micro-ondes pour la mesure de la composition atmosphérique, et les instruments avancés actifs et passifs à micro-ondes pour la surveillance des océans. Ces systèmes compléteront les systèmes nécessaires au sol, dans l'air et en mer, et requerront également des composants in situ aux fins de la validation des données. L'activité visant à établir la capacité GMES nécessitera donc la promotion et le développements d'éléments in situ interopérables et leur liaisons à des infrastructures de collecte et de gestion des données ainsi que de communications, y compris de communication par satellite »¹¹⁶.

Ce système, dont la phase d'implémentation devrait aboutir en 2008 (à l'instar de Galileo), nous fait remarquer que des moyens terrestres, aériens ou sous-marins sont nécessaires (notamment pour comprendre les processus locaux), dans l'optique de compléter les observations faites en orbite. Les satellites, dont la vocation est d'appréhender des dynamiques dans leur globalité, sont néanmoins indispensables, car ils sont au coeur du système qui se construit. L'exploitation des orbites terrestres à des fins d'observation de la Terre entre par là dans une phase où sa nécessité est acquise. La population devrait maintenant s'approprier cette donnée et la défendre.

La télédétection

Ce domaine représente l'observation à haute définition (dont une possibilité de définition est les résolutions au sol de l'ordre d'une dizaine de mètres et plus hautes) des surfaces terrestres émergées, pour en déterminer le potentiel en ressources, dans le but de mieux les gérer. La télédétection est relativement jeune puisque le premier véritable satellite de télédétection, ERTS 1 (plus connu sous le nom de Landsat 1), ne sera lancé par la NASA sur une orbite quasi polaire (inclinaison de 99°) circulaire héliosynchrone à 920 km d'altitude qu'en 1972¹¹⁷, bien que l'idée d'un programme

¹¹⁶ Commission européenne, *Espace : une nouvelle frontière européenne pour une Union en expansion*. Livre blanc, Bruxelles, 2003, p. 13-15 (http://europa.eu.int/comm/space/whitepaper/pdf/whitepaper_fr.pdf)

¹¹⁷ Il sera suivi par Landsat 2 et Landsat 3 respectivement en 1975 et 1978, ayant les mêmes propriétés orbitales. Puis les Landsat 4 et 5, lancés respectivement en 1982 et 1984, seront placés sur une orbite plus basse à 690 km d'altitude. Landsat 6 sera perdu suite à l'explosion du lanceur en 1993. Landsat 7, actuellement le dernier de la série, a été lancé avec succès en 1998. Ce dernier est la principale source des images de la Terre virtuelle proposée par le logiciel GoogleEarth.

d'observation civil de la Terre soit apparu dix ans auparavant, notamment après les expériences réalisées dans le cadre des vols habités. Cette jeunesse s'explique surtout par l'absence d'acteurs organisés exprimant clairement le besoin d'images satellitaires. En effet, les offices météorologiques nationaux ou les forces armées sont deux entités ayant rapidement identifiés leurs besoins en les exprimant aux agences spatiales nationales. Celles-ci se chargèrent de développer ou de faire développer les instruments souhaités. Dans le domaine de la télédétection, les moyens sont apparus avant les besoins¹¹⁸. Cela illustre un phénomène où une technique s'est développée avant qu'elle ait été identifiée par un marché d'utilisateurs.

La démarche de la NASA avec le programme Landsat s'inscrivait surtout dans une perspective de recherche scientifique. Les Japonais ont aussi développé un programme d'observation scientifique (Mos ou Momo, dès 1987), comme dans la grande majorité de leur action dans le domaine spatial en étroite collaboration avec les américains. L'Inde a également investi dans le domaine et ce dès la fin des années 1970. A la fin des années 1980 le pays lance le programme Indian Remote Sensing (IRS), qui concerne aussi bien les recherches environnementales que les applications terrestres et océanographiques, dans un souci de réponse aux besoins de mise en valeur du territoire national (cartographie, aménagement du territoire, suivi des risques, gestion des ressources). « *Le programme de télédétection indien dans le domaine de l'imagerie optique apparaît aujourd'hui comme le plus ambitieux des programmes gouvernementaux des différentes puissances spatiales* »¹¹⁹. Les Français ont pris assez rapidement la décision de considérer la télédétection comme une activité à caractère commerciale et mirent en place le programme Spot, actif dès 1986 (segment spatial géré par le CNES et commercialisation des images gérée par la société de droit privé SpotImage), dont le nom n'est sans doute pas étranger à la plupart des francophones. Une des originalités de ce programme est de pouvoir effectuer des visées latérales, et par conséquent de pouvoir fournir des rendus stéréoscopiques, à l'image de ce que la photographie aérienne permet¹²⁰. Ces différents acteurs nationaux¹²¹ ne sont pas les seuls à utiliser des satellites pour la télédétection. En effet des universités et des firmes privées ont

¹¹⁸ Ce besoin, qui se développe avec vigueur depuis quelques années, peut être rattaché à tout ce qui à trait à la gestion des ressources des terres et des mers.

¹¹⁹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 251. En plus de ce programme d'imagerie (lancements réussis dans ce domaine en 2003 (IRS-P6) et 2005 (Cartosat (dont la résolution est de 1 mètre au sol) et Hamsat)), l'Inde a placé sur orbite avec succès en 2004 le satellite Edusat destiné à améliorer l'accès au matériel pédagogique dans les régions reculées du pays.

¹²⁰ Les images stéréoscopiques permettent de produire des modèles en trois dimensions et par conséquent peuvent être intégrées dans les systèmes d'informations géographiques (SIG ou GIS en anglais), composante technique devenue essentielle au sein de la discipline géographique.

¹²¹ Nous n'avons pas évoqué les réalisations Russes (dès 1977) et Chinoises (dès 1975) dans ce domaine, ces derniers ayant notamment coopéré avec les Brésiliens pour la réalisation d'un satellite de type Landsat (CBERS 1, lancé fin 1999), mais ces deux grands acteurs de l'accès à l'espace ont naturellement des projets déjà aboutis et en préparent d'autres. Notons aussi que des nations moins investies dans l'accès au milieu spatial comme le Canada, le Royaume-Uni, la Suède, l'Allemagne, le Portugal, l'Argentine, la Thaïlande, le Chili, Israël, Taïwan, l'Afrique du Sud, la Corée du sud et la Malaisie ont développé des programmes d'observations, le plus souvent expérimentaux (par conséquent tourné vers une recherche scientifique et non vers une application directe). Cette dynamique témoigne de la situation à laquelle doit faire face les puissances spatiales historiques, devant désormais compter avec ces nouveaux acteurs, notamment en concluant des partenariats avec des pays émergents pour des programmes technologiques de pointe qu'Etats-Unis, Europe et Russie ne sont plus seuls à dominer

également développé des satellites de télédétection, pour une utilisation scientifique et/ou commerciale¹²².

A l'heure actuelle, l'évolution du domaine de la télédétection semble se faire dans deux directions : « *La première tire profit de l'accroissement de la résolution des capteurs pour la connaissance à grande échelle des paysages terrestres. Elle est appelée à connaître un nouvel essor dans le domaine civil avec l'apparition de systèmes à très haute résolution dont les produits sont commercialisés depuis peu et qui constituent de véritables concurrents pour la photographie aérienne*¹²³. *La seconde exploite principalement l'emprise planétaire de cette technologie et son pouvoir intégrateur qui permet d'obtenir des valeurs uniques caractérisant chacune de vastes superficies. Elle est servie par l'allongement des séries chronologiques, la diversification des bandes spectrales, la sophistication des nouveaux capteurs qui enregistrent des mesures simultanées sur des phénomènes différents. Elle offre ainsi des possibilités insoupçonnées autrefois pour la modélisation planétaire* »¹²⁴.

Un domaine irremplaçable qui nous concerne tous

« *L'état de la végétation sur de vastes étendues parfois inaccessibles, l'état physicochimique de la mer sont des données d'abord scientifiques, mais qui profitent aux activités agricoles ou de pêche* »¹²⁵. Cet exemple illustre bien la dynamique que l'on retrouve souvent : des recherches scientifiques entraînent des avancées dans les domaines socio culturelles ou socio économiques. La technique spatiale dans l'observation de notre planète ne déroge pas à cette règle.

« *Parce qu'elle est par essence globale, la technique spatiale intervient comme outil de maîtrise [...], et singulièrement comme outil de communication entre les entités géopolitiques, mais nulle part son rôle n'est aussi irremplaçable que dans la compréhension de l'interaction entre l'activité humaine et la planète. Il en résulte un nouveau type d'enjeu qui n'est, à proprement parler, ni culturel ni économique, mais qui concerne l'avenir de la société humaine tout entière et qu'aucune nation ne peut aborder isolément* »¹²⁶. Ce constat auquel nous adhérons peut être appuyé par une idée certes légère mais néanmoins pas incongrue : le fait de voir, par une image ou directement, l'entièreté du

¹²² En plus de la possibilité de développer leur propre satellite (c'est le cas avec le satellite Ikonos, premier satellite de télédétection métrique lancé sur des fonds privés, développé par la société Space Imaging), les entreprises commerciales peuvent également acheter les droits de diffusion des satellites publics. Par exemple, Space Imaging a acheté les droits de diffusion des images prises par le récemment lancé satellite indien Cartosat. Dans le domaine commercial, signalons qu'en septembre 2005, la société Orbimage a annoncé un plan visant à s'emparer avant la fin de l'année des actifs de Space Imaging pour la somme de \$ 58.5 mio. Effectué, ce regroupement a entraîné la constitution du principal acteur de services de diffusion d'images obtenues par satellite : GeoEye (www.geoeye.com).

¹²³ L'accroissement de la résolution permet maintenant aux images satellitaires d'être des outils précieux dans de très nombreux domaines, et notamment celui qui a et prendra une importance primordiale : la gestion des villes.

¹²⁴ Verger, *op. cit.*, 2002, p. 263

¹²⁵ ANAE, *Les apports de la conquête spatiale à l'Humanité, Conclusion de l'Atelier – débat*, ANAE dossier n°6, 1992, p.10

¹²⁶ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 124

globe terrestre, uniquement possible depuis le milieu spatial, a sans doute permis à beaucoup de matérialiser une identification à la Terre¹²⁷, qui devrait s'accompagner de la volonté de la protéger.

L'observation de la Terre par les satellites est un domaine vaste et complexe, qui mériterait qu'on s'y attarde plus longuement que ce que nous venons de faire. Une des caractéristiques principales de ce domaine, c'est de fournir de l'information géographique¹²⁸, ce qui intéresse au premier chef les géographes mais aussi la communauté scientifique en générale et tout simplement chacun de nous. Les informations mises à disposition par les moyens spatiaux, en conjonction avec les infrastructures terrestres et les moyens informatiques qui les supportent et les mettent en valeur, fournissent un outil indispensable de compréhension et de gestion des ressources d'une planète. Un effort collectif dans ce domaine permettra sûrement de démêler le système Terre et espérons-le de prendre des mesures pour que notre espèce vive en harmonie avec ce système, qui, en définitive, n'est autre que la Nature nous ayant donné la vie.

2.1.4 Le milieu spatial et la défense

La guerre, ou le concept de défense¹²⁹ nationale voire internationale qui l'englobe, est depuis longtemps une composante majeure des activités humaines. Evoqué précédemment, le milieu spatial a été dès le début investi par des activités liées à la défense. Symptomatiquement, rappelons que ce sont des ICBM légèrement transformés qui ont mis les premiers objets en orbite. Néanmoins, après l'adoption du Traité de 1967, dans un contexte politique marqué par une détente progressive entre les deux superpuissances d'alors, l'occupation de l'espace est sensée servir des intérêts uniquement pacifiques. Aucune arme de destruction massive ne peut être placée en orbite. Mais les armes défensives, dont la définition reste sujette à débat, sont considérées implicitement comme autorisées et par conséquent n'ont pas stoppé les satellisations à des fins militaires.

Les moyens déployés par les forces armées se trouvent entièrement en orbite terrestre, qui « *nourrit des enjeux politiques et stratégiques majeurs engendrant la convoitise des acteurs internationaux. La puissance de demain, déjà celle d'aujourd'hui, suppose la maîtrise de cet espace. Il n'est guère d'alternative* ». [Au-delà, les] *espaces lointains offrent un immense intérêt scientifique, l'appréhension de cet infiniment grand qui porte en lui quelques-unes des questions essentielles de l'humanité. Mais*

¹²⁷ Toutes les personnes ayant séjourné dans le milieu spatial témoignent d'un sentiment puissant les envahissant à la vue de la sphère bleue perdue dans une immensité insaisissable, leur permettant de prendre réellement conscience de la fragilité et de la finitude de la Terre.

¹²⁸ En première approximation, l'information géographique peut être interprétée comme de l'information placée dans un contexte spatial et temporel.

¹²⁹ Ce concept a notablement évolué avec le contexte international. D'une focalisation sur la défense du territoire, national ou international, grâce à une stratégie de dissuasion nucléaire toujours d'actualité, nous sommes passés à une défense qui sous-entend maintien de la paix, interventions humanitaires, préservation des équilibres régionaux et liberté des peuples. La défense de la liberté d'accès à l'information est également en passe de devenir un enjeu primordial. (cf. Revol H., *op. cit.*, 2001, p. 152-162)

*ces espaces ne sont pas conflictuels*¹³⁰ [...] et devraient, par conséquent, faire l'objet d'une coopération internationale renforcée »¹³¹.

L'intérêt stratégique du milieu spatial

Nous avons évoqué dans les chapitres précédents que les militaires, lorsqu'ils n'étaient pas à l'origine du développement d'une potentialité permise par l'accès à l'espace (comme le GPS), ne sont jamais loin des applications civiles. « Depuis le début des années 1990, le rapprochement des capacités des satellites civils ou militaires, souvent évoqué à travers l'expression d'usage « dual », apporte une nouvelle dimension. Les satellites militaires sont reconnus comme des « multiplicateurs de forces » et deviennent, du fait de l'évolution des compétences civiles, à la portée d'un nombre croissant de pays. Dans ces conditions, les Etats-Unis [...] considèrent que l'espace est un élément clé de leur sécurité nationale et qu'il est exclu d'accepter le moindre risque. Le concept de contrôle de l'espace (Space Control [ou supériorité spatiale]) devient alors fondamental. L'intérêt des satellites en tant que garants de la paix, initialement mis en avant pour légitimer l'existence de satellites militaires, se transforme, la position américaine de défenseur de l'ordre mondial suffisant à justifier le monopole envisagé. La multiplication des programmes considérant l'espace comme un possible champ de bataille confirme ce renversement qui, de son côté, comprend en filigrane la remise en cause des principes fondamentaux de libre utilisation, voire de libre accès à l'espace pour tous les Etats. Ainsi, cette évolution des principes fondamentaux qui régissent l'utilisation militaire de l'espace, souhaitée par les uns [exprimée principalement par les Etats-Unis], perçue comme un élément de déstabilisation par les autres [surtout la Russie et la Chine], pourrait constituer l'un des principaux facteurs de changement du paysage spatial dans les décennies venir »¹³².

Les moyens orbitaux permettent de maximiser la connaissance d'un territoire, éventuel champ de bataille. Actuellement (mais pour encore combien de temps ?), en aucun cas les orbites basses ne sont ce champ de bataille. Le milieu spatial est un appui, un vecteur de puissance par sa capacité de fourniture et de diffusion d'informations. Il permet de disposer d'une capacité de décision autonome. « Sans être une arme en soi, l'espace constitue un atout considérable. A l'instar du milieu aérien, il excelle dans les fonctions d'observation, d'écoute et de communication. A l'instar du milieu maritime, il n'appartient à personne : le res nullius de la haute mer ; il permet une certaine permanence loin des

¹³⁰ A ce titre, la non conflictualité du milieu spatial peut s'expliquer par le Droit international, qui depuis le Traité de 1967 instaure l'impossibilité d'appropriation d'une portion de ce milieu, qu'il soit en orbite ou sur un autre astre. Une modification dans ce domaine pourrait entraîner l'émergence de démarches conflictuelles d'appropriation de ressources que nous espérons les hommes éviteront, à l'image de ce qui se fait dans le domaine des orbites géostationnaires, entraînant une idée d'accaparement, notamment par les nations dont le territoire est traversé par l'équateur, du fait de leur position fixe à la verticale de cette orbite (cf. note 30)

¹³¹ Grouard S., *La guerre en orbite, essai de politique et de stratégie spatiales*, Economica, Paris, 1994, p. 17

¹³² Verger, *op. cit.*, 2002, p. 320

terres [...] ; il bénéficie d'une relative invulnérabilité¹³³ [...]. Par ses fonctions multiples de relais, il fait office à la fois de miroir planétaire et de caisse de résonance mondiale, ses facultés d'ubiquité étant reconnues »¹³⁴.

Fin avril 2005, le général américain Lance W. Lord était en Allemagne sur la base de Ramstein, où il présenta les choses suivantes : « *On ne peut plus aller à la guerre et gagner sans l'espace. L'espace est crucial pour conduire les opérations [les troupes] l'utilisent, en ont besoin et dépendent de lui [...]. Ce que l'espace permet aux forces aériennes, maritimes et terrestres, c'est une capacité de manoeuvrer plus rapidement, de communiquer plus efficacement, d'être plus précis, et, lorsque besoin est, d'être plus mortel, en raison ... de la précision du global positioning system (GPS) [...] lorsqu'en prend tous cela en compte, cela détermine une capacité vraiment impressionnante* »¹³⁵. Ces éléments démontrent qu'aujourd'hui, les militaires de la première puissance mondiale perçoivent le milieu spatial comme une composante majeure de leur activité et par conséquent comme un enjeu stratégique de la plus haute importance. Les militaires des autres Etats ou groupes d'Etats n'en sont pas moins conscients. De larges efforts sont entrepris par beaucoup pour améliorer les capacités de décision des forces armées, par conséquent pour renforcer leurs moyens orbitaux. Les satellites, surtout ceux en orbite basse, étant relativement vulnérables, la protection des moyens spatiaux est devenue une priorité qui peut être traduite par l'expression de supériorité spatiale (à l'image de la supériorité aérienne) qu'ambitionne en premier chef les Etats-Unis.

Un nouvel enjeu militaire

« En se fondant depuis la fin de l'année 1996 sur la notion dite de Space Control, le cadre de référence pour les armes spatiales tend à se transformer sans que les aspects juridiques soient pour autant résolus. Leurs défenseurs invoquent désormais plus directement la nécessité d'adapter le Droit de l'espace pour protéger les satellites américains d'autant, affirment-ils, que les intérêts stratégiques du pays reposeront sans distinction sur les satellites militaires et sur les constellations civiles en orbite basse prévues. [...] on reparle outre-Atlantique de la mise au point d'un satellite A[nti]SAT[ellite] [...] qui deviendrait ainsi le premier satellite tueur américain conçu à cet effet. [...] Compte tenu de leur coût, les programmes d'armes spatiales doivent, pour s'imposer, développer un argumentaire convaincant. Les programmes militaires russes, aux prises avec de nombreuses difficultés, n'évoquent guère la menace soviétique d'hier, et peu de pays décrétés hostiles par les autorités américaines semblent en mesure de les inquiéter réellement. Les programmes spatiaux

¹³³ Un élément primordial doit ici être rappelé : les contraintes physiques du milieu spatial entraînent que la trajectoire d'un satellite peut pour autant qu'on s'en donne les moyens être connue précisément, au contraire de celle d'un avion ou d'un sous-marin. Dès lors qu'un groupe dispose d'un accès autonome à l'espace circumterrestre et de moyens d'observation de cet espace, il est relativement aisé de détruire des satellites (au moyen par exemple d'une explosion proche de ce satellite), ce qui rend ces derniers assez vulnérables en définitive.

¹³⁴ Garcin T., *Les enjeux stratégiques de l'espace*, Bruylant, Paris, 2001, p.55-56

¹³⁵ <http://www.spacedaily.com/news/milspace-05q.html>

militaires européens, français [et anglais] pour l'essentiel, demeurent quant à eux d'ampleur modeste. Enfin les puissances spatiales asiatiques ne représentent guère à court terme de véritable menace. Cependant, après une période marquée par une relative retenue de l'administration Clinton, la nouvelle présidence Bush a appelé au renforcement de la militarisation de l'espace. Une difficulté demeure néanmoins, la concurrence directe avec les autres programmes dans un contexte budgétaire militaire global contraignant »¹³⁶.

La situation actuelle montre que la protection des moyens placés en orbite est d'autant plus présente chez ceux pour qui elle contient des intérêts politico stratégiques, mais aussi commerciaux, augmentant continuellement. En pensant aux résultats qu'un arrêt de certains systèmes liés à une infrastructure orbitale pourraient entraîner, la démarche de ceux ayant mis en oeuvre ces systèmes et en dépendant fortement va naturellement être de les protéger. Ceux-ci sont actuellement surtout les Etats-Unis. Bien entendu, les nombreux autres pays étant de près ou de loin dépendant de moyens orbitaux ont également cette volonté, mais dans une bien moindre mesure en raison de leur incapacité à mettre en oeuvre les moyens nécessaires à la supériorité spatiale. Par conséquent ces derniers sont souvent des défenseurs du status quo dans le domaine de la militarisation du milieu spatial, soit le respect du Traité de 1967. Le milieu spatial renferme ainsi un enjeu stratégique primordial et témoigne une fois de plus de la nécessité de sa prise en compte s'il y a volonté de cerner certains enjeux majeurs du système Monde.

2.1.5 L'observation du Cosmos

Nous avons écrit au début de ce travail que la géographie avait toujours accompagné l'exploration. Le domaine de l'observation du Cosmos par des machines présentes dans le milieu spatial est une composante de cette exploration, de cette quête de connaissances sur les nouveaux espaces offerts par l'accès au milieu spatial. Cette exploration, « *c'est le prolongement du rêve ancestral qui avait trouvé jusqu'ici son expression dans l'astronomie et l'astrologie* »¹³⁷.

L'observation du Cosmos présentée dans ce chapitre peut être dichotomisée entre d'une part l'immensité de l'Univers, et d'autre part ce que nous pouvons atteindre en l'état actuel de la technologie : le système solaire. Observer l'Univers depuis le milieu spatial permet de s'affranchir de certaines contraintes (effets de réfraction, turbulences atmosphériques, lumières parasites, durée des nuits, ...). Ce sont surtout des satellites en orbite terrestre, avec également un certain nombre situés aux points de Lagrange, qui s'acquittent de cette tâche. L'observation du système solaire, au contraire de

¹³⁶ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 343. La concurrence évoquée a été forte suite aux opérations militaires en Afghanistan et en Irak.

¹³⁷ Chiquet Pierre, « Quitte ou double, les nouveaux défis de l'espace pour la France » in *Diplomatie*, n°16, septembre – octobre 2005, p.64

celle du Cosmos, est souvent un parcours vers de nouvelles destinations, une exploration matérielle, non pas uniquement visuelle. A part la Lune et naturellement la Terre, tous les astres constituant le système solaire n'en sont qu'au stade d'être approchés par des sondes¹³⁸, voir dans certains cas foulés par des robots. Actuellement, des satellites en orbite martienne cartographient la topographie et la géologie de la planète alors que deux robots américains télécommandés depuis la Terre ne cessent de s'y déplacer et de nous envoyer des informations. La Lune est également sujette à une auscultation précise de sa surface par différents satellites, en attendant d'autres missions¹³⁹, et toutes les planètes, de Mercure à Neptune¹⁴⁰, sans oublier notre étoile, les astéroïdes ou les comètes, se sont vues approchées par des objets humains. Nous sommes ainsi dans une phase d'extension de l'espace géographique matériel, c'est à dire que les machines envoyées en direction de certains astres étendent notre espace de présence (sans que celle-ci soit physique). En ajoutant les découvertes des outils d'observation destinés à l'immensité de l'univers, c'est aussi notre espace de perception, l'écoumène, qui s'étend.

Quelle est l'utilité des sondes ?

Télécommunication, navigation – localisation ou observation de la Terre, ces trois domaines peuvent potentiellement permettre de générer des gains commerciaux. Leur utilité, souvent réduite à cette idée de plus-value financière, est difficilement attaquable dans leur cas. Par contre, comment justifier les dépenses importantes pour, par exemple, envoyer une sonde autour de Saturne, alors que le bénéfice économique direct retiré de la vente des produits offerts par cette mission (soit de l'information à caractère scientifique, que nous jugeons par ailleurs indispensable) est quasiment inexistant ? Nous devons nous tourner vers d'autres types d'utilités dont chacun appréciera à sa manière l'importance, mais dont la rationalité ne peut être remise en doute.

Il y a deux composantes principales à pondérer dans la planification d'un programme d'exploration à partir du milieu spatial : d'une part laisser une place aux expériences scientifiques, d'autre part

¹³⁸ Le terme de sonde s'emploie généralement pour décrire un objet ayant quitté le champ gravitationnel terrestre, dans le but soit d'observer et d'effectuer des mesures sur le milieu spatial à proprement parler, soit pour s'approcher d'un ou de plusieurs astres en particulier. Une sonde peut également se muer, par exemple, en satellite martien. Par ailleurs, il convient de rappeler avec insistance que malgré les explorations physiques de la Lune par l'homme, cette situation ne s'est plus représentée depuis plus de 30 ans et qu'ainsi la situation est telle que tout est à refaire dans ce domaine. Il n'est par conséquent pas absurde de prétendre qu'aujourd'hui, l'homme n'en est qu'au stade d'une difficile occupation de l'orbite basse terrestre, et qu'au delà l'exploration est réservée aux machines, même si quelques hommes ont ouverts la voie jusqu'à la Lune.

¹³⁹ Une mission indienne (Chandrayaan, en coopération avec l'ESA, lancement prévu en 2007) et une chinoise (Chang'e, lancement prévu en 2006 ou 2007) sont en préparations, en plus du renouveau de l'effort américain dans l'exploration lunaire, qui verra notamment le satellite en orbite lunaire LRO dresser une cartographie précise de la Lune dès 2008. Signalons également qu'en 1998, la sonde Lunar Prospector a été la première construite et lancée sur des fonds privés.

¹⁴⁰ Un débat récurrent au sein de la communauté astronomique est relatif au statut de Pluton et de son satellite Charon. Plusieurs sphères (par conséquent susceptibles d'être catégorisées comme planète ou satellite) ont été découvertes au-delà de l'orbite de Pluton (Quaoar, Sedna et récemment 2003UB313, qui recevra certainement un nom plus agréable d'ici quelques temps), voir par exemple <http://www.spacedaily.com/news/kuiper-05e.html>. Ces découvertes, en plus de l'orbite relativement inclinée (17°) et excentrique du couple Pluton-Charon, remettent sérieusement en question le statut de planète accordé jusqu'à maintenant à Pluton. Indépendamment de ce débat, les sondes Voyager I et II ont survolé Uranus et Neptune, mais ne se sont pas vraiment approché de Pluton. Une mission (Pluto-Kuiper Express) est prévue d'être lancée début 2006 et devrait survoler Pluton un peu avant 2020.

répondre à une finalité socio-économique, à une demande. L'observation du Cosmos est avant tout une aventure scientifique. Elle permet d'obtenir des informations qui vont nous servir à étendre nos connaissances sur la Terre, l'environnement dans lequel elle baigne, les différentes composantes du système solaire, la Voie Lactée, etc ... Les découvertes scientifiques entraînées par cette aventure n'ont pas une utilité économique directe, ou du moins pas à court terme. Par contre, elles sont utiles pour au moins trois points. D'une part, elles permettent dans certains cas de développer des technologies qui elles pourront être intégrées par le marché. D'autre part, la recherche scientifique peut être placée dans un contexte politico culturel, où les avancées seront autant de signes de la vitalité d'une société, voir de ses dirigeants, ce qui peut avoir une influence aussi bien intérieure (comme le sentiment de fierté national) qu'extérieure (comme la reconnaissance par les autres sociétés de la valeur du système ayant permis ces avancées). Enfin et surtout, l'intérêt des découvertes scientifiques, notamment en physique, permises par les expériences au sein du milieu spatial, est indispensable pour faire progresser notre connaissance de la Nature, celle-ci étant une question de survie pour notre espèce.

L'exploration matérielle comme finalité ?

L'utilité des démarches d'exploitation du milieu spatial, de sa mise en valeur, qui constitue le corps de la partie II du travail et sur laquelle nous nous focalisons dans ce petit chapitre, est une notion complexe et variable. Très sensible aux intérêts souvent divergents des différentes parties de l'humanité, elle reste trop souvent confinée à la notion de rentabilité économique dans le contexte libéral actuelle. Loin de nous l'idée de dresser une liste exhaustive des différentes utilités pour les domaines que nous avons traités¹⁴¹. Nous nous bornons à évoquer quelques pistes qui pourraient être approfondies selon les sensibilités. La troisième utilité évoqué au paragraphe précédent, l'idée de l'exploration comme une finalité, c'est à dire d'interpréter l'exploration comme une composante essentielle de la nature humaine, est difficile à rationaliser. Notre espèce ne serait pas ce qu'elle est si elle n'était pas poussée par l'envie d'explorer son environnement, ce qu'elle a toujours fait et continue à faire¹⁴². Dès lors le nouvel espace d'exploration permis par l'accès au milieu spatial, sous prétexte qu'il n'est pas sur Terre ou qu'il est trop onéreux d'accès, devrait-il n'être que contemplé et non exploré puis utilisé ? Indépendamment de savoir si l'homme à sa place dans cette exploration qui a débuté il y a près d'un demi-siècle, l'environnement dans lequel baigne la Terre est aussi par la force des choses l'environnement de notre espèce. Chercher à le comprendre, notamment dans l'espoir d'en saisir les dangers (comme les orages magnétiques solaires ou les astéroïdes croisant l'orbite terrestre), afin de s'en prémunir, est une absolue nécessité si l'on se place dans une logique à long terme.

¹⁴¹ Dans ce sens, voir par exemple le cahier réalisé par l'ESA et l'IAA, disponible depuis le site www.spaceandsociety.org

¹⁴² Un élément d'importance par rapport à ce débat et la possibilité pour l'homme d'explorer son environnement à l'aide de machines, ce qui était encore impensable il y a un siècle. Le débat actuel sur l'exploration spatiale doit ainsi être entrepris sur deux plans : l'exploration physique (présence humaine), et matérielle (machines, créations de l'être humain).

2.1.6 L'être humain dans l'espace

Le court chapitre précédant rappelait que l'envoi de machines a été préalable à l'exploration physique du milieu spatial. Les machines (renfermant quelquefois des organismes) ont préparé le chemin aux femmes et aux hommes depuis le début de l'histoire de l'accès au milieu spatial. Encore avant, force est de constater que « *l'idée de voyages et même de séjour de l'Homme dans l'espace est fort ancienne puisqu'elle existe déjà dans l'Antiquité et qu'elle inspire les récits d'exploration imaginaire des différentes époques* »¹⁴³.

La question de l'homme dans l'espace est peut-être celle qui fait le plus parler d'elle et qu'en conséquence une majeure partie de la population interprète intempestivement comme représentative des démarches d'accès et d'occupation de l'espace. « *L'exploration du système solaire et les vols habités retiennent l'attention du public. Les astronautes¹⁴⁴ suscitent l'admiration et la fascination, car ils sont des symboles courageux du désir profondément ancré en l'homme de reculer les frontières de la connaissance et de l'expérience* »¹⁴⁵. La part des projets visant à envoyer des hommes dans l'espace est faible (du moins en nombre de lancements, moins en terme de capitaux investis, spécialement aux Etats-Unis qui lui réservent environ deux tiers de leur budget annuel 2006 de \$ 16 mia) en comparaison des autres domaines dont nous avons traité dans cette partie II. De plus, ce domaine est encore aujourd'hui presque uniquement le fait des agences nationales¹⁴⁶, soit du secteur public.

De nos jours, l'utilité rationnelle d'envoyer un homme dans l'espace est relativement maigre, particulièrement du fait du schéma actuel de l'utilisation de l'espace qui n'est que support informationnel et non source d'énergie et/ou de matière. Elle l'est moins dans un contexte particulier, où l'aspect politico culturelle de la démarche devient le facteur déterminant par rapport au facteur habituellement prépondérant de la rentabilité économique¹⁴⁷. L'aspect philosophique de la question, la « part de rêve » souvent mentionnée dans les textes sur le sujet, engendre par ailleurs un débat

¹⁴³ Verger, *op. cit.*, 2002, p. 345.

¹⁴⁴ Nous profitons de cette phrase pour faire une petite digression sur les termes employés pour dénommer un être humain au sein du milieu spatial. Quatre termes décrivent actuellement cette situation. Il y a celui de cosmonaute (que l'on réserve en général aux Russes), d'astronaute (dédié aux Américains), de spationaute (voulu par les Français) et de taïkonaute (ou yuhangyuans ; mit en avant par les Chinois depuis leur premier vol en 2003). Au-delà de l'utilité, par ailleurs bien faible, de permettre la distinction entre différentes nationalités, cette situation est à notre avis dommageable car elle entraîne des séparations dans un projet aussi fédérateur que peut l'être l'accès de habité à l'espace. Il est relativement amusant de constater que l'UE utilise le terme d'astronaute dans ce papier, et non celui de spationaute cher aux Français.

¹⁴⁵ Commission des communautés européennes, *op. cit.*, 2003, p.29 (http://europa.eu.int/comm/space/whitepaper/pdf/whitepaper_fr.pdf)

¹⁴⁶ Les récents développements ayant vu la constitution d'entreprises privées cherchant à proposer des vols suborbitaux embarqués marquent sur ce point une évolution notable qui pourrait bien s'affirmer. Cette évolution témoigne du potentiel économique que recèle l'accès de l'homme à l'espace (les trois premiers touristes de l'espace ont déboursé \$ 20 mio pour rester quelques jours en orbite) et par conséquent le futur renforcement probable du secteur privé dans l'accès habité au milieu spatial.

¹⁴⁷ Cette situation s'est présentée au début de l'ère spatiale avec un paroxysme dans la course à la Lune, avant de s'essouffler. A l'heure actuelle, dans une phase où depuis la fin de l'Union Soviétique, la devenue seule superpuissance américaine résiste face à la montée d'acteurs comme l'Europe, la Chine ou l'Inde, la prépondérance de l'aspect politico culturelle de la présence de l'homme dans l'espace pourrait revenir, si ce n'est pas déjà le cas. En effet, le programme spatial chinois, qui se développe d'une manière relativement isolée, avec l'envoi et le retour sain et sauf d'hommes dans l'espace en octobre 2003 et 2005, ravive l'utilité politique de l'accès habité au milieu spatial. La rivalité entre Américains et Russes va peut-être se retrouver entre Américains et Chinois, ou tout autre combinaison, à moins que l'idée d'un retour de l'homme sur la Lune ne devienne l'élément fédérateur dont elle a le potentiel culturel (la Lune est vues par tous, c'est un dénominateur commun pour tous les peuples).

passionné et une succession d'argumentation en faveur ou non de l'envoi de femmes et d'hommes dans l'espace. Devons-nous sortir des limites de la biosphère qui nous a donné naissance ? Cette dernière question est en substance celle posée à chacun de nous. Nous reviendrons dessus après un bref chapitre sur ce que représente la vie au sein du milieu spatial.

La vie dans l'espace

Certains membres de notre espèce aiment à se lancer des défis à leur survie. Nous trouvons un homme qui tente de descendre au plus profond de l'océan, un autre qui choisit de suivre le cercle polaire Arctique contre le vent et un autre qui escalade la montagne la plus haute du globe. Toutes ces démarches où le danger est présent à chaque instant peuvent être mise en parallèle avec celle d'accéder au milieu spatial. Deux différences essentielles se présentent. Premièrement, les démarches précitées sont souvent individuelles, et elles demandent relativement peu d'investissement financier. Ce n'est absolument pas le cas avec l'accès au milieu spatial, qui dès qu'il suppose la présence humaine est une entreprise avant tout et surtout collective, nécessitant la mise en oeuvre d'un programme s'étalant souvent sur plusieurs années et nécessitant le travail de plusieurs spécialistes de nombreuses disciplines¹⁴⁸. Deuxièmement, bien que des moyens artificiels soient nécessaires à notre survie, lorsque nous explorons les océans, avançons dans des conditions climatiques extrêmes, ou grimpons des montagnes jusqu'à des altitudes où l'oxygène se raréfie dangereusement, la situation dans le milieu spatial a ceci de particulier qu'elle modifie drastiquement l'environnement physique dans lequel nous évoluons. Le milieu spatial ne fait tout simplement pas partie de la biosphère, d'où le danger constant qui pèse sur les hommes présents dans le milieu spatial, et par conséquent nécessite des moyens artificiels importants pour y injecter des volumes nous permettant d'y vivre. En leur l'absence, en l'état actuel de nos connaissances, cette vie est impossible.

Pour un homme en orbite, la modification physique la plus symptomatique est l'apparition de la microgravité¹⁴⁹. Les conséquences pour notre corps sont importantes : nous perdons de l'eau, des minéraux (Na, Ca, Chlorures), nous subissons une décalcification des os et une diminution de la masse musculaire. Ces pertes doivent être compensées, ce qui représente des heures quotidiennes d'exercices en orbite. Le problème des radiations solaires est également présent. Ce problème redouble d'importance à l'extérieur de l'enveloppe de la magnétosphère terrestre (à ce titre, signalons que l'ISS est protégée par ce champ magnétique) et devient primordiale pendant les périodes de forte activité solaire qui se retrouvent environ tous les onze ans. La Lune et Mars ont un champ magnétique respectivement quasi inexistant et bien plus faible que celui de la Terre. En conséquence, qui pense

¹⁴⁸ « *Entreprendre des programmes spatiaux impliquant l'homme suppose non seulement la maîtrise de technologies très avancées, mais aussi celle de la gestion de procédures complexes dont la capacité de faire travailler ensemble de nombreuses firmes industrielles* » (Collet Jacques, *Habiter dans l'espace : de Gemini aux cités du futur*, Hatier, Paris, 1992, p. 103)

¹⁴⁹ Cette particularité a nourri de grands espoirs pour la recherche en biologie et en science des matériaux, espoirs pour l'instant déçus.

vouloir atteindre ces corps, voir y rester pendant un certain temps, devra relever efficacement les défis liés à la vie au sein dans l'espace.

La nouvelle voie

Jusqu'au vol de SpaceShipOne, l'homme dans l'espace signifiait agence nationale lui ayant permis d'y accéder. Ce vol, bien que marquant le début d'une nouvelle étape, était suborbital, i.e. il a franchi la limite imaginaire des 100 km au dessus du niveau de la mer. En aucun cas il s'agissait d'un vol ayant parcouru ne serait-ce qu'une rotation en orbite terrestre, défi au combien plus intéressant et compliqué, qui nécessitera encore quelques années de travail. Une récompense de \$ 50 mio (America's Space Prize) est déjà promise à l'entreprise privée capable d'effectuer un tour en orbite avec un engin susceptible d'accueillir cinq personnes et de manoeuvrer (le but étant de s'amarrer à un futur hôtel orbital) avant fin 2010. Cette idée de récompenser des exploits techniques dans le domaine de l'accès à l'espace est à l'image de celle qui existait il y a environ un siècle avec l'accès au milieu aérien. Les agences nationales, surtout la NASA, commencent à saisir l'intérêt de ce type de démarche et proposent des concours (dans ces derniers cas dénommés Centennial Challenges).

La réussite de SpaceShipOne marque l'entrée de l'entreprise privée dans l'accès de l'homme à l'espace. Le secteur privé, par le biais de l'offre en tourisme spatial sur laquelle il s'appuie, ce que ne fait pas ou peu le secteur public (qui s'appuie plutôt sur les aspects scientifiques et politico culturels), augmente les possibilités pour l'être humain d'accéder le milieu spatial. Cette nouvelle possibilité est devenue réalité car la finalité du tourisme spatial revient à la maxime chère au capitalisme, « c'est utile car cela rapporte de l'argent », ce qui n'est pas le cas avec l'activité actuelle du secteur public. L'arrivée de l'entreprise privé dans le domaine de l'espace habité semble être un élément décisif. Elle pourrait entraîner une augmentation significative du nombre des représentants de notre espèce ayant été visiter le milieu spatial. Ces visites resteront sans doutes un certain temps confinées à l'orbite basse, mais déjà la firme Space Adventures¹⁵⁰, intermédiaire de service ayant permis les premiers vols de « touristes spatiaux », envisage de proposer un aller retour vers la Lune à bord d'une capsule Soyouz modifiée¹⁵¹.

« Récemment, la très sérieuse société de conseil américaine Futron a rendu publics les résultats de la première étude de marché sur le tourisme spatial : on y découvre que d'ici à 2021, le marché du « suborbital » pourrait représenter \$ 700 mio pour 15'000 passagers par an, et le marché de l'orbital pourrait peser, quant à lui, jusqu'à \$ 300 mio annuellement. Face à l'importance grandissante que

¹⁵⁰ www.spaceadventures.com

¹⁵¹ Deux missions russes ont vus un Soyouz inoccupé faire le tour de la Lune avant de revenir sur Terre, mais ces missions n'ont plus été tenté depuis plus d'une dizaine d'année. L'expertise russe permet néanmoins de croire que cette entreprise n'est pas utopique, même aujourd'hui où le tourisme spatial n'en est qu'à ses débuts. Notons toutefois que si elle se réalise cette mission sera marginale en comparaison du tourisme spatial en orbite basse, du moins à moyen terme.

représente l'ouverture du marché au tourisme spatial, en 2004, le Congrès américain a adopté le *Commercial Space Launch Amendments Act*, qui confie à la *Federal Aviation Administration (FAA)* la gestion du tourisme spatial ; la FAA aura donc désormais, d'ici à huit ans, la charge d'émettre les permis autorisant les vols commerciaux habités, ainsi que le pouvoir de fixer et de faire appliquer des normes de sécurité spécifiques à cette nouvelle activité »¹⁵². A n'en pas douter, le tourisme spatial est promis à un bel avenir¹⁵³. A n'en pas douter également, c'est du côté américain que l'impulsion décisive sera donnée, bien que les vols orbitaux touristiques actuels reposent en grande partie sur des capacités russes.

Une colonisation du milieu spatial ?

Nous venons de voir que le secteur privé permettra peut-être d'augmenter fortement le nombre d'êtres humains accédant à l'espace. Cette évolution probable ne répond cependant pas à la question de la véritable finalité de l'accès de l'homme au milieu spatial. Certes cela permettra peut-être de gagner de l'argent, en plus de montrer sa force et de faire des découvertes. Mais au-delà de ces aspects, quel signification ? Cela renvoie à la fameuse question de l'expansion de l'homme en dehors de la biosphère. En quoi cette démarche serait-elle nécessaire ?

Au début du travail, nous avons soutenu que le milieu spatial ne devait pas être vu comme une échappatoire, mais comme un outil au service de l'amélioration de nos vies sur Terre. Nous avons passé en revue les différents apports entraînés par l'utilisation du milieu spatial et découvert leur nécessité dans des domaines devenus majeurs de l'activité humaine. L'homme est actuellement loin d'être essentiel à ces activités, qui nous l'aurons compris sont presque entièrement comprises dans le champ gravitationnel terrestre. Si le changement identifié dans la partie I se réalise, c'est à dire si le milieu spatial devient, peut-être par nécessité, une source d'apports matériels et énergétiques à nos sociétés, non seulement comme actuellement le support et le pourvoyeur d'informations, la présence physique de l'homme dans l'espace trouverait une véritable légitimité liée à la possibilité d'y créer des lieux de vie. Dans le cas contraire ? Une réponse peut être avancée pour le long, voir le très long terme : « *Une civilisation consignée sur la surface d'une seule planète est forcément soumise à des menaces sur son existence à long terme. Les éléments naturels comme les épidémies ou les impacts d'objets spatiaux, les menaces que nous avons créés comme la guerre nucléaire ou biologique, seront bientôt accompagnés par les nouveaux dangers pour notre survie entraînés par certaines découvertes technologiques. Si notre espèce crée des établissements autosuffisants à travers le système solaire, et accède aux technologies permettant de pérenniser la vie sur Terre, l'humanité aura assurément un*

¹⁵² Bautzmann A. et Delage T., « En route vers le cosmos ? » in *Diplomatie*, n°16, septembre – octobre 2005, p.54

¹⁵³ Un facteur déterminant pour étayer cette observation est de savoir si les accidents, il y en aura sûrement, ne feront que freiner l'élan en train de naître, ou s'ils signifieront son arrêt. Je crois fermement que la dynamique initiée ne sera pas remise en question, à moins d'un cataclysme global.

futur. Un cataclysme global [...] n'entraînera pas la fin de notre espèce [...]. Nous avons le choix entre deux directions pour notre avenir : se propager dans l'espace ou s'éteindre »¹⁵⁴. Que l'on adhère ou non à cette idée, force est de constater qu'elle n'est pas irrationnelle et qu'en conséquence elle mérite une certaine attention

Explorer et peut-être un jour coloniser

« *Il est dans la nature de l'homme de vouloir connaître et visiter les milieux les plus divers et hostiles. Pourquoi l'Espace serait-il une exception ? [...] Pour nous, c'est clair, le XXIème siècle sera celui de l'homme dans l'Espace* »¹⁵⁵. La plus jeune académie de France parle d'exploration, pas de colonisation. Cette distinction est également faite à la NASA, dont les recherches sont centrées sur l'exploration, non la colonisation. Le secteur public est ainsi voué à explorer, à défricher le terrain, ce qu'il a fait depuis le début de l'ère spatiale et prévoit de continuer à faire. La découverte scientifique mais aussi l'influence politico culturelle retirée par ce domaine est selon nous le moteur de cette dynamique. Les réalisations passées ont montré que l'homme pouvait, malgré les dangers, vivre au sein du milieu spatial. L'idée d'une colonisation paraît dès lors possible.

Alors que l'exploration physique du milieu spatial revient sur le devant de la scène (nous pensons à la nouvelle politique spatiale américaine intégrée par la NASA, à la réalisation du programme spatial habité chinois ou au premier vol suborbital commercial), sa colonisation, bien que semblant être possible, paraît aujourd'hui pour le moins secondaire, voir superflue, surtout face aux défis qu'il nous reste à relever pour ne serait-ce que vivre en paix sur Terre. L'avenir nous dira si cette entreprise, possiblement la plus grande aventure que pourrait relever l'humanité, pour autant qu'elle se survive, se réalisera, et de quelle manière. Nous pouvons toutefois dire aujourd'hui que le secteur privé, sous l'impulsion ou non du secteur public, sera un élément important de cette dynamique. Notamment, le développement d'un accès au milieu spatial bon marché est envisageable. Si elle se passe¹⁵⁶, cette possible étape de l'histoire de l'humanité marquera l'espace géographique physique, elle pourrait pérenniser l'extension de notre espèce à l'extérieur de la Terre, signant son émancipation définitive.

¹⁵⁴ Cette traduction provient du site www.spaext.com. Créé en 2004, ce site cherche à montrer que de nombreuses personnes respectables, notamment des scientifiques (tel Stephen Hawking ou le plus controversé Carl Sagan) mettent en lumière l'idée que la survie de l'humanité à long terme se jouera avec des colonies dans l'espace.

¹⁵⁵ ANAE, *Les apports de la conquête spatiale à l'Humanité, Conclusion de l'Atelier – débat*, ANAE dossier n°6, 1992, p. 21

¹⁵⁶ Bien qu'accessoire, nous jugeons intéressante l'évolution proposée par Al Globus, chercheur au NASA Ames Research Center, dans un interview retranscrit dans un numéro du magazine *Diplomatie*. Selon lui : « *Il y a deux fondements possibles à la colonisation spatiale : 1) Nous décidons qu'il vaut mieux coloniser l'espace plutôt que s'entre-tuer. Le budget annuel de la Défense aux Etats-Unis dépasse \$ 500 mia. Cela nous donne un empire militaire global, incapable de nous protéger d'une vingtaine de types armés de cutters (ndlr : en référence au 11/09/01). La moitié seulement du budget de la Défense suffirait à financer la colonisation spatiale pendant quelques dizaines d'années. 2) En réaction au chaos mondial, nous pouvons fonder des colonies « utiles », en suivant des étapes progressives. Par exemple : a) le tourisme suborbital ; b) le tourisme orbital (particulièrement les hôtels « lune de miel » en apesanteur) ; c) les maisons de retraite en apesanteur (plus besoin de fauteuils roulants) ; d) des mines sur la Lune pour les satellites à énergie solaire (un marché de plusieurs trillions de dollars) ; e) des mines sur les astéroïdes pour exploiter les ressources ; f) les colonies spatiales* » (Globus Al, interviewé par Delage T., « La colonisation de l'espace, rêve ou réalité ? » in *Diplomatie*, n°16, septembre – octobre 2005, p.57-58)

2.2 Conclusion

Ce bref passage en revue nous a appris qu'aujourd'hui, c'est l'espace proche et les orbites circumterrestres qui soutiennent la quasi totalité des enjeux entraînés par l'utilisation du milieu spatial. L'orbite géostationnaire particulièrement, tout comme les orbites moyennes ou basses, renferment des propriétés maintenant fortement exploitées. Cette situation génère une quantité d'enjeux politiques, sociaux, culturelles, stratégiques, économiques, scientifiques, écologiques et peut-être un jour vitaux.

Les orbites terrestres sont mises à profit, au sens propre, spécialement dans le domaine des télécommunications, un peu moins dans celui de la localisation – navigation. Ces deux domaines sont des vecteurs structurant de la globalisation, de l'intégration progressive de tous les acteurs de notre planète au sein d'un système Monde dynamique. L'observation de la Terre par satellite est une activité où la recherche a une place encore importante et en conséquence reste actuellement moins rentable que la télécommunication et la localisation – navigation. Elle est cependant l'outil de base par lequel nos connaissances sur le fonctionnement du système Terre seront nourries. De ce fait, elle est la troisième composante d'une trilogie des utilités incontestables de l'accès au milieu spatial. Cette idée de trilogie est renforcée par l'existence de nombreux satellites remplissant un rôle dans deux voir trois des domaines précités. Ce n'est pas un hasard, l'intégration des composantes de cette trilogie dans le système socio économique est une réalité depuis quelques décennies.

L'importance stratégique des orbites terrestres est reconnue, mais ne retient pas franchement l'attention du public. Pourtant, actuellement, une décision majeure pour notre avenir à moyen terme est en train d'être débattue, avec cette volonté d'une partie de l'administration des Etats-Unis de légitimer légalement le processus, en cours, de militarisation de l'espace. Certes pondérée par les impératifs politiques et économiques intérieurs et extérieurs, cette volonté existe et par conséquent notre monde n'est pas à l'abri d'une décision unilatérale de l'administration américaine actuelle ou future, contraire à une décision de l'ONU, dont un précédent existe avec le déploiement américain en Irak en 2003. Pour l'instant, cette volonté est combattue par le reste de la communauté internationale, en raison de leur incapacité effective à contrer la supériorité spatiale américaine.

L'observation du Cosmos n'est pas rentable immédiatement. Elle n'en reste pas moins indispensable si notre volonté est de mieux connaître notre environnement¹⁵⁷ et de se prémunir des dangers potentiels qu'il recèle pour la survie de notre espèce. L'astronomie, la cosmologie et les autres sciences ayant le milieu spatial comme champs d'étude ou comme milieu expérimental nécessitent d'être abreuvées en

¹⁵⁷ Cette connaissance de l'environnement extraterrestre peut trouver des applications dans le domaine de la vérification de théories physiques. Dernièrement, une sonde américaine (Gravity Probe – B), a, en orbite terrestre, récolté avec une précision jamais atteinte une somme d'informations sur le champ gravitationnel de notre planète. Cette expérience et le dépouillement des résultats qui la suit, permettra de tester si les effets prévus par la théorie de la relativité générale sont corrects.

informations qui sont de plus en plus recueillies par des moyens spatiaux. L'enjeu de l'observation du Cosmos est, en résumant simplement, de savoir si nous avons la volonté de continuer à explorer et tenter d'expliquer ce qui nous entoure. Personnellement, cette volonté me semble inattaquable.

Alors qu'un siècle auparavant cette idée semblait utopique, qui dit exploration du milieu spatial dit aujourd'hui possibilité de le faire avec des machines. Leur utilisation entraîne un légitime débat sur l'utilité des femmes et des hommes dans l'espace. De nos jours, la balance penche plutôt du côté de l'inutilité, surtout si l'on prend comme principal facteur de décision la rentabilité économique ou dans une moindre mesure l'apport scientifique. Toutefois, le contexte géopolitique et peut-être encore plus la possible future intégration du vol habité dans le système socio économique, principalement par le biais du tourisme spatial, va sûrement changer la donne à moyen terme, voire à court terme, en tous les cas à long terme. L'espace proche fait maintenant définitivement partie des espaces géographiques matériel et physique. L'espace lointain est peu à peu en train d'être exploré par des machines et le sera sûrement un jour par l'homme. La dynamique est lancée. Il est maintenant temps de se pencher sur ses acteurs.

III LES ACTEURS DU MILIEU SPATIAL

La partie I du travail a posé une structure permettant de saisir quelques aspects du potentiel actuel et futur du milieu spatial. La partie II cherchait à présenter les applications permises aujourd'hui par l'occupation du milieu spatial, l'exploitation de ce fameux potentiel. Nous avons à présent un cadre de réflexion cernant les enjeux, et une idée des utilisations actuelles liées au milieu spatial. La partie III va chercher à compléter le système que nous tentons à la fois de construire et disséquer, en y intégrant les acteurs, les entités politiques ou privées qui occupent le milieu spatial, qui exploitent ce potentiel.

Avant de s'attaquer à cette dernière partie, il convient d'exposer la démarche que nous allons utiliser pour discuter cette intégration. Nous jugeons tout d'abord utile de présenter quelques observations sur l'histoire de l'accès à l'espace, qui permettra de poser un contexte permettant de cerner la situation actuelle. Nous allons ensuite présenter des éléments qui selon nous sont nécessaires en vue d'appréhender la situation actuelle du système Monde. Le schéma, ici très simplifié, opposant l'Ouest à l'Est, arbitré par le tiers monde, n'est plus pertinent depuis la fin des années 1980. De larges efforts de recherche sont entrepris pour proposer une lecture des transformations qui ont suivi ce basculement, voire une compréhension de la situation actuelle, dont prétendre la complexité est devenu banal. Nous nous pencherons donc sur les éléments identifiés par ces travaux, qui se revendiquent souvent de la discipline géopolitique ou des relations internationales, en cherchant naturellement à les mettre en perspective avec la démarche d'occupation du milieu spatial.

Après ces étapes préliminaires, nous allons présenter quelques aspects relatifs à la politique spatiale des principaux pays actifs au sein du milieu spatial. Ceux-ci, ce n'est pas un hasard, sont également les plus puissants acteurs du système Monde. Autrement dit, nous avons là une seconde hypothèse corollaire de la principale, à savoir que l'échelle entraînée par la démarche d'occupation de l'espace permet d'identifier les acteurs étatiques globaux.

Pour cette présentation des pays, l'accent sera mis sur les éléments que nous jugeons les plus pertinents. Nous ne suivrons dès lors pas une démarche systématique, mais présenterons un certain nombre d'aspects jugés intéressants. En guise de résumé, nous proposerons deux synthèses, une textuelle et une autre imagée, pour cette dernière au moyen d'un système prenant en compte les pays étudiés et les liens qui les unissent. Enfin, nous nous pencherons sur le secteur privé, identifié dans la partie précédente comme un vecteur primordial de ce que nous interprétons comme un regain d'intérêt dans l'accès à l'espace.

Une histoire de l'accès à l'espace, quelques repères

Prétendre pouvoir résumer l'histoire de l'accès à l'espace en quelques paragraphes est une aberration. La nécessaire brièveté de notre propos nous oblige à insister sur l'aspect subjectif du choix des thèmes abordés¹⁵⁸ (accent plus porté sur l'histoire du spatial habité) ainsi que sur le caractère schématisé des propos qui vont suivre. Subjectivité et schématisation ne sont néanmoins pas irrationnels. Cela s'inscrit dans une recherche visant à isoler les éléments qui selon nous sont les mieux à même de cerner la relation actuelle entre le système Monde et les démarches liées à l'utilisation du milieu spatial.

En plus des informations présentées dans les deux parties précédentes, une culture générale, même maigre, de l'histoire de l'accès à l'espace et de son occupation permet à tout un chacun d'identifier quelques acteurs. Les Etats-Unis et leur fameuse NASA, l'ex Union Soviétique ou encore l'Europe (spécialement grâce aux français qui ont milité pour le programme Ariane) voir le Japon¹⁵⁹. Plus récemment, les premières avancées du secteur privé ont permis à certains de s'apercevoir que l'accès à l'espace n'était plus uniquement le propre des gouvernements. Récemment également, une grande partie du public a découvert le programme spatial chinois en raison de l'envoi du premier yuhangyuan en octobre 2003, et des deux suivants en octobre 2005. Le programme spatial chinois est pourtant une réalité depuis 1958, et la fusée chinoise Longue Marche est une possibilité offerte aux acteurs du marché depuis 1985, soit quatre ans avant les lanceurs russes actuellement très prisés. Les réussites de ces différents acteurs et des autres, dont le public rattache peut-être trop l'importance au taux de couverture médiatique, ont permis de rattacher l'idée de l'accès au milieu spatial à une réalité, d'associer les réussites à certains Etats ou groupe d'Etats, ou depuis peu à un élan privé.

L'histoire très résumée de l'accès à l'espace, c'est une première phase que débute avec Spoutnik en 1957 et qui s'arrête aux environs de 1970. C'est d'abord une compétition, une course entre deux blocs, entre deux systèmes politiques, à l'image de celle qu'ils livrent pour la domination du monde après la 2^{ème} Guerre Mondiale. A l'Ouest les Américains, supérieurs techniquement et scientifiquement¹⁶⁰, à

¹⁵⁸ Nous allons par exemple nous contenter des sept principaux acteurs de l'accès indépendant à l'espace ainsi que des six acteurs jugés secondaires, alors que plus d'une trentaine d'Etats (voir Figure 3.1) ont envoyé ou fait envoyer un satellite en orbite, sans compter les entreprises privées.

¹⁵⁹ Les Japonais lancent par leur propres moyens un premier satellite en février 1970, suivi de près par les Chinois en avril de la même année. Le Japon est, avec les Etats-Unis, L'URSS devenue Russie et l'Europe, la seule nation ayant jusqu'à présent envoyé des sondes se libérant de l'attraction gravitationnelle terrestre (notamment vers la comète de Halley ou vers Mars ; dernièrement une sonde s'est posée sur un astéroïde et pourrait en ramener des échantillons, ce qui constituerait une première mondiale)

¹⁶⁰ « Il y a en fait un seul « Grand » en 1945 : les Etats-Unis d'Amérique. Leur supériorité est écrasante dans les domaines scientifique et technique : les Européens sont hors de combat, les Soviétiques très en retard dans quasiment tous les secteurs. Economiquement, l'avance des USA est éclatante. [...] même au plan militaire la domination américaine est visible » (Duret Alain, *Conquête spatiale : du rêve au marché*, Gallimard, Paris, 2002, p. 14-15). Cette situation est moins prégnante après que les Soviétiques mirent au point leur propre arme nucléaire en 1953 et durant les premières années de l'accès à l'espace. « La mise au point, à partir de 1957, des missiles intercontinentaux, le lancement des premiers satellites, qui assurent aux Soviétiques une avance (momentanée et limitée au domaine de la balistique) sur les Etats-Unis renforcent optimisme et dynamisme de l'URSS sur la scène internationale, qui expliquent [...] le cours sinueux des initiatives [...] alternant menaces et perspectives de détente, de la diplomatie soviétique des années 1956 – 1964 » (Werth Nicolas, *Histoire de l'Union soviétique, 1953 – 1985*, QSJ n° 3038, PUF, Paris, 1995, p.49).

l'Est les Soviétiques, qui compensent ce handicap par une volonté politique affirmée et quelques premières techniques (ICBM, satellisation), au milieu le reste du monde. Cette course se décrit souvent par les prouesses réalisées par l'un ou l'autre camps. Premier satellite, premier homme, première sortie dans l'espace, premier alunissage etc... Pour ses deux protagonistes, cette course est surtout un moyen d'exposer à la population, indigène ou étrangère, l'efficacité de leur système politique, de démontrer la valeur de leur idéologie. D'un côté l'économie dirigée des Soviétiques, de l'autre le système capitaliste qui finalement sortira vainqueur. Cette compétition entre les deux blocs, à l'échelle de l'accès à l'espace, sera vigoureuse dès les premières années de l'accès à l'espace. Elle trouve son paroxysme dans l'idée d'aller physiquement sur la Lune. Cette dernière, défi lancé au peuple américain¹⁶¹ par leur président John F. Kennedy, est naturellement aussi un défi lancé aux Soviétiques. Ce choix, considéré, sûrement à raison, comme alors impossible à relever pour le camps rouge, est caractéristique de l'aspect hautement politique, ainsi que l'indicible part de rêve, liés à l'accès au milieu spatial, surtout lorsqu'il s'agit d'y aller physiquement, et particulièrement durant cette première phase de compétition exacerbée.

Entre la fin des années 1960 et le milieu des années 1970, les relations entre l'URSS et les Etats-Unis sont relativement affables. Symptomatiquement, un amarrage entre capsules américaine et soviétique devient réalité en 1975. Cet accomplissement, scientifiquement et techniquement peu intéressant, est alors peut-être la forme la plus aboutie de coopération, puisqu'elle joint, dans une certaine mesure, les efforts des deux plus grandes puissances d'alors. Cette coopération ne marque toutefois pas la fin d'une nécessaire compétition, encore présente de nos jours, entre les différents acteurs de l'accès à l'espace. Elle témoigne de la possibilité offerte d'effort collectif, tout aussi nécessaire que la compétition. Le programme de l'ISS (accords signés entre USA, Russie, Europe, Canada et Japon, et premiers modules placés en orbite en 1998) en est aujourd'hui le porte drapeau, tout comme, parmi d'autres exemples, la coopération entre la Russie et l'Europe avec l'installation du lanceur Soyouz au CSG, prévue opérationnelle pour 2007.

A part les Etats-Unis et l'ex-URSS, d'autres Etats vont démontrer leur indépendance dans l'accès à l'espace. La France est le premier à le faire dès 1965. En 1970 le Japon et la Chine entrent dans le club, les Britanniques suivant une année après. En 1980 l'Inde devient également capable d'envoyer ses propres satellites, suivi en 1988 par Israël et une année après par l'Irak de Saddam Hussein (les deux guerres du Golfe rendent naturellement cet acteur actuellement inopérant). La Corée du Nord a aussi réussi un lancement de satellite par ses propres moyens en 1998. Le Brésil, après des échecs en 1997,

¹⁶¹ Ce défi peut également être interprété dans l'optique de restaurer l'image des Etats-Unis sur la scène nationale et internationale. En effet, à cette période, les Etats-Unis sont en pleine guerre du Vietnam et l'opinion public, aussi bien intérieur qu'extérieur, est à reconquérir. « Selon Eugene Emme, historien américain du programme spatial, Richard Nixon avait révélé « son intention d'utiliser pleinement les succès de plus en plus spectaculaires d'Apollo en multipliant ses initiatives personnelles pour « désaméricaniser » la guerre du Viet-Nâm et chercher une détente dans un monde tri-polaire avec Moscou et Pékin ». (Pasco Xavier, *La politique spatiale des Etats-Unis 1958 – 1995*, L'Harmattan, Paris, 1997, p.168).

1999 et surtout 2003 (explosion au sol du lanceur qui fit 21 morts), accède enfin au « club spatial » avec un lancement réussi de son Veículo Lançador de Satélites (VLS) en octobre 2004. Première d'acteur privé, la firme Sea Launch¹⁶², créée en 1995, réussit son premier placement en orbite depuis sa plateforme mobile dans le Pacifique en 1999. A part la Grande-Bretagne, chaque pays mentionné possède une ou plusieurs base(s) de lancement. L'Europe et le Brésil, avec respectivement le CSG et la base d'Alcantara (voir figure 1.9 ; p.32), possèdent les meilleurs emplacements et sont par là naturellement favorisés.

La France est sans nuls doutes le moteur du programme européen. C'est elle qui va convaincre les autres pays européens de l'importance d'un accès indépendant à l'espace. Le programme Ariane (premier aboutissement avec le tir réussi depuis le CSG de Ariane 1 en 1979) réussira peu à peu le coup de force de s'imposer sur le marché des lanceurs, dont les Etats-Unis avaient la maîtrise. La France et ses partenaires Européens, puis les Chinois et les Russes, surent profiter de ce qui est maintenant considéré comme une erreur stratégique américaine : le programme STS (*Space Transportation Shuttle*), soit la Navette spatiale, avalisé par l'exécutif américain en 1972 (premier tir réussi en 1981). Alors que la Navette était sensée garantir un accès facilité et moins cher à l'espace, c'est le contraire qui se produit. A la même période, les Soviétiques débutent un long programme d'occupation par le biais de stations orbitales¹⁶³. Mir, avec son premier module placé en orbite en 1986, fut la dernière et la plus aboutie¹⁶⁴ de ces stations. 1986 voit aussi la perte de sept astronautes, suite à l'explosion de la Navette Challenger¹⁶⁵, tandis que sept autres astronautes (dont le premier astronaute Israélien) perdent à nouveau la vie en 2003, suite à la désintégration de la Navette Columbia lors de sa rentrée dans l'atmosphère. Ces deux drames ne doivent pas occulter les aspects positifs, malheureusement peu nombreux en regard des négatifs, du programme STS, mais ont naturellement donnés de méchants coups au programme spatial habité américain, et par conséquent à tout leur programme spatial, qui est le plus financé et le plus grand au monde.

Schématiquement, une fois la Lune foulée, l'élan créé par la possibilité technique d'accéder à l'espace et la compétition politique l'accompagnant va s'essouffler à la faveur des forces du marché. En effet, après cette première phase où les aspects politiques et culturels sont prédominants, suit une deuxième phase où les aspects économiques s'intensifient, sans toutefois que l'aspect politique disparaisse¹⁶⁶. Favorisée par l'accès facilité à l'orbite géostationnaire, la demande de satellites de télécommunication augmente fortement à partir des années 1970, et encore une fois durant les années 1990. Cette dernière

¹⁶² www.sea-launch.com

¹⁶³ Les américains ont néanmoins injecté la première station orbitale de l'histoire avec le module Skylab en 1973

¹⁶⁴ Elle permettra notamment au cosmonaute Sergei Krikalev, parti de Baïkonour alors encore territoire de l'Union Soviétique pour la station orbitale Mir, de revenir quelques mois plus tard sur un territoire devenu le Kazakhstan.

¹⁶⁵ « Cet accident tragique a probablement marqué la fin de l'utilisation effective des vols habités comme symbole de fierté et de grandeur, bien que cela ne fut pas immédiatement reconnu » (Logsdon J., « Le leadership américain et l'espace : la recherche de la puissance et de la gloire » in Sourbès-Vergie I. (dir.), *L'espace, enjeux politiques*, Hermès n°34, CNRS éditions, Paris, 2002, p.72)

¹⁶⁶ Tous les ouvrages consultés insistent sur l'idée que l'aspect politique de l'accès à l'espace est constamment présent. Ce fait est bien entendu à mettre en relation avec l'aspect stratégique représenté par un lanceur spatial ou un satellite.

décennie voit l'apparition des constellations de satellites à défilement et le déploiement des deux tiers de la flotte nécessaire au GPS. Cette dynamique s'essouffera au début des années 2000.

Aujourd'hui, l'accès au milieu spatial et son exploitation sont intégrés dans le jeu socio économique du système capitaliste. « *L'Espace a cessé de faire rêver [...] Au rêve a succédé l'accoutumance aux lancements de satellites industriels ou de communication ; les effets d'annonces se multiplient, mais depuis longtemps les élans du public ont disparu. Car l'heure est aux acquis industriels, aux marchés technologiques, aux bilans financiers. Gagarine et Armstrong se sont effacés devant Alcatel et Lockheed-Martin. Les prouesses singulières ont laissé place aux grandes manoeuvres économiques . américaines, européennes, russes et bientôt chinoises ; la conquête de l'Espace à la consolidation de son exploitation. La conquête spatiale est entrée dans l'âge adulte* »¹⁶⁷. Ce constat, dressé par un géographe de formation, est d'après moi un peu trop fort. Certes, l'accès à l'espace ne représente sûrement plus ce qu'il était avec le programme Apollo, mais la part de rêve est encore présente. Par exemple, les images qui nous sont parvenues des deux robots américains sur Mars, ou de la sonde Huygens qui a pénétré l'atmosphère de Titan (satellite naturel de Saturne). Elles sont certes moins spectaculaires que les premiers pas d'Armstrong, mais elles contiennent une part de rêve. Le tourisme spatial en développement est également à prendre en compte. Il a déjà permis, et permettra, d'ici quelques années, à ceux qui auront les moyens financiers, d'accéder au milieu spatial, voire de faire des tours en orbite. Cela concrétisera un rêve pour beaucoup d'êtres humains. Enfin, les réussites du programme spatial habité chinois et la nouvelle politique spatiale américaine (abandon de la Navette d'ici 2010, construction de nouveaux engins et retour sur la Lune programmé pour 2018, pour autant que cela se concrétise) vont indubitablement relancer une dynamique aussi puissante que celle qui enflammait les esprits durant les années 1960.

Une grille de lecture à l'échelle de la civilisation

La figure 3.1 démontre qu'un grand nombre de pays est présent au sein du milieu spatial. Pour autant, ils ne sont toujours qu'une petite dizaine à pouvoir prétendre y accéder par leurs propres moyens, et par là à proposer ce service à d'autres acteurs. Cette petite dizaine, ce n'est pas une surprise, représente également les principaux acteurs du système international.

Celui-ci, chamboulé une fois l'effondrement de l'Union Soviétique consommé, est l'objet de nombreuses études. L'enjeu de ces réflexions, c'est tout simplement de comprendre le monde dans lequel nous vivons actuellement, pour, but ultime mais sans doute irréaliste, en deviner l'évolution. L'accès au milieu spatial peut-il être un élément de réflexion pertinent pour démêler le système Monde ? Nous pensons que oui et allons tenter de montrer pourquoi dans la suite de ce petit chapitre.

¹⁶⁷ Duret Alain, *op. cit.*, 2002, 4^{ème} de couverture

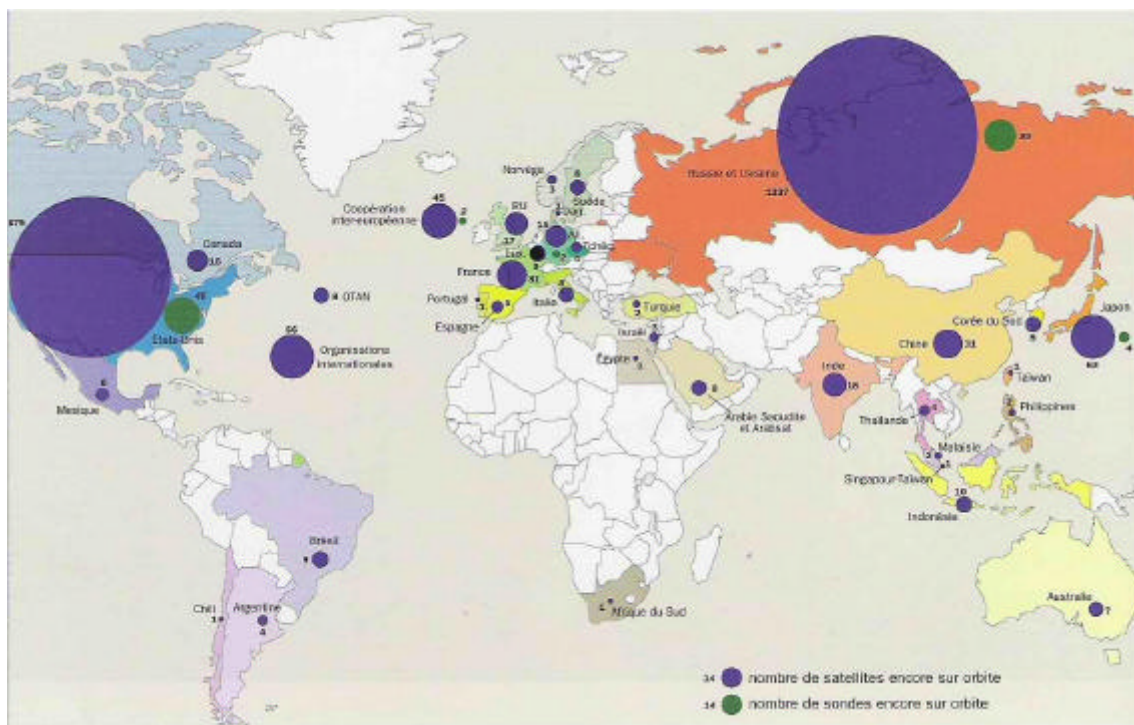


Figure 3.1 Provenance des satellites et sondes sur orbite au 1^{er} janvier 2000 (Verger F., *op cit.*, 2002, p. 60). Cette figure s'explique dans l'optique de montrer la totalité des acteurs présents en orbite. Dans peu de temps le Nigeria rejoindra le club grâce au lancement d'un satellite de ce pays par le lanceur chinois Longue Marche. le Kazakhstan projette également un satellite pour 2007.

Au cours des années 1990, Samuel P. Huntington¹⁶⁸ et Francis Fukuyama¹⁶⁹ nous ont gratifié de deux modèles différents quant à la question du devenir de l'humanité. Schématiquement, il s'agit respectivement d'un choc de civilisations, celles-ci étant au nombre d'une petite dizaine ; ou de la fin de l'histoire, autrement dit d'une homogénéisation de l'humanité, aboutissant à une paix généralisée entre les grands acteurs de notre monde, et par conséquent à l'impossibilité de guerres mondiales telles celles du XX^{ème} siècle. Gérard Dussouy nous éclaire à propos de ces vues : « *La dialectique de l'homogénéisation* [idée dont le modèle de Fukuyama est l'aboutissement] *et de l'hétérogénéité* [idée dont le modèle de Huntington est l'aboutissement] *apparaît comme la logique dominante du système international. Elle affecte tous les champs de la configuration géopolitique, et fait varier dans un sens ou dans un autre les différents paramètres du changement* »¹⁷⁰. Autrement dit, les guerres, même importantes, ne vont (malheureusement) pas s'arrêter de sitôt, et le monde ne va pas se résumer à une bataille rangée entre les civilisations. La réalité est beaucoup plus complexe, elle oscille avec le temps. Les deux modèles proposés ont néanmoins le mérite de poser des jalons entre lesquels l'oscillation se fait, c'est du moins la position que nous défendons.

¹⁶⁸ Huntington Samuel P., *Le choc des civilisations*, Odile Jacob, Paris, 1996

¹⁶⁹ Fukuyama Francis., *La fin de l'histoire et le dernier homme*, Flammarion, Paris, 1992

¹⁷⁰ Dussouy Gérard, *Quelle géopolitique au XXI^e siècle ?*, Complexe, Bruxelles, 2001, p. 281

Nous parlons de civilisations sans en avoir expliquer la teneur. Nous nous contenterons ici d'une brève description. Une civilisation peut être comprise comme une aire géographique où une culture, au sens large, est identifiable et prédominante. Bien que n'adhérant pas aux conclusions de son travail, nous trouvons intéressant le découpage proposé par Huntington. Il identifie neuf civilisations. Parmi celles-ci, six sont actuellement en mesure d'envoyer un satellite par leurs propres moyens¹⁷¹. Les civilisations n'ayant pas de moyens propres pour accéder à l'espace sont l'Africaine¹⁷², l'Islamique¹⁷³ et la Bouddhiste, tandis que l'Occidentale possède deux voire trois représentants (les Etats-Unis et l'Europe, voire Israël) capables de cet exploit technique.

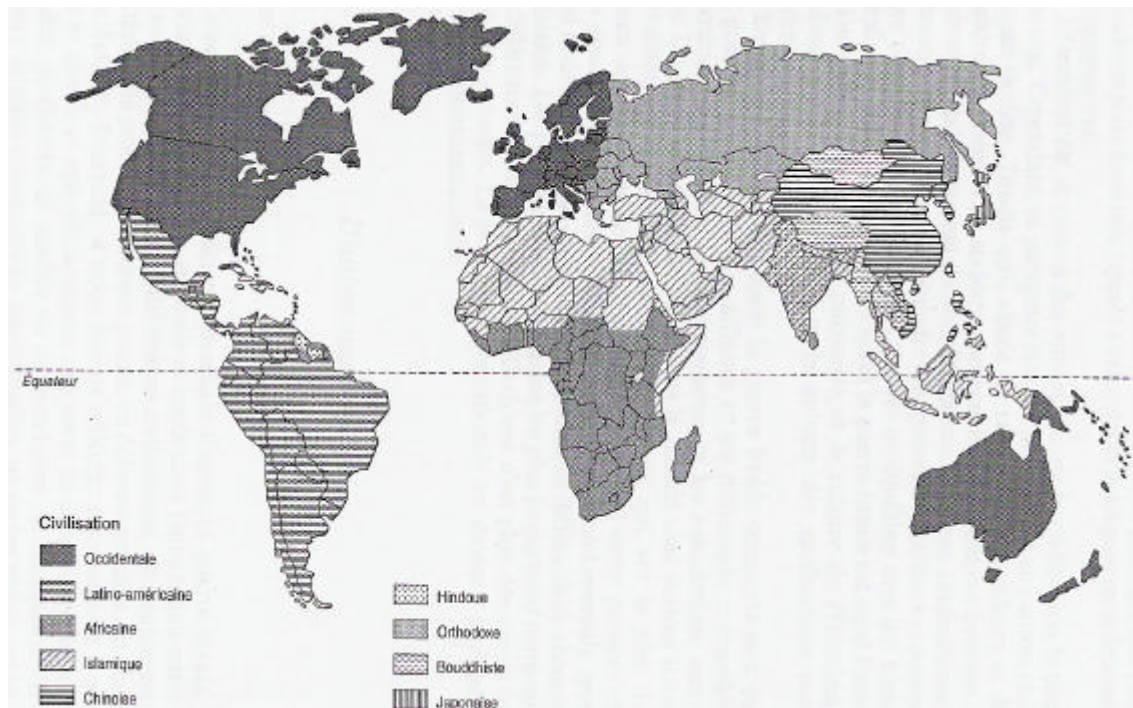


Figure 3.2 Une possibilité parmi d'autres de découpage du monde en civilisations (Huntington S. P., *op.cit.*, 1996)

Cette proposition d'interprétation de la réalité n'est pas suffisante. Le jeu international actuel se trame principalement à travers l'ONU et les organes qui lui sont liés, et par conséquent par le biais des Etats qui en font parties. Identifier un certain nombre de civilisations permet une lecture à grande échelle de la réalité mondiale, mais ne permet sûrement pas d'en saisir toute la complexité. Lire le monde à l'échelle des Etats permet d'avoir un autre angle d'approche aidant à la compréhension, mais dur à déchiffrer, en raison : de leur nombre élevé, de leur comportement changeant, de leur taille variable et

¹⁷¹ Celles-ci sont : la civilisation Occidentale, que l'on peut en deuxième approximation diviser en trois, voire quatre parties : les Etats-Unis, l'Europe et l'Australie (en compagnie pour cette dernière de la Nouvelle-Zélande, la Papouasie Nouvelle-Guinée et quelques îles du Pacifiques), voire Israël. Parmi ces quatre, les deux premières et Israël possèdent un accès à l'espace indépendant. En plus de ces trois acteurs : les civilisations Latino-américaine (Brésil), Chinoise (Chine), Hindoue (Inde), Orthodoxe (Russie) et Japonaise (Japon)

¹⁷² La coopération entre la Chine et le Nigéria pour la création d'un satellite est sans doute la première pierre de la construction d'une capacité spatiale africaine. L'Afrique du Sud est par ailleurs en bonne position pour créer une capacité spatiale propre.

¹⁷³ Notons pour cette dernière que le Kazakhstan, composé pour moitié de personnes d'obédience musulmane, et que l'Indonésie, plus grand pays musulman du monde, témoigne que cette civilisation n'est pas absente de l'accès et de l'occupation du milieu spatial. Toutefois, ni le Kazakhstan ni l'Indonésie ne peuvent actuellement prétendre posséder la trilogie nécessaire à l'accès à l'espace : lanceur, industrie spatiale et base de lancement, bien que leurs territoires aient respectivement déjà lancés des centaines et une petite dizaine de satellite.

de leur perte d'influence¹⁷⁴. Les réseaux des acteurs non étatiques (ONG, entreprises, etc...) sont également à prendre en compte. Ils structurent le système mondial transversalement et créent de nouvelles formes de puissances et de pouvoir¹⁷⁵. En définitive, les civilisations identifiées permettent relativement simplement de structurer le monde en Grands Espaces¹⁷⁶. Cette dernière idée cherchant à résumer simplement celle d'une grande puissance capable d'influencer sur l'équilibre, à grande échelle, du système mondial.

Accéder indépendamment au milieu spatial signifie-t-il être une grande puissance ? Etant donné le peu d'Etats en étant capables, l'importance (démographique, économique, politique et culturelle) de ceux-ci au sein du concert des nations, ainsi que pour la plupart d'entre eux (Japon, Chine et Inde, dans une moindre mesure Etats-Unis, Europe, Russie et Brésil, et dans une très moindre mesure Israël) leur assimilation à part entière à une civilisation, il semblerait que oui. Cela devient d'autant plus vrai si ledit Etat possède une propre base de lancement (ce qui est le cas pour ces sept acteurs). Enfin, rappelons que posséder un accès à l'espace signifie capacité de projection de la force nucléaire¹⁷⁷, force présente chez tous les pays pris en compte, à l'exception du Brésil et du Japon¹⁷⁸.

En conclusion, lire le monde à partir de Grands Espaces est trop généralisateur, mais permet de saisir simplement une certaine réalité, valable à grande échelle. Selon nous, chaque Grand Espace est porteur d'un ou de plusieurs Etats, parfois représentant une civilisation à part entière, parfois partie importante d'une civilisation, ayant un accès indépendant à l'espace. Il y a par conséquent un lien fort entre l'accession indépendante à l'espace et la puissance (démographique, économique, politique, culturelle et militaire) d'un Etat. Les plus puissants, peu nombreux, représentent en totalité ou en grande partie une civilisation qui génère un Grand Espace. Ils possèdent un accès indépendant au milieu spatial, qu'ils peuvent cas échéant proposer à d'autres Etats, que ceux-ci fassent partie ou non de la même civilisation.

¹⁷⁴ En guise de précision pour ce dernier propos, nous pouvons citer Paul Claval : « *Les déplacements de personnes, le téléphone, la radio, la télévision, les satellites de télécommunication, créent un nouvel espace de communication qui limite les effets des propagandes nationales. Cela ne conduit pas nécessairement à une meilleure entente entre les peuples, mais cela crée une opinion publique de dimension planétaire, limite le champ d'action des gouvernements totalitaires, sape leur base et conduit à une démocratisation globale du monde politique* » (Claval P., *Géopolitique et géostratégie*, Nathan, 1996, p.150)

¹⁷⁵ « *Les entreprises sapent l'Etat-nation par le haut en devenant transnationales ou multinationales [...]* » (Claval P., *op. cit.*, 1996, p. 161)

¹⁷⁶ Cette notion a été trouvée dans l'ouvrage de Dussouy G., *op.cit.*, 2001. Il va de soi que la définition qu'en donne l'auteur est nettement plus étayée que ce que nous proposons ici. Notre utilisation de cette notion est par conséquent très lâche et ne doit en aucun cas être interprétée comme une volonté de remettre en question le travail sur cette notion effectué par l'auteur.

¹⁷⁷ L'interprétation du système international à partir des éléments liés à la force nucléaire est encore d'actualité, en témoigne par exemple les décisions vis à vis de l'Iran.

¹⁷⁸ En plus de ces acteurs, signalons que le Pakistan et la Corée du Nord possède la force nucléaire et la capacité de la projeter, sans toutefois posséder de capacité d'accès à l'autonomie à l'espace. Israël possède la force nucléaire et une capacité d'accès à l'espace indépendante, aussi selon nos critères elle pourrait être interprétée comme une grande puissance. Ses dimensions (démographique et surfacique) nous font toutefois penser qu'elle ne peut pas être interprétée comme telle, alors que sa force culturelle (notamment grâce à la diaspora juive) et politique est prégnante. Aussi sommes-nous emprunté dans l'optique de la classer ou non dans la catégorie de grande puissance. Finalement, étant donné son rapprochement politique, économique et culturelle avec l'Europe et les Etats-Unis, placer Israël au sein de la civilisation Occidentale me paraît judicieux (notons à ce titre que la carte proposée par Huntington (figure 3.2) range ce pays dans la civilisation Musulmane, ce qui est d'après nous une erreur).

3.1 Les pays actifs dans l'accès et l'utilisation du milieu spatial

Nous venons de tracer une brève histoire de l'accès à l'espace et de ses principaux acteurs, suivie d'une succincte présentation de l'idée d'une interprétation du système mondial basée sur des Grands Espaces porteurs d'une civilisation. Il est désormais temps de s'attarder sur les puissants pays d'une manière plus approfondie. Nous allons présenter quelques aspects de leur politique spatiale¹⁷⁹, en cherchant à être le plus actuel possible.

La politique spatiale d'un Etat ou d'un groupe d'Etats représente un produit d'actions provenant de multiples acteurs (agence spatiale, milieu politique, industrie spatiale, utilisateur, ...); elle dépend également du contexte historique et du système politique en vigueur sur leur territoire. En d'autres termes, la politique spatiale peut se définir comme l'ensemble des mesures prises par les gouvernements (sur lesquels le peuple a un pouvoir d'influence), en vue de rendre l'exploitation du milieu spatial bénéfique à la société qu'ils desservent. Il est en conséquence bien difficile de dresser un schéma synthétique expliquant comment est déterminée une politique spatiale, qui plus est pour tous les pays sur lesquels nous allons nous pencher. Le but ne sera dès lors pas de proposer pour chaque pays étudié un descriptif exhaustif du processus ayant abouti à la création d'une politique spatiale. Nous chercherons plus humblement à présenter quelques aspects particuliers en rapport avec le pays étudié, à présenter des éléments renvoyant à l'idée de politique spatiale.

Dans l'optique d'une vision d'ensemble de la situation, nous jugeons utile de présenter la figure 3.3. Une interprétation en terme de budget spatial est à première vue intéressante mais souffre de quelques limites. Premièrement, les dépenses militaires sont difficiles à estimer précisément. Deuxièmement, le coût de la vie est différent entre les pays : avoir un million de dollars à investir dans le spatial aux Etats-Unis n'entraîne pas le même potentiel que d'avoir cette somme à investir dans le spatial Indien. Toutefois, cette figure permet d'avoir une vision d'ensemble à peu près correcte. Elle nous fait remarquer que les Etats-Unis sont loin devant tout le monde en terme d'argent consacré à l'espace. Les suivants sont respectivement l'Europe, le Japon, la Chine, l'Inde et la Russie. Viennent ensuite le Canada (qui participe activement au programme de l'ESA), le Brésil et Israël. Enfin, l'Ukraine, le Kazakhstan (la base spatiale de Baïkonour est située sur le territoire de ce pays) et l'Australie. Cette figure montre également les puissances spatiales émergentes telles l'Indonésie, la Malaisie, Thaïlande ou l'Argentine.

¹⁷⁹ « Pourquoi faut-il avoir une politique spatiale ? [...] On peut avancer deux sortes de justifications rationnelles à cette démarche que l'on observe dans un grand nombre de pays développés : [la première], dans l'exercice de ses attributions fondamentales, l'Etat [ou le groupe d'Etats] a besoin de disposer de la technique spatiale et il ne peut se reposer sur le jeu des forces naturelles de la société, et notamment des forces du marché, pour s'en assurer la disposition. [...] la deuxième], déterminante à l'origine, est que la technique spatiale est perçue comme porteuse d'enjeux majeurs, mais à des échéances trop lointaines pour mobiliser les forces du marché dont l'horizon temporel est bridé par la contrainte du retour financier sur investissement ; il s'agit alors de porter une action de développement conçue pour préserver les intérêts nationaux jusqu'au moment où le marché commercial ou gouvernemental pourra prendre le relais. [...] Ces deux éléments se conjuguent pour justifier l'existence d'une politique spatiale » (Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 195-196)

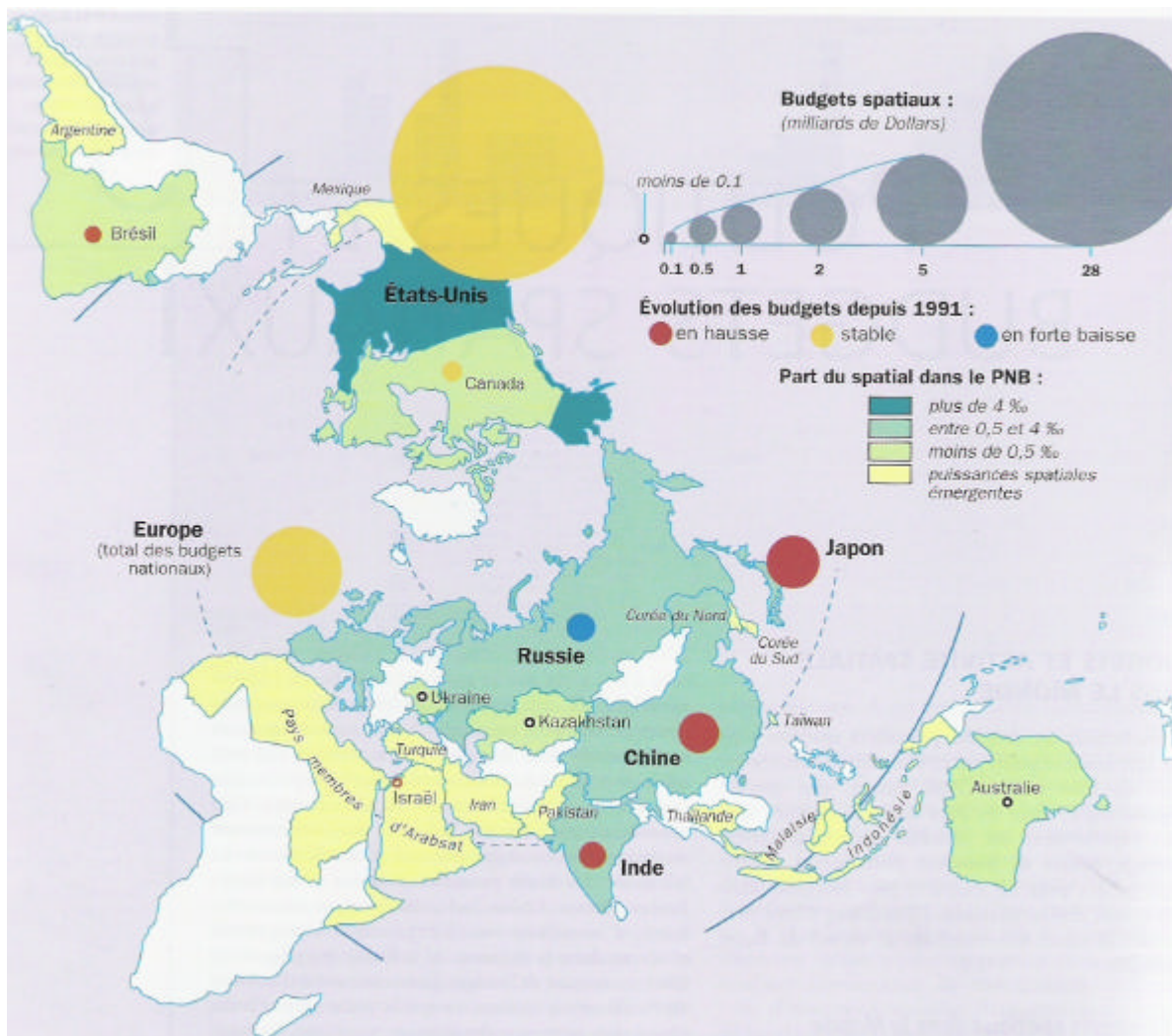


Figure 3.3 La valeur des budgets est indicative par suite des difficultés de conversion monétaire, d'identification du spatial au sein des dépenses militaires et du peu d'accessibilité des sources dans certains pays (Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 66). Notons que depuis 2001 le budget russe alloué à l'espace est en progression.

D'après nous, le tableau est le suivant. A la première place se trouve un pays dominant : les Etats-Unis. Six Etats ou regroupement d'Etats suivent : la Russie, l'Europe, le Japon, la Chine, l'Inde et le Brésil (celui-ci étant très récemment arrivé dans ce groupe, à la faveur de la réussite de son lanceur, de la création d'une base spatiale sur son territoire et de son rôle prédominant dans le Grand Espace qu'est l'Amérique du Sud). Derrière vient un groupe de pays avec des programmes spatiaux moins avancés que ces sept derniers (sauf pour le Canada et l'Ukraine), certaines fois avec mais la plupart du temps sans un accès indépendant à l'espace. Nous allons maintenant nous pencher sur ces deux groupes de pays, en suivant pour le premier un ordre chronologique relatif à leur accession à l'espace. Une fois cette énumération faite nous allons pouvoir proposer un résumé textuel, et un autre en image, de la situation actuelle représentée par l'interaction entre les pays pris en compte dans la description du système Monde et la démarche d'accession et d'occupation du milieu spatial.

3.1.1 La Russie

« *Après dix ans d'adaptation difficile à la nouvelle situation nationale, le spatial russe a sécurisé sa position grâce à une large ouverture internationale autour de spécialisations fortes qui ont marqué la restructuration de ses activités* »¹⁸⁰. Effectivement, la Russie, principale composante de l'ex URSS, a dû faire face à de nombreux défis après 1991. Le secteur spatial n'y a pas échappé. Deux types de problèmes se dressaient pour le nouveau pays dans ce secteur particulier : la perte de certaines installations situées sur des territoires faisant auparavant partie de l'URSS et la désorganisation du système de gestion des activités spatiales.

Inexistante sous l'URSS, une agence spatiale nationale est créée en 1992 (Rosaviakosmos ou RAKA, souvent appelée Roskosmos). En 1994, cette structure hérite de la responsabilité de 38 entreprises spatiales. Elle sera chargée une année après, en coopération avec le Ministère de la défense et l'entité responsable des industries de défense, de définir la politique russe des activités spatiales, ainsi que de la responsabilité du développement et de l'exécution des programmes nationaux civils. Elle représente dès lors les intérêts du gouvernement à l'échelle nationale et internationale. En 1999, le transfert de 350 industries actives dans l'aviation sous la responsabilité de Rosaviakosmos accroît encore les compétences de l'agence. Elle est désormais chargée de coordonner et soutenir la commercialisation, tout comme de rechercher des ouvertures dans le domaine de la coopération internationale.

« [...] *L'industrie spatiale russe a dû trouver un deuxième souffle. Confrontée à un marché intérieur faible, [...] les entreprises ont fait de la percée sur le marché international une nécessité absolue. Les tentatives indépendantes de commercialisation de produits spatiaux se sont heurtées aux réticences des Américains et des Européens [...]. Le développement de joint ventures, dans le domaine des lancements par exemple, a permis de contourner au moins partiellement cet obstacle, dans la mesure où les firmes étrangères sont intéressées aux succès. La fiabilité et le faible coût des technologies russes dans certains domaines particuliers comme la propulsion*¹⁸¹ *ont progressivement conduit à des manifestations d'intérêt croissantes de la part des puissances spatiales anciennes mais aussi des pays en devenir* »¹⁸². Ces coopérations sont soit des projets internationaux garantis par des accords intergouvernementaux, soit des joint ventures (telles Starsem ou ILS¹⁸³), soit des contrats de développement de technologie¹⁸⁴, soit enfin la commercialisation de services (comme le lancement¹⁸⁵).

¹⁸⁰ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 70

¹⁸¹ L'excellence russe pour la propulsion est reconnue par les Etats-Unis. Le directeur de Roskosmos, Anatoly Perminov, a annoncé durant le Salon du Bourget 2005 la volonté exprimée par Russes et Américains de coopérer dans le développement de moyens de propulsion pour les vaisseaux d'exploration interplanétaire.

¹⁸² Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 76

¹⁸³ Cf. chapitre 3.2

¹⁸⁴ Ces contrats sont naturellement recherchés par les entreprises russes, mais rendus difficiles par certaines décisions politiques étasuniennes. Principal exemple, en 2000, l'Iran Non Prolifération Act fait interdire l'achat de matériel d'un pays vendant du matériel technologique à l'Iran, ce que la Russie fait en aidant à la réalisation d'une centrale nucléaire dans ce pays. En conséquence cela empêche les entreprises russes de vendre des équipements spatiaux aux Etats-Unis, ce qui a entraîné des protestations officielles du président russe Vladimir Poutine.

La proposition de politique spatiale russe pour 2006-2015¹⁸⁶ intègre notamment le projet Kliper,¹⁸⁷ l'achèvement de l'ISS (partie russe), une mission d'exploration spatiale visant à ramener des échantillons de Phobos (un des deux satellites naturels de Mars) ou encore l'expansion du système de navigation Glonass¹⁸⁸. En résumé, la Russie travaille et propose ses compétences tous azimuts, car c'est le seul moyen à disposition de son industrie pour d'une part conserver les acquis engrangés pendant la période soviétique, d'autre part développer de nouvelles technologies. La récente agence spatiale russe semble avoir un rôle d'intermédiaire entre l'industrie spatiale du pays, qui possède un savoir-faire de grande qualité, et ceux, Russes ou le plus souvent étrangers, qui cherchent à mettre à profit ce savoir-faire. Elle est aussi, comme la plupart des autres agences spatiales, un moyen de focaliser les énergies dans le domaine de l'accession et de l'utilisation du milieu spatial, ainsi que l'organe chargé de proposer une politique spatiale pour le pays.

Il est patent que la Russie possède un héritage technique, scientifique et humain incomparable dans le domaine du spatial, notamment dans le domaine du spatial habité de longue durée. Dans l'optique de continuer l'exploration du milieu spatial, il aurait été fort dommageable, non seulement aux Russes mais aussi à nous tous, de perdre ces acquis. Fort heureusement, cette situation ne va pas se produire. La dynamique actuelle démontre que la Russie, après une période critique, a réussi à conserver ses acquis. Ses nombreux projets en coopération internationale démontrent la réussite de la politique menée par le pays après la chute de l'URSS.

3.1.2 Les Etats-Unis

« *This is, I'm sure you know, a pivotal moment for US space policy* »¹⁸⁹. Avec une telle information, l'hypothèse que nous avons formulée dans la conclusion de la partie I du travail se voit étayée par un nouvel élément de poids. Certes, voir qu'un éminent membre de l'Académie américaine des Arts et de la Science témoigne d'un basculement ne permet pas de dire dans quel sens il se fera. Toutefois, basculement il y a, et il serait surprenant que celui-ci soit une régression¹⁹⁰. La figure 3.4 permet de se

n'ayant pas eu grands effets. Par contre, face à la probable future absence de moyens propres américains pour accéder à l'ISS, un amendement à l'Iran Non Prolifération Act a été signé en 2005 par le président américain George W. Bush, afin de se voir fournir un peu plus d'une dizaine de Soyouz pour les cinq prochaines années.

¹⁸⁵ A ce titre, il est intéressant de signaler depuis quelques temps l'apparition de sponsors sur les lanceurs.

¹⁸⁶ La proposition de budget, faites par le directeur de Roskosmos, est de l'ordre de \$ 11 mia pour ces dix ans. En avril 2005, la commission de la Douma pour l'industrie, la construction et les hautes technologies a recommandé de ne pas voter un budget annuel pour 2006 supérieur à \$ 900 mio, ce qui témoigne d'une relative acceptation de la politique spatiale proposée.

¹⁸⁷ Voir par exemple www.spacedaily.com/news/spacetravel-05zzzc.html ou www.spacedaily.com/news/spacetravel-05zzy.html

¹⁸⁸ Sur ce point, il est important de noter que l'Inde est devenu le partenaire privilégié. L'ambassadeur Indien en Russie prétend même d'égal à égal, dans l'optique de finaliser la flotte de satellites nécessaire pour compléter ce système (www.spacewar.com/news/india-05zzy.html)

¹⁸⁹ Une possibilité de traduction serait : « *La situation actuelle est, je suis sûr que vous le savez, cruciale pour la politique spatiale américaine* » (Martin Malin, *US Space Policy Briefing*, American Academy of Arts & Sciences, June 2, 2005, Space Briefing (www.amacad.org/projects/space_transcript.pdf)). Martin Malin est le directeur du programme de l'Amacad pour la science, la technologie et la sécurité globale.

¹⁹⁰ « *Pour les Etats-Unis au tournant du troisième millénaire, l'espace est un élément fondamental de la puissance américaine et sa position doit être renforcée* » (Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 78). Les budgets votés par le Congrès américain depuis 2000 témoigne d'une légère

rendre compte du moment clé que représente le début de la décennie 2000. Nous y constatons la stagnation apparente (en dollars constants) du financement depuis le milieu des années 1990. Depuis 2000, le budget a toutefois été régulièrement, mais légèrement, augmenté.

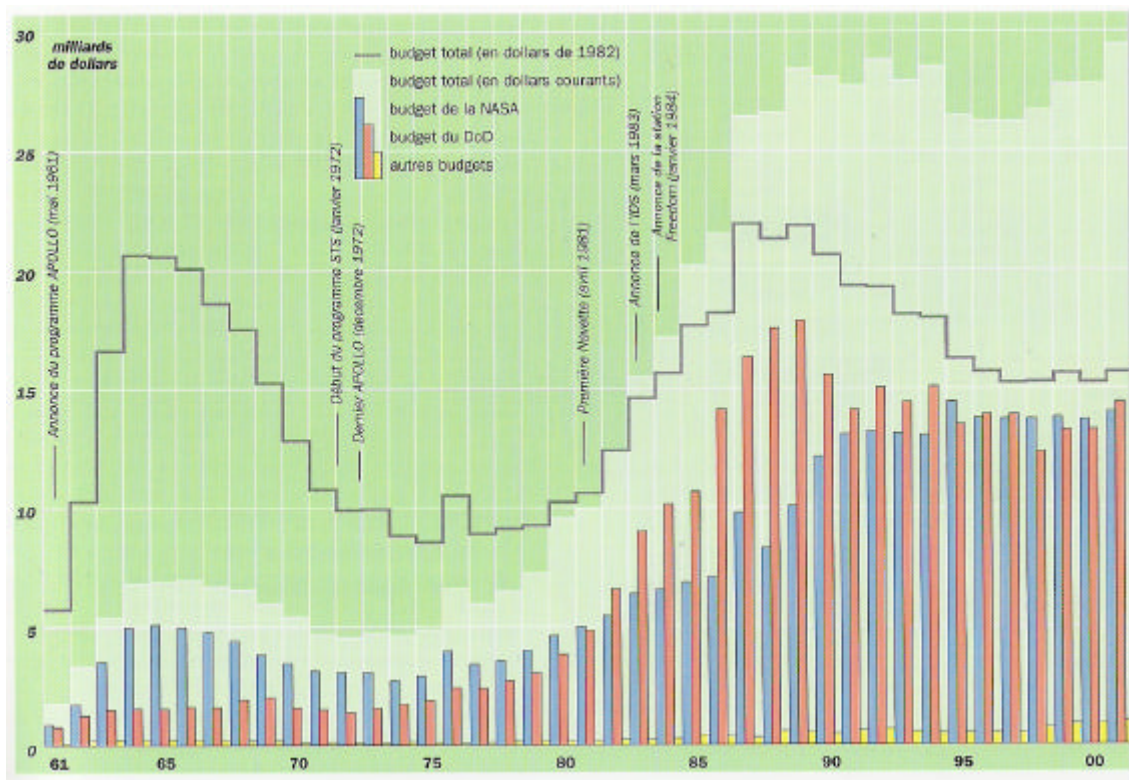


Figure 3.4 Evolution des budgets spatiaux des USA par administration (Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 79)

Les Etats-Unis sont encore le pays phare de l'accès à l'espace, encore plus du contrôle de ce qui s'y trouve. Cette situation est-elle le résultat d'une stratégie nationale cohérente, ou d'une série de décisions disjointes et d'actions disparates venant du secteur public comme du secteur privé ? La dernière phrase correspond à deux hypothèses formulées par John Logsdon¹⁹¹, directeur de l'Institut de politique spatiale de l'Université George Washington. La deuxième hypothèse à ses faveurs et il conclut que l'hégémonie spatiale des Etats-Unis est davantage le résultat de la force du système américain que celui d'une politique spatiale, par exemple proposée par la NASA et suivie les yeux fermés par les décideurs politiques, ou inversement.

Cette position hégémonique des Etats-Unis mérite de s'attarder rapidement sur l'organisation de son secteur spatial. *« C'est autour de cette priorité accordée dès le milieu des années 1950 aux satellites d'observation et de surveillance que va se figer la ligne de partage entre une activité militaire soutenue et des programmes civils à l'évolution plus incertaine. Cette approche marque encore*

augmentation en dollars courants. Le budget 2006 récemment adopté par le milieu politique prévoit \$ 18 mia pour le DoD et \$ 16 mia pour la NASA, soit le plus haut budget jamais voté.

¹⁹¹ Logsdon John, « Is There a US Strategy for Space ? » in *Space News*, vol. 8, n° 35, Springfield, 1997

l'organisation générale des programmes américains »¹⁹². En référence à cette différenciation entre spatial public¹⁹³ et militaire¹⁹⁴, une nouvelle dynamique prend forme. « *Le redressement des crédits spatiaux en 1982 marque une nouvelle époque. La part du DoD devient dès lors majoritaire [...], l'espace militaire compte depuis pour près de la moitié des dépenses publiques américaines dans le domaine spatial* »¹⁹⁵. Cette différenciation semble toutefois actuellement moins prégnante. En effet « [...] depuis quelques années se manifeste [...] la volonté de « décloisonner » les activités et les structures spatiales héritées de la guerre froide. [...] la NASA et le Pentagone entretiennent des rapports sans cesse plus étroits [...] »¹⁹⁶.

En plus des aspects évoqués au paragraphe précédent : « *la principale originalité de la politique spatiale américaine tient certainement au niveau et à la continuité d'un financement global de l'activité [...] très au-delà de ce qui est pratiqué dans le reste du monde* »¹⁹⁷. Cette affirmation permet de supposer que l'idée d'une volonté de leadership mondial, dont les agissements de l'actuel gouvernement américain suffisent à prouver la véracité¹⁹⁸, peut être appuyée par l'élément suivant : volonté de prédominance mondiale implique volonté de prédominance au sein du milieu spatial¹⁹⁹. Cette implication est devenue nécessité pour n'importe quel acteur ayant une volonté de puissance, d'autant plus pour celui qui veut s'imposer comme le plus puissant²⁰⁰.

L'idée d'interpréter les Etats-Unis comme le roi incontestable du spatial, il y a encore peu inattaquable, est dorénavant remise en question. « *Around the world, the United States was long considered to be the unchallenged leader in all aspects of space exploration and technology. That is no longer the case. Today, a number of serious challenges threaten America's continued preeminence in space* »²⁰¹. Ce constat dressé par deux éminences grises de la politique spatiale des Etats-Unis témoigne de la situation difficile dans laquelle est plongée le pays. Quatre facteurs en sont responsables :

¹⁹² Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 77. L'incertitude de l'évolution des projets civils est en grande partie à mettre en relation avec le système politique américain, où la présidence est prédominante. Effectivement, un changement de président, d'autant plus s'il est d'un parti différent, entraîne souvent une remise en question d'un programme spatial. Ainsi, étant donné les années nécessaires à l'implémentation d'un programme, qui sont la plupart du temps supérieures à quatre (soit un mandat présidentiel), un programme commencé peut être stoppé ou modifié suite à un changement de présidence. D'autre part, bien que la citation ne témoigne pas de cet aspect du côté militaire, l'exemple du programme Initiative de Défense Stratégique (IDS), proposé par le président Reagan en 1983 puis stoppé officiellement par le président Clinton en 1993, avant d'être repris sous une autre forme par Georges W. Bush, fait penser que certains programmes militaires sont également sujets aux aléas politiques.

¹⁹³ C'est à dire la NASA, née en 1958, dont le directeur actuel est Michaël D. Griffin, nommé par Georges W. Bush en 2004 et quasiment unanimement reconnu comme un excellent choix.

¹⁹⁴ Dont le DoD chapeaute la totalité à partir de son centre de commandement spatial situé à la base de Peterson dans le Colorado, là où se situe également le centre de commandement de l'armée de l'air.

¹⁹⁵ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 79

¹⁹⁶ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 81

¹⁹⁷ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 77

¹⁹⁸ On peut toutefois ajouter cette observation : « *Les Etats-Unis sont convaincus de la nécessité de se poser en défenseurs du monde libre, de façon désormais permanente* » (Verger, *op. cit.*, 2002, p.78)

¹⁹⁹ « *Pour les Etats-Unis au tournant du troisième millénaire, l'espace est un élément fondamental de la puissance américaine et sa position doit être renforcée* » (Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 78)

²⁰⁰ « *la conquête est une potentialité qu'il faut retenir parce que ne pas l'accomplir reviendrait à définir une stratégie dont l'objet serait l'abolition de la volonté de puissance* » (Lempert Emmanuel « Espace et Géostratégie » in Sourbès-Verger Isabelle (dir.), *op. cit.*, 2002, p.33)

²⁰¹ Une possibilité de traduction serait : « *De part le monde, les Etats-Unis ont longtemps été considéré comme le leader incontestables dans tous les aspects de l'exploration spatiale et de la technologie. Ce n'est dorénavant plus le cas. A l'heure actuelle, les Etats-Unis doivent faire face à de nombreux défis lancé à leur prééminence dans l'espace* » (Abbey George & Lane Neal, *United States Space Policy, Challenges and Opportunities*, Amacad, Cambridge, 2005, p.7 ; www.amacad.org/publications/spacePolicy.aspx)

- La politique d'exportation du pays²⁰² qui oblige l'industrie américaine des satellites (la plus importante au monde) à demander une licence pour vendre ou partager tous ce qui est lié à l'espace (un satellite étant assimilé à de la munition). Cela affecte aussi bien le commerce et l'industrie²⁰³, que la recherche gouvernementale ou privée (notamment dans les universités).
- La diminution prévue des ressources humaines dans les domaines scientifiques et de l'ingénierie²⁰⁴, actuellement exacerbée par les restrictions sur les visas.
- Le plan²⁰⁵ proposé par le président George W. Bush en 2004, jugé incomplet et irréaliste, que la NASA implémente depuis. Ce plan met l'accent sur le spatial habité, principalement au détriment de la science spatiale, ce qui ne manque pas de faire saillir la plupart des scientifiques américains. D'autre part, le développement des moyens nécessaires à sa concrétisation, notamment la construction d'un nouveau lanceur lourd (HLV), sera encore dévolu à la NASA, ce que dénonce la Space Frontier Foundation²⁰⁶, jugeant que cette construction devrait être proposée au secteur privé. The Economist²⁰⁷ est du même avis, arguant que la « *NASA has done great things, of the sort that private enterprise would not and should not cough up for, with its unmanned scientific space missions. It should concentrate on those and leave the business of putting people into space to business itself* »²⁰⁸.
- Le manque de coopération internationale de la part des Etats-Unis est enfin mis en avant. C'est par exemple le cas par rapport à la nouvelle politique spatiale américaine, qui fait du retour sur la Lune une entreprise avant tout américaine, sans toutefois écarter la possibilité de coopérations. Mais la pierre d'achoppement la plus importante réside dans la volonté de placer des armes offensives dans l'espace, ce qui revulsera tous les autres acteurs de l'accès à l'espace et isole le pays sur la scène internationale²⁰⁹.

²⁰² Cette situation existe depuis une loi votée par le congrès en 1999, qui restreint fortement les transferts de technologies, notamment vers la Chine. Historiquement, c'est sans doute la perte de deux satellites américains par un lanceur chinois en 1995 et 1996 (depuis 1988 les compagnies américaines étaient autorisées à utiliser un lanceur chinois pour mettre en orbite un satellite) qui est responsable de cette situation. A la suite de ces événements, des voix se sont élevées au Congrès dénonçant la politique d'exportation libérale de l'administration Clinton, l'idée étant que cette politique avait permis aux chinois d'améliorer leur programme d'ICBM.

²⁰³ Selon les chiffres publiés par la Satellite Industry Association (www.sia.org), la part de l'industrie américaine dans les revenus de la construction de satellites est la suivante : 62.6 % pour les années 1996 – 1998 ; 51.9 % pour les années 1999 – 2001 ; 40.5 % pour les années 2002 – 2004. La baisse est en conséquence bien réelle. C'est principalement l'Europe qui en bénéficie.

²⁰⁴ Voir notamment les graphiques présentés dans Abbey George & Lane Neal, *op. cit.*, 2005, p. 11 et 12

²⁰⁵ Il y a trois composantes principales à ce plan. La première est de compléter l'ISS d'ici 2010 en s'appuyant sur la Navette, qui une fois l'ISS complétée sera retirée du service. La deuxième est de développer un nouveau vaisseau spatial opérationnel au plus tard pour 2012 (ce qui entraînera pendant quelque temps l'impossibilité pour les USA d'être indépendant en terme d'accès habité à l'espace), dans le but de permettre à des américains d'être à nouveau physiquement présent sur la Lune, chose prévue pour 2018. La troisième composante sera de développer des moyens pour rester sur la Lune pendant plusieurs jours, voir d'en exploiter certaines ressources, l'idée étant d'approprier son environnement dans le but notamment d'une mission habitée dirigée vers Mars. Voir par exemple www.nasa.gov/missions/solarsystem/cev.html. A l'heure actuelle, bien que l'idée d'une coopération internationale ne soit pas écartée, le projet semble voulu avant tout comme américain. Assistera-t-on, à l'instar de ce qui s'est produit pour l'ISS (d'abord projet américain dénommé Freedom puis Alpha, avant de devenir un projet international), à une remise en question de l'aspect purement américain du projet et à la participation d'autres nations dans ce programme ? Les Etats-Unis réussiront-ils et voudront-ils continuer à jouer sur ce tableau de manière isolée ? La réponse à ces questions sera à n'en pas douter un élément très intéressant pour juger des relations internationales entre l'actuelle seule hyperpuissance mondiale et les autres acteurs de l'accès à l'espace, parmi lesquelles la Russie, l'Europe, la Chine, le Japon et l'Inde, voir le Brésil, seront sans doute les plus impliqués.

²⁰⁶ www.space-frontier.org. Cette puissante institution n'a pas d'égale dans d'autres pays.

²⁰⁷ Cet hebdomadaire britannique mondiallement diffusé est d'obédience libérale/ www.economist.com

²⁰⁸ Une traduction possible : « *La NASA a accompli de nombreuses choses, dont l'entreprise privée ne va pas et ne devrait pas s'occuper, avec ses missions scientifiques inhabitées. L'agence devrait se concentrer sur celles-ci et laisser le business du vol habité à ceux qui font effectivement du business* » (« Pie in the sky » in *The Economist*, édition imprimée du 15 janvier 2004)

²⁰⁹ Notons toutefois qu'une évolution à l'image de celle qu'a subie l'ISS, d'abord projet américain (Freedom) devenu ensuite internationale, n'est pas à exclure.

Ainsi, les Etats-Unis, bien qu'acteur du milieu spatial encore aujourd'hui le plus puissant, se trouve d'après nous sur la défensive. Les restrictions sur les exportations posent des difficultés aux industriels américains, qui font par ailleurs la plupart de leurs affaires grâce aux contrats gouvernementaux. La volonté de placer des armes offensives en orbite isole le pays sur la scène internationale. « Si [...] le raisonnement à la base des activités spatiales américaines soit de contribuer à sa puissance militaire, le monde aura perdu quelque chose qui tenait à la fois de l'imaginaire et de la passion, le leadership américain pour l'exploration pacifique de l'espace. Cela sera malheureux »²¹⁰. La nouvelle politique spatiale américaine, en plus de se focaliser sur l'espace comme aide à la défense de leur territoire et à leur sécurité, remet l'espace habité sur le devant de la scène. Ceci peut apparaître comme une fuite en avant, peut-être provoquée par les accomplissements de la Chine. D'un autre côté, cette politique est susceptible d'être la première étape de ce que nous avons identifié dans la partie I comme le changement d'échelle qui permettrait de faire passer le milieu spatial de moyen de transmission et de recueil d'informations à celui de pourvoyeur de matière et/ou d'énergie. L'idée de retourner physiquement sur la Lune de manière plus persistante que durant les missions Apollo a le mérite d'ouvrir la brèche, de provoquer la réflexion et des recherches dans le domaine de l'exploitation matérielle et énergétique du milieu spatial, aussi bien aux Etats-Unis que dans le reste du monde.

3.1.3 L'Europe

« Aucune des nations de l'Union européenne ne saurait raisonnablement, à supposer qu'elle le veuille, construire une capacité spatiale autonome. C'est une situation de fait dont l'industrie spatiale, en se structurant progressivement à l'échelle de l'Europe, a pris acte »²¹¹. Les milieux scientifiques et politiques, conscients de cette situation, créèrent l'ELDO et l'ESRO²¹² en 1962, avant que l'ESA ne voit le jour sur les ruines de ces deux institutions, en 1975. « Etant le fruit d'une consultation entre Etats, la convention [de l'ESA] est largement inspirée par la volonté, qui fut celle des négociateurs, de préserver les intérêts nationaux des Etats membres. On a donc élaboré une structure multiétatique davantage qu'une structure européenne intégrée »²¹³. A ce jour, l'ESA comporte 17 membres²¹⁴, dont deux ne font pas partie de l'UE (la Suisse et la Norvège), ainsi qu'un membre associé, le Canada.

²¹⁰ Logsdon J., « le leadership américain et l'espace : la recherche de la puissance et de la gloire » in Sourbès-Verger I. (dir.), *op. cit.*, 2002, p.76

²¹¹ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 199. Notons que l'association Eurospace, regroupant des industries spatiales européenne, a été créée dès 1961. Par ailleurs, cet avis français sur la question de la construction d'une capacité spatiale autonome est d'autant plus pertinent que la France serait la plus susceptible de développer une telle capacité.

²¹² Respectivement European Launch Development Organisation et European Space Research Organisation. Ces deux organismes ont été créés dont le but respectivement de développer une capacité européenne autonome d'accès à l'espace, et une capacité autonome de développement de satellites. Les égoïsmes nationaux, principalement dans le cadre de l'ELDO avec l'échec du programme Europa, lancer construit conjointement par le Royaume-Uni, la France et l'Allemagne, sonnera le glas de ces organisations.

²¹³ Lebeau A., *La convention de l'ESA à l'épreuve du temps*, International Symposium « 20 years of the European Agency Convention », München, 1995, ESA SP-387 (www.2100.org/Text/LebeauEsp.html)

²¹⁴ Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grande-Bretagne, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Suède, Suisse.

Deux principes notoires régissent le fonctionnement de l'ESA. Premièrement, celui d' « un Etat, une voix » au sein du Conseil de l'agence, deuxièmement celui du « juste retour industriel », prévoyant de contracter les entreprises des pays européens au prorata de leur participation financière dans les programmes de l'agence, ceux-ci étant obligatoires ou facultatifs. L'Article II de la convention de l'agence regroupe ses ambitions. Les principales sont : élaborer et mettre en oeuvre 1°) une politique spatiale européenne à long terme ; 2°) des activités et des programmes dans le domaine spatial ; 3°) une politique industrielle ; et enfin 4°) intégrer les programmes nationaux progressivement et aussi complètement que possible dans le programme spatial européen. Selon André Lebeau²¹⁵, en 1995, seul le deuxième objectif a été, partiellement, atteint. Les autres souffrent de la structure de l'agence, dont la politique s'est progressivement réduite « à une recherche de compromis entre des pays membres aux stratégies différentes »²¹⁶. Au final, la situation est qu'« un des problèmes fondamentaux de l'Europe en matière spatiale [est] l'absence de politique spatiale commune »²¹⁷.

« L'évolution du contexte dans lequel opère l'ESA et qui gouverne son avenir se caractérise par la maturité croissante de l'industrie spatiale et des structures utilisatrices [telles Eumetsat ou Eutelsat], et par les progrès de la construction politique »²¹⁸. Cette évolution, couplée à des objectifs fixés difficiles à atteindre étant donné la structure de l'agence, devrait aboutir à une nouvelle phase de l'existence de l'agence : son intégration au sein de l'UE. C'est dans ce sens qu'en novembre 2004 se tient le premier « Space Council »²¹⁹ entre l'UE et l'ESA, marquant la première rencontre officielle en vue du renforcement du lien entre l'Europe spatiale et l'Europe politique. « L'Europe doit fédérer ses efforts en matière spatiale afin de mieux exploiter son potentiel », déclarait alors à Bruxelles la ministre allemande de l'éducation et de la recherche. Le commissaire européen Günther Verheugen renchérisait en soutenant que « l'espace a acquis une nouvelle dimension européenne »²²⁰.

Ce rapprochement entre l'UE et l'ESA, avant de se matérialiser par cette première conférence en novembre 2004, s'est notamment traduit par la rédaction d'un Livre vert suivi d'un Livre blanc²²¹, à l'image de ce qui se fait pour certains secteurs plus traditionnels, comme la politique sur les transports. Présenté par la Commission européenne en novembre 2003, le Livre blanc se veut une proposition de « mise en oeuvre d'une politique spatiale européenne élargie à l'appui de la réalisation des objectifs des politiques européennes ». Ce rapprochement entre l'Europe spatiale et l'Europe politique était présenté en 1995 par André Lebeau comme un des deux éléments essentiels pour que la politique

²¹⁵ Lebeau A., *op. cit.*, 1995

²¹⁶ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 86

²¹⁷ Gaillard F., « La construction symbolique de l'espace européen » in Sourbès-Verger I. (dir.), *op. cit.*, 2002, p. 111-112. Ce problème de l'absence d'une politique spatiale commune se retrouve en aval de la construction politique de l'Europe.

²¹⁸ Lebeau A., *op. cit.*, 1998, p. 214

²¹⁹ Rencontre concomitante du Conseil de l'UE et du Conseil des ministres de l'ESA.

²²⁰ Ces deux citations sont tirées d'un communiqué de presse de l'administration fédérale helvétique (www.europa.admin.ch/presse/archiv/f/2004/presse04_11.htm#25.11.04)

²²¹ Commission des communautés européennes, *Espace : une nouvelle frontière européenne pour une Union en expansion. Plan d'action pour la mise en oeuvre d'une politique spatiale européenne*, Bruxelles, 2003 (europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!CELEXnumdoc&numdoc=52003DC0673&lg=FR)

spatiale européenne passe de multiétatique à intégrée²²². Cette dynamique semble désormais enclenchée à la vue des mots²²³ et des actions²²⁴ de ces dernières années. Les quelques réunions de ministres qui se sont déroulées depuis novembre 2004, dont la dernière en date au début décembre 2005, vont dans la direction d'une intégration. Le dernier budget proposé par l'agence aux ministres européens a été bien accueilli. Tous les projets déjà débutés seront poursuivis, et d'autres, dont principalement GMES²²⁵ et Aurora²²⁶, seront renforcés. Il y a cependant une épine dans le pied de ce bel élan : la « deuxième phase » de la mise en oeuvre de la politique spatiale européenne, « *qui devrait faire de l'espace un domaine de compétence partagée entre l'Union et ses Etats membres* »²²⁷, est liée à l'entrée en vigueur du Traité constitutionnel balayé en vote populaire par la France et les Pays-Bas en 2005.

Malgré ce dernier point, l'Europe se pose comme un des acteurs principaux de l'accès au milieu spatial et de son exploitation. Avec une demande gouvernementale faible par rapport à celle des Etats-Unis ou de la Russie (plus précisément de l'ex URSS), l'Europe a réussi à développer une capacité de lancement, soit une capacité stratégique et commerciale, de première importance. L'exemple de la décision, prise récemment par les ministres européens en charge de l'espace, de favoriser l'utilisation de lanceurs européens²²⁸ témoigne selon l'acteur majeur de l'industrie européenne du lancement (Arianespace) d'un engagement clair pour une politique spatiale unifiée. Par leurs actions des dernières années, les acteurs politiques témoignent de l'importance qu'ils accordent au milieu spatial. Celui-ci est même devenu une potentialité de création d'une identité européenne, nouvelle preuve de l'aspect politique des démarches liées au milieu spatial. En plus, l'aspect économique fait aujourd'hui partie de la rhétorique. « *Les gains potentiels sont réels pour les citoyens, pour l'Europe et pour le monde. L'espace n'est pas seulement une aventure, il est aussi une occasion économique. L'Europe ne peut se permettre de la manquer* »²²⁹.

²²² Lebeau A., *op. cit.*, 1995. Selon lui, il faut cependant que cette intégration soit accompagnée par un remplacement du budget de l'agence au sein du budget de l'UE de façon à ce que les contributions nationales y deviennent indiscernables. Cela permettrait de s'affranchir du principe du juste retour, qui à l'heure actuelle, étant donné la maturité de l'industrie spatiale européenne, n'est plus pertinent. Ce point de vue est défendu par la Commission Européenne au nom de la libre concurrence. Les commissions nationales des membres de l'ESA défendent quant à eux le status quo par rapport à la politique du juste retour.

²²³ Les bénéfices d'une politique spatiale élargie « [...] *des contributions précieuses que les technologies et applications spatiales apporteront aux aspects suivants : - la croissance économique, la création d'emplois et la compétitivité industrielle ; - la réussite de l'élargissement de l'Union ; - le développement durable ; - une sécurité et une défense renforcées pour tous ; - la lutte contre la pauvreté et l'aide au développement* » (Commission des communautés européennes, *op. cit.*, Bruxelles, 2003, p.7)

²²⁴ Comme exemple nous pouvons citer l'approbation récente du budget de l'ESA (€8.255 mia pour la période 2006 – 2010) soumis au Conseil de l'agence en décembre 2005. Les programmes Galileo, GMES et Aurora sont favorablement accueillis et soutenus.

²²⁵ « *Lors du sommet de Göteborg en juin 2001, le Conseil européen a appelé à la mise en place pour 2008 d'une capacité européenne de surveillance de l'environnement et de sécurité à l'échelle du globe. En réponse à cet appel, l'initiative « surveillance mondiale pour l'environnement et la sécurité (GMES) » a été mise sur pied conjointement par la Commission européenne et l'Agence spatiale européenne [...]* » (Commission des communautés européennes, *op. cit.*, Bruxelles, 2003, p.13)

²²⁶ Ce programme, lancé également en 2001, se veut une partie de la politique spatiale européenne, qui cherche à : explorer le système solaire et l'univers ; stimuler les nouvelles technologies ; intéresser la jeunesse européenne à s'investir dans la science et la technologie (www.esa.int/SPECIALS/Aurora/index.html)

²²⁷ Commission des communautés européennes, *op. cit.*, 2003, p. 5

²²⁸ La capacité de lancement de l'Europe s'exprime essentiellement par le biais de la compagnie Arianespace. Cette dernière est naturellement en charge de l'exploitation d'Ariane 5, un lanceur de forte capacité. En plus de Ariane 5, Arianespace disposera dans peu de temps du lanceur léger Vega (fin 2007), ainsi que d'un aménagement au CSG pour un lanceur Soyouz amélioré (d'ici 2008). Le panel proposé par la compagnie sera dès lors complet et devrait pouvoir répondre à tous les types de demandes, aussi bien européennes qu'internationales.

²²⁹ Commission des communautés européennes, *op. cit.*, 2003, p. 42

3.1.4 Le Japon

Contrairement aux autres acteurs, le Japon n'a pas développé sa capacité d'accès à l'espace avec comme objectif principal de s'affirmer sur le plan international, principalement en raison de sa constitution pacifiste. C'est plutôt la volonté de maîtriser certaines technologies qui entraîna le pays vers les étoiles. Encore aujourd'hui, le Japon, avec l'Inde, se démarque des autres puissances spatiales par un programme spatial militaire quasiment inexistant²³⁰.

« En 2001, l'état des programmes, qu'il s'agisse de satellites d'applications ou de science, de lanceurs ou d'espace habité, donnent du Japon l'image d'une puissance spatiale moyenne dont l'implication politique reste faible »²³¹. Bien que considérée comme puissance spatiale moyenne, le Japon possède les trois éléments identifiés comme nécessaires pour être caractérisé comme pays ayant un accès indépendant au milieu spatial : lanceur²³², industrie spatiale²³³ et base de lancement²³⁴. Cet élément, tout comme sa position d'unique représentant de la civilisation japonaise identifiée dans l'introduction de cette troisième partie du travail, explique la présence du pays au sein de cette présentation.

Jusqu'au 1^{er} octobre 2003, trois entités publiques étaient impliquées dans le milieu spatial : l' Institute of Space and Astronautical Science (ISAS, né en 1955) ; le National Aerospace Laboratory of Japan (NAL, né en 1955) ; la National Space Development Agency of Japan (NASDA, née en 1969)²³⁵. Cette dispersion des forces, couplée à la volonté de la NASDA de devenir économiquement efficiente malgré la réalisation des lanceurs H2 et H2a, chers à développer et à lancer, a progressivement entraîné une rivalité entre ces organisations. Certains observateurs identifiaient cette situation en 1998 et imaginaient même qu'elle pourrait signifier la fin de l'accès indépendant à l'espace pour ce pays²³⁶.

Le 1^{er} octobre 2003, ces trois entités ont été regroupées sous un même toit, dénommé Jaxa (Japan Aerospace and eXploration Agency). Dans sa présentation²³⁷, la nouvelle agence fait remarquer qu'au XXI^{ème} siècle, le développement des activités spatiales n'est plus un rêve mais une mission primordiale pour la croissance économique, la qualité de vie, la sécurité et le progrès continu de la société japonaise et de l'humanité. « *We now know that the study and exploration of space has a direct*

²³⁰ Cependant, le tir réussi du missile nord-coréen en 1998 a poussé le pays à se doter de satellites de surveillance répondant à des besoins civils et militaires (programme IGS (Information Gathering System) notamment).

²³¹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 93

²³² Le dernier né des lanceurs japonais est la fusée H2a, premier lanceur utilisant en totalité une technologie japonaise (auparavant les lanceurs utilisaient en partie de la technologie d'origine américaine)

²³³ Citons par exemple l'entreprise Mitsubishi Heavy Industries (MHI ; www.mhi.co.jp)

²³⁴ Le territoire japonais renferme deux bases, celle de Kagoshima (ISAS, lanceur M5) au sud de l'île de Kyushu et celle de Tanegashima (NASDA, lanceur H2) sur l'île du même nom, à environ 1'000km au sud de Tokyo.

²³⁵ L'ISAS est lié au milieu universitaire japonais, particulièrement à l'Université de Tokyo. Il a mis en orbite le premier satellite japonais en 1970. Il se concentre sur l'aspect scientifique de l'accès à l'espace. Le NAL se penche sur les recherches en aéronautique. La NASDA est responsable du développement de gros lanceurs, de satellites et de la partie japonaise de l'ISS.

²³⁶ Voir par exemple « Sayonara spaceflight ? » in *The Economist*, édition imprimée du 6 août 1998

²³⁷ www.jaxa.jp/about/history/index_e.html

impact on our lives »²³⁸. Le but de ce regroupement, qualifié par la JAXA de consolidation, permettra selon elle de développer une approche continue et systématique, depuis la recherche fondamentale jusqu'au développement des applications.

Corrélativement à la création de cette agence, une politique spatiale remaniée et ambitieuse a été dévoilée. Intitulée JAXA 2025²³⁹, prévue en deux phases d'une décennie chacune, ses objectifs sont les suivants :

- contribuer à la construction et à la sécurisation d'une société prospère au travers de l'utilisation des technologies aérospatiales (établissement d'un système pour la gestion des désastres naturels et pour la surveillance globale de l'environnement).
- éclaircir les mystères de l'Univers et de l'utilisation de la Lune, dans l'optique de rechercher les origines de la Terre et de l'humanité (faire du Japon un des leaders scientifiques en terme d'observation spatiale et d'exploration d'astéroïdes²⁴⁰ ; développer des technologies pour l'établissement futur d'une base sur la Lune).
- établir une capacité indépendante d'accès aux activités spatiales par le biais d'une technologie de pointe (développement de lanceurs et de moyens de transports orbitaux, notamment pour les vols habités ; recherche dans la transmission sans fil d'énergie en vue de centrale solaire spatiale).
- contribuer à la croissance d'une industrie spatiale autosuffisante maîtrisant les technologies de pointe (assurer une croissance soutenue et continue de l'industrie spatiale japonaise pour faire face à la concurrence internationale ; activités de R&D dans les nouvelles technologies pour en faire un secteur clé de l'industrie spatiale japonaise).
- contribuer à la croissance de l'industrie aéronautique en vue d'une percée pour le transport aérien du futur (réaliser un avion de transport de passagers, de construction japonaise, attractif sur le marché mondial ; développer la technologie nécessaire à la réalisation d'un avion capable de traverser le Pacifique en 2 heures à la vitesse de Mach 5).

La politique spatiale japonaise est ambitieuse. Elle met l'accent sur un système de gestion de la planète et sur le développement d'un programme d'exploration spatiale (à l'image respectivement des programmes européens GMES et Aurora). La Lune est également bien présente dans les papiers de l'agence. Quelques années seront nécessaires pour déterminer si les changements administratifs ont été bénéfiques et si le budget nécessaire à l'implémentation de ce programme sera accepté²⁴¹. Les Japonais en ont bien besoin, car après l'inauguration de la JAXA, trois échecs consécutifs se sont

²³⁸ Traduisible par « *Nous savons maintenant que l'étude et l'exploration de l'espace a un impact direct sur notre existence* » (www.jaxa.jp/about/history/index_e.html).

²³⁹ www.jaxa.jp/about/vision_missions/long_term/jaxa_vision_e.pdf

²⁴⁰ La sonde Hayabusa s'étant posée sur l'astéroïde Itakawa en décembre 2005 avec l'ambition d'en ramener des échantillons est en ligne avec l'idée d'investir le champ de recherche sur les astéroïdes. Malheureusement, ce projet a partiellement échoué.

²⁴¹ A la mi 2005, le budget de la JAXA, qui n'a fait que baisser depuis sa création en 2003, n'était pas encore accepté par le milieu politique, cf. www.space.com/news/jaxa_trouble_050428.html

produits fin 2003 : la mise en orbite manquée du satellite Advanced Earth Observing 2 ; l'échec du lanceur H2a qui détruisit deux satellites gouvernementaux et la perte de la sonde Nozomi (qui avait Mars pour cible). Le lanceur H2a a depuis réussi une mise en orbite (en février 2005), le début du nouveau chemin tracé par l'agence semble enfin s'éclaircir.

3.1.5 La Chine

« Plus de 20 après le vol de Youri Gagarine, la Chine reprend une démarche classique d'affirmation d'image sur la scène internationale [sans oublier l'aspect lié à la légitimation du pouvoir en politique intérieure], via la conquête de l'espace, et se présente comme la troisième puissance capable d'envoyer par ses propres moyens des hommes dans l'espace »²⁴². Effectivement, l'envoi, par des moyens nationaux²⁴³, d'un homme dans l'espace en 2003, suivi par deux autres en 2005, témoigne d'une part de la capacité du pays dans ce domaine en faisant de lui le troisième acteur ayant accompli cette démarche, d'autre part d'une volonté politique affirmée étant donné l'aspect prestigieux mais peu rentable du vol habité.

Élément évoqué durant ce travail, le programme spatial chinois est né vers la fin des années 1950. Il faudra toutefois attendre les années 1980 pour que celui-ci s'éclaircisse aux occidentaux, notamment par la mise sur le marché du lanceur Longue Marche. « Le souci d'ouverture du secteur spatial conduit à l'établissement d'une entité particulière, la CNSA (Chinese National Space Administration) »²⁴⁴, celle-ci peut être interprétée comme l'agence spatiale chinoise. Réalité depuis 1993, cette entité n'est pas aussi transparente que ses homologues américaines ou européennes puisqu'elle ne donne par exemple pas les chiffres de son budget. Toutefois, son site internet divulgue un certain nombre d'informations, et notamment un Livre blanc²⁴⁵ sur la politique spatiale. Cela témoigne d'un souci de mise à disposition de documentation, par conséquent d'ouverture. Celle-ci est peut-être à mettre en relation avec la perte d'influence des militaires dans le domaine spatial, avérée depuis le milieu des années 1980²⁴⁶.

Diffusé à partir de novembre 2000, le Livre blanc sur la politique spatiale chinoise comporte quatre parties principales : I. buts et principes ; II. situation présente ; III. développement futur ; IV. coopération internationale. Dans la partie I., nous apprenons que les buts du programme chinois sont :

²⁴² Balme S. et Sourbès-Verger I., « Politique spatiale et construction de l'état en Chine » in Sourbès-Verger (dir.), *op. cit.*, 2002., p. 121

²⁴³ Bien que la Chine ait sûrement bénéficié de certains transferts de technologies russes, cet accomplissement peut être caractérisé à part entière comme chinois.

²⁴⁴ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 98. La CNSA dépend depuis 1998 directement de la COSTIND (COMmission of Science, Technology and Industry for National Defense) qui est un département du Conseil d'Etat.

²⁴⁵ www.cnsa.gov.cn/english/spacve_policy/more.asp

²⁴⁶ Cf. par exemple Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 98 ou Balme S. et Sourbès-Verger I., « Politique spatiale et construction de l'état en Chine » in Sourbès-Verger (dir.), *op. cit.*, 2002., p. 130

explorer le milieu spatial pour en apprendre plus sur lui et sur la Terre ; utiliser le milieu spatial à des fins pacifiques ; promouvoir la civilisation humaine et le progrès social au bénéfice de toute l'humanité ; répondre à la demande croissante de construction économique, de sécurité nationale et de développement de la science, de la technologie et du progrès social ; protéger les intérêts nationaux de la Chine et construire une force nationale complète. Ces quelques observations témoignent notamment d'une volonté d'exploration du milieu spatial, ainsi que de la reconnaissance de l'intérêt des applications permises par l'accès à l'espace. Par ailleurs, l'idée d'utiliser le milieu spatial à des fins pacifiques arrive en deuxième position des intentions du pays, bien que l'idée de construction d'une force nationale complète soit également évoquée²⁴⁷. Dans ce Livre blanc, nous trouvons également les objectifs à court terme (10 ans) :

- Construire un système d'observation de la Terre stable pour des opérations à long terme.
- Etablir un système indépendant de diffusion télévisée et de télécommunication.
- Etablir un système indépendant de navigation – localisation.
- Améliorer les capacités globales des lanceurs nationaux.
- Réaliser des vols habités et un système complet de R&D et de test pour les projets de vols habités.
- Etablir un système coordonné et complet de télédétection en construisant notamment les infrastructures au sol nécessaires.
- Développer la science spatiale et explorer le milieu spatial en développant la recherche scientifique et les satellites expérimentaux de dernière génération²⁴⁸.

Et à long terme (20 ans et plus) :

- Industrialiser et mettre sur le marché la technologie spatiale et ses applications.
- Réaliser une infrastructure multifonctions sur plusieurs orbites composées de systèmes satellitaires variés et établir un système d'application au sol harmonisant qui permettra de concrétiser un système intégré sol-espace en vue d'une utilisation complète à long terme.
- Réaliser un programme spatial habité à part entière en conduisant des missions et des expériences scientifiques et techniques à grande échelle.
- Obtenir une place plus importante à l'échelle mondiale dans le domaine de la science spatiale par le biais d'accomplissements (explorations et études) plus nombreux.

Dans l'impossibilité de discuter en détail ce programme, nous constatons toutefois qu'il est ambitieux et qu'il fait une large place au programme spatial habité, sans oublier les applications. D'autre part, l'idée de développer une capacité nationale, c'est à dire pour la Chine d'être en mesure d'assurer par elle-même ses projets spatiaux, revient régulièrement. Cela ne veut toutefois pas dire que le pays cherche à s'isoler sur la scène internationale. Dans la partie IV. du Livre blanc, il est fortement mis en

²⁴⁷ Cette dernière idée peut être comprise comme l'établissement d'un système global de prise d'informations et de navigation – localisation, évoquée dans les objectifs à court terme. Un tel système permet en effet d'optimiser une force armée (cf. chapitre 2.1.4)

²⁴⁸ A ce titre, signalons la volonté chinoise d'envoyer une sonde d'environ 2 tonnes en orbite lunaire d'ici 2007.

avant que la Chine souhaite suivre les résolutions prises par l'ONU. Ses projets en coopération internationale sont par ailleurs assez nombreux²⁴⁹. Sa coopération avec le Brésil dans un programme d'observation de la Terre (CBERS) est souvent citée comme exemple d'une coopération Sud-Sud dans un domaine de haute technologie²⁵⁰. Le pays va par ailleurs pour la première fois réaliser et lancer un satellite pour un autre pays : le Nigeria. Cela témoigne de sa volonté de se positionner comme un interlocuteur indispensable pour les pays en voie de développement lorsque ces derniers s'intéressent et investissent dans le potentiel du milieu spatial²⁵¹. Au final, la Chine a sans doute un budget spatial qui augmente rapidement, à l'image de son PIB. Ce qu'elle a réussi à faire jusqu'à maintenant avec relativement peu d'argent laisse augurer une augmentation substantielle de ses projets et réalisations, qui peut stimuler la politique spatiale des autres acteurs.

3.1.6 L'Inde

« Parmi les puissances spatiales récentes, l'Inde est, avec la Chine, le seul pays à avoir un véritable besoin des technologies spatiales pour la mise en valeur du territoire, la prévision des risques météorologiques, le développement des télécommunications ... »²⁵². L'Inde partage une autre caractéristique, cette fois-ci avec le Japon, celle de la quasi-absence des militaires dans son programme spatial. La véritable particularité du programme spatial indien réside toutefois dans son orientation, presque entièrement tournée vers les applications. Autrement dit, l'Inde investit dans l'espace utile, celui qui permet de retirer des bénéfices, qu'ils soient sociaux, économiques ou écologiques. Cette particularité n'entraîne toutefois pas l'absence du facteur politique, qui comme nous l'avons déjà soulevé est présent pour n'importe quelle démarche d'accès à l'espace. Comme exemple pour ce dernier point, « la répartition des centres spatiaux dans les différentes provinces indiennes montrent bien l'importance symbolique de l'espace comme élément fédérateur ». Les satellites construits en Inde concernent les télécommunications²⁵³, l'observation de la Terre²⁵⁴, la cartographie (le dernier né est CARTOSAT, lancé en 2005) ou la météorologie²⁵⁵.

²⁴⁹ Des coopérations bilatérales existent ou ont existé avec les Etats-Unis, l'Italie, l'Allemagne, la Grande-Bretagne, la France, le Japon, la Suède, l'Argentine, le Brésil, la Russie, l'Ukraine et le Chili.

²⁵⁰ Un peu anecdotique mais intéressant, signalons que le site de l'agence spatiale du Brésil est le premier lien montré sur la page d'accueil du site de l'agence spatiale chinoise.

²⁵¹ Sur ce dernier point, signalons l'exemple intéressant du Burkina Fasso, cf. www.spacedaily.com/news/africa-05g.html

²⁵² Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 99

²⁵³ Le satellite EDUSAT, destiné à l'éducation, mis sur orbite géostationnaire en 2004 par le lanceur GLSV (Geosynchronous Satellite Launch Vehicle) pour son premier vol opérationnel, est un représentant exemplaire du programme spatial indien. Construit et lancé par des moyens indigènes, il permettra de diffuser des informations, notamment par le biais de la télévision, dans des zones en manque d'infrastructures.

²⁵⁴ La gamme des satellites IRS (Indian Remote Sensing) entre dans cette classe. Le premier a été placé en orbite en 1988. En 1994, le satellite IRS P2 est placé en orbite polaire héliosynchrone par le lanceur PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle).

²⁵⁵ Comme montré dans le chapitre 2.1.3, les satellites de la gamme INSAT, dont le premier fut mis sur orbite en 1982, servent à récolter les informations nécessaires à la météorologie. Il ne sont cependant pas uniquement dévolus à cela, puisqu'ils servent également à la télécommunication. Le programme INSAT est ainsi une « entreprise conjointe des Départements de l'espace, des télécommunications, de la météorologie et de la radio » (Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 100).

Le programme spatial indien existe depuis le début des années 1960. Il faut attendre 1969 pour voir la naissance de l'agence spatiale indienne dénommée ISRO²⁵⁶, dont l'ambition est de fédérer les activités spatiales du pays. En 1974 l'Agence nationale de télédétection (NRSA) est créée, alors qu'un an plus tard l'ISRO reçoit le statut d'agence gouvernementale, ce qui la fait dépendre du Département de l'Espace, lui-même directement lié au premier ministre. Signalons également que « *la création en 1992 d'une société d'Etat, Antrix, pour la commercialisation de produits spatiaux indiens, marque un tournant décisif, l'Inde étant désormais présente à part entière sur la scène internationale* »²⁵⁷. Le budget de l'ISRO a augmenté de façon quasi exponentielle depuis le début des années 1970. Il est passé d'environ 16 mio de roupies en 1973, à environ 8 mia en 1995, et à plus de 20 mia en 2000. Pour 2005-2006 le budget de l'ISRO tourne autour de 30 mia de roupies, soit environ \$ 660 mio. Ces dernières observations témoignent de l'importance grandissante du secteur spatial pour l'Inde. Le site Internet de l'ISRO n'est pas très prolixe sur le programme spatial du pays, mais fournit par contre une feuille de route relativement détaillée pour la décennie 1998 – 2008, soit son dernier programme spatial²⁵⁸. Nous y constatons la présence d'une mission singulière avec le projet d'envoyer une sonde autour de la Lune (la première mission d'exploration du Cosmos du pays).

Pour terminer ce chapitre, il est intéressant de se pencher sur la relation entre l'Inde et les autres acteurs principaux de l'accès au milieu spatial. Les premières années ont été marquées par une forte collaboration avec l'URSS. Aujourd'hui encore, les relations avec la Russie sont importantes, en témoigne la participation de l'Inde au système de navigation – localisation Glonass. Quant aux Etats-Unis, ils se montrent de plus en plus courtois, alors que les relations s'étaient tendues suite aux essais nucléaires indiens en 1998, dans l'idée américaine de contrebalancer l'influence grandissante de la Chine dans la région. Cette volonté ne va sans doute pas entraîner des tensions entre l'empire du milieu et l'Inde, les relations entre les deux pays étant depuis longtemps cordiales, en témoigne quelques projets spatiaux menés en collaboration avec la Chine. Les européens ont quant à eux participé depuis déjà quelques années à des projets en collaboration bilatérale (France, Allemagne, Hollande, Suède) ou directement avec l'ESA. L'Inde n'a par contre pas encore collaboré avec le Japon et le Brésil.

3.1.7 Le Brésil

La présence du Brésil dans cette présentation des principaux pays de l'accès à l'espace est discutable. En effet, le pays ne possède actuellement pas de moyens indigènes pour accéder à l'orbite géostationnaire, au contraire des six autres pays pris en compte précédemment (avec encore l'Ukraine

²⁵⁶ Indian Space Research Organisation (www.isro.org)

²⁵⁷ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 100

²⁵⁸ www.isro.org/decade_plan.htm

sur laquelle nous nous pencherons au prochain chapitre). Toutefois, son statut au sein de la civilisation Latino-américaine et le fait qu'elle possède une base spatiale (le site d'Alcantara), promise à un bel avenir²⁵⁹, notamment grâce à sa localisation très proche de l'équateur, jouent en sa faveur.

Le programme spatial brésilien est né approximativement en même temps que celui de l'Inde, au début des années 1960, alors que le pays était sous un régime militaire. C'est dans une optique scientifique que sont d'abord dirigés les efforts brésiliens, principalement vers la recherche sur le milieu spatial et les phénomènes atmosphériques. Au début des années 1970, les applications spatiales vont être replacées au centre du débat avec la création de l'IPE (qui deviendra en 1990 l'INPE²⁶⁰) et « *la mise en valeur du territoire à travers différents projets intégrant les données de satellites étrangers* »²⁶¹. Les missions de l'agence sont définies actuellement comme : 1°) augmenter l'autonomie du Brésil dans un certain nombre de domaines stratégiques ; 2°) fournir des moyens à l'industrie brésilienne pour participer et devenir compétitif dans le domaine spatial ; 3°) encourager le développement et la diffusion de la technologie spatiale ; 4°) contribuer à l'expansion de la connaissance scientifique dans les domaines d'activités de l'Institut. Nous constatons ainsi que les aspects stratégiques, techniques et scientifiques sont prédominants, tandis que l'aspect prestigieux de l'accès à l'espace est, au même titre que chez les Indiens, faiblement présent.

Durant les décennies 1960 et 1970, où le Brésil a bénéficié des services de satellites étrangers, « *it became clear that in a country of continental dimensions with immense and almost inhabited areas, it was essential to develop its own space technology toward its specific needs* »²⁶². Cette dernière constatation aboutit à la création du Ministère de la Science et de la Technologie en 1985, sous la responsabilité duquel fut placée l'INPE. Ce mouvement renforce les capacités financières et administratives de l'agence.

Élément décisif dans la prise en compte du pays dans cette présentation, la base spatiale d'Alcantara, mise en chantier vers 1980 et inaugurée en 1990. Le site, contrôlé par l'armée de l'air brésilienne, attire les autres acteurs de l'accès à l'espace. En 2000, les Etats-Unis ont signé un contrat autorisant leurs compagnies privées à utiliser ce site, sans toutefois autoriser les transferts de technologies

²⁵⁹ « *We want to create a great international space tourism and scientific center at Alcantara, with university campuses, labs, hotels and an ecological reserve* » [nous voulons créer un grand centre spatial scientifique et touristique à Alcantara, avec un campus universitaire, des laboratoires, des hôtels et une réserve naturelle] a dit M. Gaudenzi, officiel principal du programme spatial brésilien (www.washtimes.com/upi-breaking/20050112-072354-3663r.htm). Cette ambition va toutefois entraîner un déplacement de population aux alentours de la base spatiale (news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3985229.stm)

²⁶⁰ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), l'IPE signifiant la même chose sans le qualificatif « Nacional ». Cela peut être traduit comme Institut National de Recherche Spatiale.

²⁶¹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 102

²⁶² Peut être traduit par « *il est devenu patent que pour un pays à l'échelle du continent, avec des aires immenses et presque inhabitées, il était essentiel de développer une technologie spatiale propre pour répondre à ses besoins spécifiques* » http://www.inpe.br/english/about_inpe/history.htm

relatives aux lanceurs²⁶³. Or, les transferts de technologies sont recherchés par le Brésil, et cela leur est offert par d'autres pays qui vont sans doute être privilégiés. Au premier rang de ceux-ci se trouve l'Ukraine qui a signé en 1999 un accord afin de lancer ses fusées Tsyklon depuis le site d'Alcantara. La Chine et la Russie sont également fortement intéressées : un accord a été signé entre Russes et Brésiliens en 2004, prévoyant que les Russes aideraient à la reconstruction du site d'Alcantara (suite aux dégâts occasionnés par l'explosion du VLS en 2003), contribueraient à améliorer le VLS, et enfin aideraient à entraîner un cosmonaute Brésilien²⁶⁴ pour un séjour dans l'ISS en 2006.

3.1.7 Les pays secondaires

Ukraine

Peut-être injustement, l'Ukraine, étant donné sa capacité à accéder à l'orbite géostationnaire par ses propres moyens, aurait pu être prise en compte comme un des principaux pays. Le fait qu'elle n'ait pas de base spatiale propre (ce qui l'oblige à trouver un accord avec un autre pays pour accéder à l'orbite géostationnaire) et sa taille relativement modeste a toutefois fait pencher la balance en sa défaveur. Pour autant, l'Ukraine est sans doute le pays qui gagne le plus à être connu, étant donné les industries spatiales et les capacités techniques, héritées de l'URSS, situées sur son sol.

En 1992 est créée l'agence spatiale ukrainienne²⁶⁵ suite à un décret présidentiel. « *Après une longue période de difficultés [surtout financières], le secteur semble aujourd'hui en meilleure posture. Les collaborations ont assuré un flux financier suffisant pour maintenir l'activité et les entreprises commencent à diversifier leurs compétences. Ainsi, les tentatives de reconversions des missiles balistiques en petits lanceurs, avec une commercialisation parfois en partenariat, portent leurs premiers fruits même si les bénéfices restent modestes* »²⁶⁶. Son programme spatial pour 2003 – 2007, adopté en 2002 par le parlement ukrainien, permet de se rendre compte du panel d'activités déjà développées ou souhaitées à court terme par le pays. Recherche spatiale, télédétection, système de télécommunication, développement de l'infrastructure terrestre pour les systèmes de navigation – localisation, activités spatiales dans l'intérêt de la sécurité nationale et de la défense, développement du complexe spatial ukrainien (lanceurs et satellites), développement des éléments de base pour les

²⁶³ Craintes américaines que le Brésil développe un ICBM, ce dont elle a la capacité. La signature par le Brésil du traité de non-prolifération nucléaire en 1990 met toutefois un frein à cette ambition, dont le président Brésilien actuel, « Lula », approuve la réalisation.

²⁶⁴ Celui-ci, Marcos Pontes, s'est déjà entraîné au centre spatial de Houston et devait faire son premier vol avec la Navette en 2001, finalement annulé. « *This is important for us, for (Pontes) to fly. [...] We want to participate, and his flight will also help to communicate the Brazilian space program to the Brazilian people* » [nous voulons participer [à l'utilisation de l'ISS], et ce vol [finalement avec les Russes] va également aider à faire connaître le programme spatial brésilien auprès de la population du pays] a dit Gaudenzi (www.washtimes.com/upi-breaking/20050112-072354-3663r.htm). Cette dernière citation témoigne une fois de plus de l'importance politique du vol habité.

²⁶⁵ www.nkau.gov.ua

²⁶⁶ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 77. Exemple du lanceur Dnepr.

technologies spatiales avancées. La réalisation de ces divers programmes devra permettre de remplir les conditions pour développer un système national d'observation spatiale et intégrer le segment spatial dans le système de télécommunication du pays.

Jusqu'à la Révolution orange (fin 2004), le pays était, par le biais de son président, politiquement très proche de Moscou, corrélativement la coopération dans le domaine spatial entre Russes et Ukrainiens était forte. Après cet événement et la prise de pouvoir d'un gouvernement pro-européen, la donne a changé²⁶⁷. L'Europe va sûrement voir sa coopération avec l'Ukraine se renforcer.

Canada

L'immensité et la faible densité du territoire canadien a entraîné assez rapidement son intérêt pour les applications, et leurs commercialisation, permises par l'accès à l'espace. Dès le début des années 1970 sont misent à profit les possibilités en télécommunications, avec une première, puisque Anik A1, de la société Telesat (fondée en 1969) sera le premier satellite commercial de communication sur orbite géostationnaire à desservir un pays. Dans le domaine de l'observation de la Terre, « le programme Radarsat²⁶⁸, plus récent, répond à une logique du même type puisqu'il s'agissait tout à la fois de participer à la mise en valeur du territoire national et de développer ensuite une politique commerciale »²⁶⁹.

Créée en 1989, l'ASC²⁷⁰ jouit d'un statut équivalant à celui d'un ministère du gouvernement fédéral. L'agence a quatre activités principales : l'observation de la Terre ; les satellites (scientifiques, de télécommunication ou les composants de satellites étrangers) ; les sciences spatiales ; l'exploration (spatial habité). « Le Canada dispose de créneaux de compétences bien ciblés grâce auxquels ses entreprises, bien que de taille relativement modeste, ont une forte capacité d'exportation de leur produits sur le marché international. En exploitant une politique de niches de compétence, le Canada développe de nombreuses coopérations avec les Etats-Unis mais aussi avec l'Europe depuis 1978 et avec le Japon. [...] La perception canadienne de l'importance stratégique de l'espace passe donc plutôt par le souci de promouvoir la recherche et le développement dans le domaine des sciences et de la technologie afin de favoriser le potentiel économique et industriel du pays et garantir son importance au niveau international »²⁷¹.

²⁶⁷ Cf. www.spacedaily.com/news/ukraine-05e.html pour un bon résumé des relations russo-ukrainiennes et l'influence de cet événement politique sur les liens entre les deux pays.

²⁶⁸ La mission globale RADARSAT s'articule autour de l'élaboration d'archives de données planétaires uniformes à partir des capacités d'imagerie du satellite en mode multiple. Ses données sont fournies à plus de 600 clients. Le satellite, qui a fêté ses dix ans d'activité, est actif pour la recherche dans les domaines des glaces, de l'agriculture, de l'occupation des sols, des ressources hydriques, de la foresterie et des océans, tout en surveillant les littoraux et en captant des données essentielles en situation d'urgence.

²⁶⁹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 102. Cf par exemple : radarsat.space.gc.ca/asc/fr/satellites/radarsat1/mission_globale.asp

²⁷⁰ Agence Spatiale Canadienne ou Canadian Space Agency (CSA)

²⁷¹ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 102

Indonésie

L'Indonésie, principalement en raison de deux facteurs : sa participation précoce à un programme spatial propre²⁷², et son statut de plus grand pays musulman au monde, est un acteur important de l'utilisation du milieu spatial. De plus, la localisation du pays par rapport à l'équateur détermine un potentiel intéressant, toutefois peu exploité. Un projet de base spatiale existe néanmoins, supporté depuis les années 1960 par l'agence spatiale du pays, la LAPAN²⁷³. Il s'agit de l'île de Biak située au nord du Golfe de Sarera vers la nouvelle Guinée, à moins d'1° au sud de l'équateur, qui pourrait faire l'objet d'investissements conséquents au travers d'une coopération entre Russes et Indonésiens²⁷⁴. D'autre part, un autre site de lancement existe déjà, dénommé Staspro, à l'ouest du village de Cilauteureun sur l'île de Java. Des fusées scientifiques suborbitales y ont décollé en 2004 et 2005²⁷⁵.

Israël

Israël possède une capacité de construction de satellite et de lancement propre, ainsi que les moyens financiers nécessaires à l'implémentation d'une politique spatiale ambitieuse. Ses activités dans les principaux domaines (télécommunication, science, observation de la Terre et vol habité) témoignent de l'intérêt du pays. Par ailleurs, « *dans la mesure où les contraintes géographiques, géopolitiques et économiques du pays limitent tout développement extensif des activités spatiales, une collaboration très diversifiée a été mise en place avec de nombreux pays : Etats-Unis, Europe, Russie, Brésil, Chine ... à des fins d'efficacité mais aussi d'image, montrant qu'Israël revendique pleinement sur la scène internationale son statut de puissance spatiale [...]* »²⁷⁶.

Australie

Cet énorme territoire avec une faible densité de population (à part naturellement la côte est) héberge depuis le début de l'ère spatiale un site de lancement au nord de l'île : Woomera. Celui-ci a été beaucoup utilisé dans les années 1950, 1960 et au début des années 1970, jusqu'à ce que le programme de lanceur européen Europa échoue, signant par là également la fin de l'utilisation régulière de cette base par l'Europe. L'Australie ne possède pas d'agence spatiale et par conséquent de véritable programme spatial. Elle compte plutôt sur les autres acteurs, notamment la Russie et les entreprises privées, pour développer son potentiel. L'exemple le plus significatif est les îles Christmas,

²⁷² Cf. chapitre 2.1.1 ; *les réseaux Intelsat et Inmarsat*. Ajoutons que le pays est à l'origine d'une famille de satellites de télécommunications : géostationnaires Palapa, débuté 1976. Mis en orbite par les américains jusqu'en 1996 par Delta, STS, Atlas. En 1996 également par une Ariane 44 L.

²⁷³ www.japan.go.id Le site principal n'est pas traduit en anglais, au contraire du site du département de télédétection de l'agence : www.japanrs.com.

²⁷⁴ Voir par exemple www.spacedaily.com/news/indonesia-05f.html

²⁷⁵ voir par exemple www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0605/02/0407.htm ou www.spacedaily.com/news/launchers-04zn.html

²⁷⁶ Verger F., *op. cit.*, 2002, p. 101

situées au Nord Ouest de l’Australie à environ 10° de latitude Sud, vouées à devenir une base de lancement²⁷⁷ suite à une décision gouvernementale en 2001. Le gouvernement participera à hauteur d’un dixième, le reste étant assuré par le secteur privé.

Kazakhstan

Porter un rapide regard sur le Kazakhstan s’explique par la présence du site de Baïkonour, qui fêtait son cinquantième anniversaire en juillet 2005. Bien qu’une agence spatiale nationale existe, l’industrie spatiale du pays est quasiment inexistante. En 2004, un plan pour 2005 – 2007 a été précisé, dont l’ambition est de permettre au pays de réaliser et lancer un satellite par ses propres moyens²⁷⁸. Le pays tire un revenu de la location de sa base spatiale, dont le principal utilisateur reste la Russie. Le Col. Vladimir Popovkin, commandant des forces spatiales russes (l’agence spatiale militaire russe), reconnaît ainsi que « *pour le moment, Baïkonour est vitale pour nous* »²⁷⁹. Le Kazakhstan retire actuellement un bénéfice annuel de \$ 115 mio, selon les termes du contrat passé avec la Russie, prévu pour durer jusqu’en 2050.

3.1.9 Une première approche du système global

Nous arrêtons arbitrairement ici l’examen des acteurs étatiques pris en compte. Il en resterait quelques autres. L’Argentine, l’Afrique du Sud, les deux Corées, l’Egypte, le Pakistan, l’Iran, le Nigeria, la Malaisie ou la Thaïlande, pour en citer quelques-uns. Dans chaque pays, c’est en définitive des personnes possédant un savoir-faire technique qui en déterminent les possibilités. Ces gens travaillent pour un gouvernement, mais peuvent aussi travailler pour le compte d’une entreprise privée. Nous nous pencherons sur ces entreprises dans le chapitre 3.2. Avant cela, rappelons pourquoi nous avons choisi des pays comme acteurs principaux de notre « système Monde ».

Au début de cette partie III, nous avons parlé de civilisations et d’Etats. Nous faisons tous partie d’une civilisation, d’un Etat (ou d’un regroupement d’Etats, cas de l’Europe). La culture et la nationalité permettent de définir des sous-ensembles, de nous classer, démarche fondamentale pour synthétiser l’information. Le découpage par pays représente, en référence aux organisations intergouvernementales (principalement l’ONU) le principal critère d’identification de chaque habitant de la Terre. Les pays pris en compte dans cette présentation ont des systèmes politiques variés, mais hébergent tous une population ayant plus ou moins les moyens d’influencer sur une politique spatiale. Or, cette politique, elle nous concerne tous. Les applications permises par les satellites font de plus en

²⁷⁷ www.space.com/missionlaunches/launches/aussie_spaceport_wg_010625.html

²⁷⁸ www.redorbit.com/modules/news/tools.php?tool=print&id=81693

²⁷⁹ citation tirée de l’hebdomadaire russe « Argumenty i Fakty » (www.spacedaily.com/news/spaceport-05c.html)

plus partie intégrante de notre quotidien. Tous les habitants de la Terre sont ainsi concernés, d'autant plus s'ils sont les citoyens d'un pays influent de l'occupation du milieu spatial. Dans ce dernier cas, en effet, ils auront les moyens d'influencer la politique spatiale. Sinon, ils peuvent toujours faire pression sur leurs gouvernements respectif, qui pourra lui influencer des décisions par le biais des organisations internationales (dont principalement l'ONU). Cette représentativité suggérerait le choix des pays comme critère de structuration pour notre « système Monde », les pays pris en compte englobant par ailleurs une proportion importante de la population mondiale.

Nous arrivons maintenant au stade du classement des pays à partir des informations récoltées. Premièrement, nous avons vu que pour plusieurs raisons, et malgré leurs difficultés actuelles, les Etats-Unis sont devant tout le monde²⁸⁰. Derrière, nous proposons la Russie, qui après un grand freinage semble pouvoir accélérer à nouveau, l'Europe, qui possède le deuxième budget spatial le plus important, et la Chine, en raison de son programme spatial ambitieux, s'étant notamment traduit par l'historique mission d'octobre 2003. En troisième position nous avons choisi de placer le Japon et l'Inde, étant donné l'avancement de leur programme spatial, les possibilités de lancement commerciaux qu'ils proposent, ainsi que leurs positions de représentant respectivement unique et principal de deux des civilisations prises en compte. A la quatrième place nous pensons judicieux de proposer le Brésil et l'Ukraine. Le Brésil, pour sa position dominante en Amérique du Sud et sa base spatiale d'Alcantara, va sans doute devenir un acteur de plus en plus reconnu du secteur spatial. L'Ukraine, pour ses propositions de coopération et son bagage technique, possède un potentiel de développement important. En avant dernière position nous avons placé le Canada et Israël, pour le grand pays du Nord en raison de son potentiel technique et de ses participations importantes aux programmes internationaux, pour l'Etat hébreu en raison de ses capacités autonomes d'accès à l'espace. En dernière position se trouvent l'Indonésie, le Kazakhstan et l'Australie pour un fort potentiel encore peu développé.

En plus de leur poids intrinsèque, tous ces pays sont plus ou moins liés entre eux. Par exemple, la coopération avérée entre Russes et Européens permet de dire qu'un lien est établi entre ces deux acteurs. La participation de l'Inde au programme Glonass permet également de soutenir que les Indiens sont fortement liés aux Russes etc... Au final, entre le classement que nous proposons sur des bases subjectives et les liens que nous avons identifiés tout au long de cette partie, il est possible de tenter de résumer l'information en image, objectif de la figure 3.5.

²⁸⁰ Budget et accomplissements suffisent à confirmer cette affirmation. Remarquons toutefois que leur position est accentuée par les demandes intérieures civiles et militaires. En 1996, seul 7 % des ventes des Etats-Unis provenait d'une part commerciale, alors que pour l'Europe et le Japon cette part représentait respectivement 34 % et 42% (Lebeau A., *op. cit.*, 1996, p. 139 / estimation Euroconsult, janvier 1996)

Puissance, interconnexions et civilisation des pays les plus influents au sein du milieu spatial

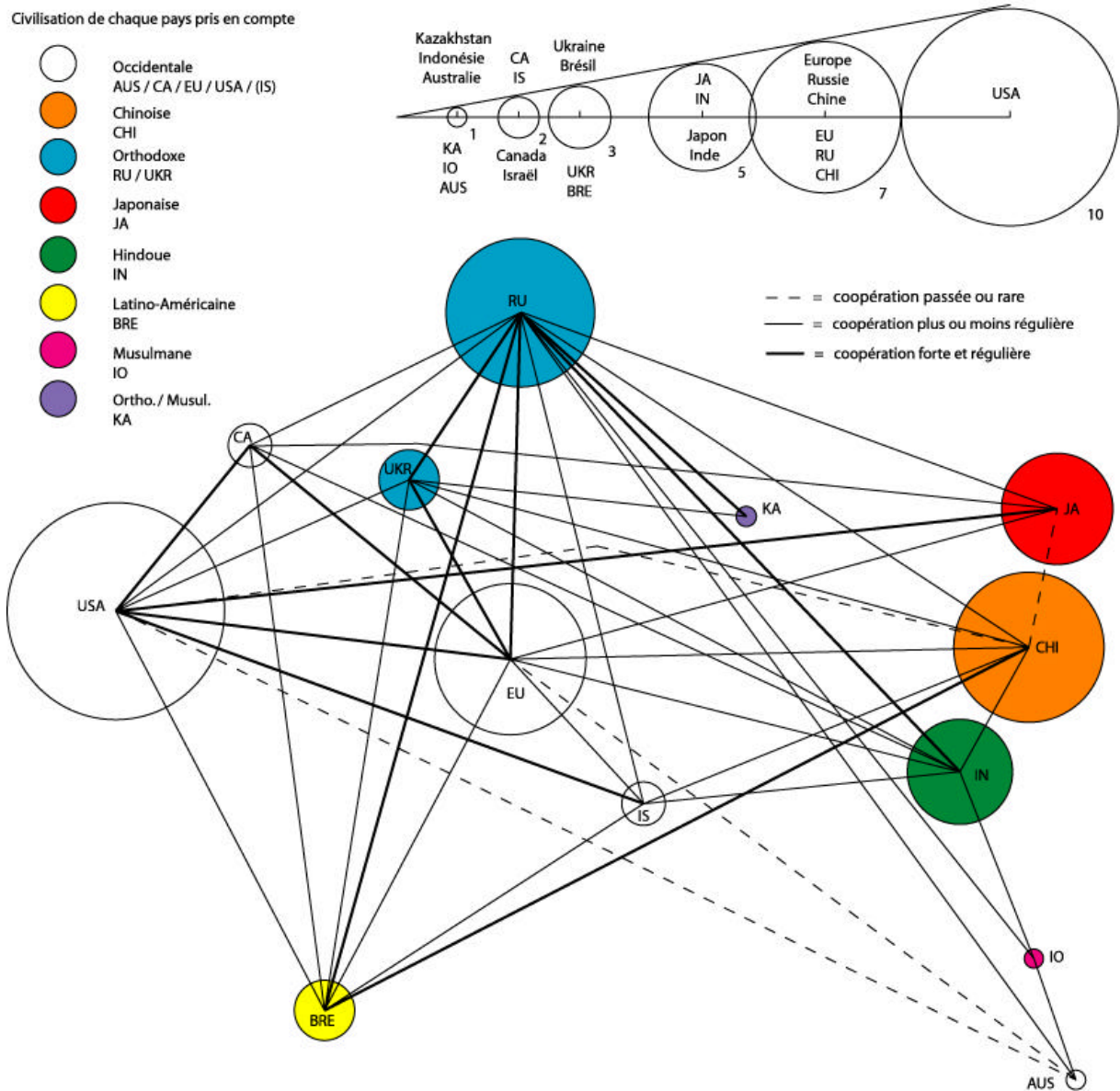


Figure 3.5 Notons que cette représentation est peut-être trop « eurocentrée ». En effet, il serait possible de placer au centre de la figure non pas l'Europe mais les USA ou la trilogie asiatique Japon, Chine et Inde.

L'ambition de cette figure est de proposer un système avec les principaux acteurs du milieu spatial, leur puissance, leurs interconnexions et la civilisation qu'ils représentent. Toutes les valeurs et les liens utilisés se basent sur notre interprétation des informations récoltées durant ce travail. La surface des cercles, décrivant la puissance des acteurs, est basée sur le classement explicité au paragraphe précédent. Ce classement permet de donner un rang à chaque pays étudié à l'origine de l'échelle trouvée sur la figure. Les interconnexions ont été réalisées à partir d'une récolte d'informations aussi complète que possible, sans que nous puissions en certifier la véracité et surtout leur qualité. Par contre, les appartenances aux civilisations ne souffrent selon nous d'aucunes contestations (à part le cas d'Israël que nous avons intégré à la civilisation Occidentale). Notons que nous avons rangé le

Kazakhstan dans une catégorie spécifique, la population du pays étant composée à peu près pour moitié d'Orthodoxes et pour l'autre de Musulmans.

Le schéma proposé est une première ébauche d'un outil de travail pouvant être développé. Une façon intéressante de l'utiliser pourrait être d'en réaliser plusieurs sur une base temporelle, ce qui permettrait de se rendre compte de l'évolution de la puissance et des relations entre les acteurs. A ce titre, par exemple, nous pouvons déjà évoquer la baisse d'importance de la Russie en terme de puissance, mais le développement imposant de ses liens avec les autres acteurs, entre le schéma actuel et celui qui pourrait être réalisé pour la fin des années 1960. Le cas Ukrainien est aussi intéressant. Les liens avec l'Europe et le Brésil se sont développés, alors que suite aux récents événements politiques le lien fort avec la Russie est dans l'expectative et risque de s'affaiblir.

Une approche plus rigoureuse pour mesurer la puissance et la qualité des liens serait bienvenue. Un certain nombre de facteurs pourraient être pris en compte pour cela. Pour les interconnexions : nombre de missions réalisées conjointement par deux pays ou plus ; investissement d'un pays chez un autre (missions spécifiques, développement d'une base de lancement, développement d'instruments sur des satellites ou des sondes, ...); ancienneté de leur relation ; nombre d'échange en terme de collaborateurs scientifiques ; etc... Pour la puissance : budget spatial ; nombre de lancements réalisés ; nombre de lancements potentiels pour une période de temps donnée ; nombre de personnes travaillant dans le domaine ; part du PIB représentée par l'industrie spatiale ; etc...

Au final, même si certains d'entre nous ne sont pas des ressortissants des cultures et des pays pris en compte, nous sommes tous concernés par la démarche car nous sommes tous ressortissants d'un pays, lesquels par leur regroupement représentent le monde dans lequel nous vivons. Nous sommes tous terriens, concept mis en avant par la perspective globale adoptée. Chacun de nous, scientifique, politique, ouvrier, étudiant, fermier, pêcheur, entrepreneur, etc... est concerné par la Terre, par son monde. C'est notre dénominateur commun, aujourd'hui représenté politiquement par l'ONU. Or cette organisation est un regroupement de pays qui selon notre interprétation détermine un système que nous avons nommé système Monde. C'est pourquoi, avant l'entreprise privée et en omettant d'autres critères de classification (catégories socio professionnelles, tranches d'âge, religions, etc...), nous avons choisi comme acteur, des pays, c'est à dire les entités territoriales les plus impliqués dans la génération du système Monde. Celui-ci, en dernier ressort, n'est autre que ce qui est généré par la somme des interactions entre tous les être humains, ainsi qu'entre eux et l'environnement.

3.2 L'émergence du secteur privé

Après cette présentation des Etats ou groupe d'Etats accédant et occupant le milieu spatial, nous allons compléter cette partie III et ce travail en nous intéressant rapidement à certaines entreprises privées actives dans le domaine spatial. Nous Le sujet pouvant à lui seul faire l'objet d'un long travail de recherche²⁸¹, il est à nouveau nécessaire d'opérer un tri. Nous avons choisi d'examiner une seule catégorie : les entreprises privées proposant ou allant prochainement proposer leurs services pour accéder à l'espace, à la fois pour des satellites et des hommes. Nous partirons du principe que cette catégorie d'acteurs est par nature plus intéressée par les aspects commerciaux des démarches d'accession et d'utilisation du milieu spatial.

L'accession à l'espace est de plus en plus l'affaire du secteur privé, du marché. A la question du coût élevé de l'investissement pour accéder et/ou occuper le milieu spatial, voici ce que répond Peter Diamandis, président de la Fondation X Prize. « *Toutes les nouvelles industries sont chères à leurs débuts. Comme l'informatique le fut dans les années 1940 ou 1950, ou l'aviation au début du XXème siècle. La solution pour ces coûts, c'est d'en faire plus ! Cela veut dire prendre le domaine spatial des mains des gouvernements pour le donner au secteur privé. Des percées importantes en physiques et en ingénierie seront nécessaires pour avancer plus loin. Elles ne se produiront que lorsque le marché sera assez important pour les susciter. Le défi crée le marché. Et le marché entraîne performance et baisse des prix* »²⁸². Les aspects politiques, stratégiques et scientifiques entraînés par l'accès et l'utilisation de l'espace ne vont naturellement pas s'évanouir. L'intérêt des gouvernements pour ces démarches sera en conséquence toujours présent. Néanmoins, la brèche ouverte récemment par les premiers vols privés habités est un élément de poids dans ce que nous identifions comme un nouvel âge spatial²⁸³.

Les entreprises privées lancent déjà des satellites

Un nombre restreint d'opérateurs, particulièrement pour les lancements cherchant l'orbite géostationnaire, offrent depuis quelques années leurs services pour la mise en orbite de satellites. La firme Sea Launch, liée de près à Boeing, l'entreprise privée leader mondial dans l'aéronautique, en est

²⁸¹ Qui dit lien entre entreprises privées et milieu spatial impliquerait par exemple, s'il y avait volonté d'une prise en compte exhaustive, de s'intéresser à toutes les industries ou fournisseurs de services ayant par un chemin ou un autre une part de leurs activités au sein du milieu spatial (manufacture des antennes paraboliques ; conception des systèmes informatiques utilisant les données des infrastructures de localisation – navigation ; services d'aménagements du territoire ; industrie de construction des satellites ; industrie des composants de satellites ; etc...). Par exemple, nous pourrions nous intéresser à l'entreprise suisse APCO technologies qui a réalisé des pièces pour la sonde Cassini – Huygens, à l'entreprise Contraves, également helvétique, qui réalise les coiffes des lanceurs Ariane 5, ou encore à l'entreprise Neuchâteloise Temex qui réalise les horloges de la flotte Galileo. Cette idée, particulièrement intéressante au demeurant, entraînerait une étude sur une multitude d'industries, que nous avons choisi de ne pas étudier dans ce travail, axé sur les acteurs étatiques.

²⁸² « Les gouvernements ne sont pas doués par innover » in *L'Hebdo*, édition du 28 juillet 2005

²⁸³ Le premier étant la première phase de l'exploration spatiale, soit de Spoutnik à Apollo. Notons que ce nouvel âge spatial n'est pas uniquement le fruit de l'émergence perceptible de tourisme spatial. Le nombre d'applications grandissant et par là l'intérêt croissant d'une frange de l'humanité augmentant est en dernier ressort l'élément décisif.

un exemple. En plus de la fusée Zenith ukrainienne utilisée par Sea Launch, Boeing opère également les fusées Delta, développées en coopération avec l'armée américaine. Le concurrent direct de Boeing aux Etats-Unis est l'entreprise Lockheed Martin, qui elle opère les fusées Atlas (également développées avec le DoD), ainsi que les fusées Proton, au sein d'une joint venture née en 1995 avec l'entreprise russe Kunichev: International Launch Services (ILS). Moins connue mais pourtant importante, l'entreprise Orbital Sciences, fondée au début des années 1980, qui opère notamment le Pegasus (lancé depuis une plateforme aérienne et par ailleurs premier lanceur développé sur fonds privés) ne doit pas être oubliée. En 2005, elle aura effectué plus de 100 lancements durant les quinze dernières années, lancements qui sont très majoritairement commandés par le DoD.

Arianespace, qui opère les lanceurs Ariane, est également une entreprise privée. Elle fait partie du consortium Starsem (qui opère les fusées Soyouz, soit les fusées les plus utilisées du monde) avec EADS, Roskosmos et le centre spatial de Samara (Russie). Récemment née, l'entreprise australienne APSC (Asia Pacific Space Center) s'occupera de lancer le lanceur Russe Aurora (dérivé de Soyouz) depuis une base en construction sur les îles Christmas.

Cette énumération ne comporte que des noms rattachés, souvent par une participation relativement importante de l'Etat au sein de l'entreprise, au milieu politique, à un Etat ou groupe d'Etats. Arianespace est une entreprise Française et Européenne avant tout. Même Sea Launch, de part son affiliation à Boeing et malgré sa constitution multiétatique, est fortement liée aux Etats-Unis. Finalement, aujourd'hui, après avoir été le fait à part entière des gouvernements, le domaine des lanceurs représente dans la plupart des cas un partenariat public-privé. Cette situation est une évolution logique, étant donné l'aspect hautement stratégique du lancement d'une fusée, et les possibilités croissantes d'en retirer un bénéfice. Soutenir que le secteur de l'accès à l'espace va à court terme être sans attache étatique est à notre avis faux. Les pays vont conserver un pouvoir de décision et de législation, comme d'ailleurs dans les autres secteurs industriels ou de services liés ou non au milieu spatial. Par ailleurs, n'oublions pas que malgré l'existence de multinationales, une entreprise peut la plupart du temps être rattachée à un Etat, et par conséquent évoluer au gré des forces politiques plutôt que de celles du marché. La récente décision du conseil de ministres des pays de l'ESA, qui cherche à favoriser les lanceurs européens, abonde à notre avis dans ce sens.

Des entreprises entièrement privées ont cherché à proposer, proposent ou proposeront un service de lancement de satellites. Elles sont pour la grande majorité, ce n'est pas vraiment une surprise, d'origine étasunienne. Kistler aerospace, sur laquelle nous ne nous étendrons pas étant donné ses déboires financiers²⁸⁴. SpaceX, qui a développé une famille de lanceurs nommés Falcon. Le premier

²⁸⁴ Notons que ces problèmes financiers témoignent à notre avis de la difficulté actuelle de créer une entreprise de lancement sur des fonds uniquement privés. Plus précisément, les contrats gouvernementaux sont encore une nécessité.

devait être début 2006 depuis l'atoll de Kwajalein²⁸⁵. Les clients déjà annoncés de SpaceX²⁸⁶ sont plus hétéroclites que ceux d'Orbital Sciences et augurent une évolution dans ce domaine. Toutefois, ces entreprises restent encore fortement dépendantes du secteur public, du fait des contrats gouvernementaux.

L'homme dans le milieu spatial : l'élan privé soutenu par une loi pionnière

Pour beaucoup, le véritable signal de départ de ce nouvel âge spatial n'est pas marqué par le vol réussi de SpaceShipOne, mais par un amendement nommé H.R. 5382 ou Commercial Space Launch Amendments Act of 2004²⁸⁷, approuvé par le Congrès en 2004. Celui-ci a pour but de promouvoir le développement de l'industrie commerciale émergente des vols spatiaux habités. En résumé, il reconnaît et établit pour la première fois une base régulatrice, une reconnaissance légale, contrôlée par la Federal Aviation Administration, pour les entreprises désirant offrir leurs services à des passagers payant désirant accéder au milieu spatial. On peut isoler trois éléments clés liés à cet amendement :

- Cela crée une base légale claire permettant l'accès à l'espace de passagers privés ou commerciaux.
- Cela définit un concept d'informations sur les risques : protégeant à la fois les passagers et le public non impliqué.
- Cela pose une définition du vol suborbital.
- Cela clarifie les responsabilités, notamment en cas d'accident.

Cette législation nouvellement créée, dans le pays dominant de l'accès à l'espace, permet de favoriser plutôt que bloquer des projets commerciaux de vols spatiaux habités en progression régulière. Cette progression est naturellement accompagnée par les autres développements que nous avons mis en évidence (impulsions données dans les politiques spatiales des différents pays). Cela témoigne d'une dynamique qui d'après nous marque effectivement une nouvelle période d'exploitation du milieu spatial.

Les acteurs du tourisme spatial

Qui dit tourisme spatial et possède une assez bonne mémoire pense à Dennis Tito, premier homme envoyé dans l'espace (séjour dans l'ISS en 2001) sur fonds privés (les siens). En 2005, le troisième touriste de l'espace, Gregory Olsen, a passé environ une semaine dans l'ISS, en y conduisant notamment des expériences scientifiques pour le compte de l'ESA. Space Adventures est le principal

²⁸⁵ Ce petit territoire fait partie des îles Marshall, où l'on trouve notamment l'atoll de Bikini célèbre pour ses essais nucléaires américains. L'autre site de lancement des Falcon est la base californienne de Vandenberg. Les îles Christmas pourraient également être un jour utilisées par cette entreprise.

²⁸⁶ Le DoD, la Malaisie, et surtout Bigelow aerospace (cf. note 289)

²⁸⁷ Visible à partir de l'adresse : http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=108_cong_bills&docid=f:h5382enr.txt.pdf

représentant d'un nouveau type de prestataire de services, s'apparentant à une agence de voyages extraordinaires. Elle a un rôle d'intermédiaire entre les clients fortunés en mal de sensations fortes et les entreprises ayant les capacités techniques pour proposer ces services extravagants. Un récent accord signé entre Space Adventures et XCOR aerospace²⁸⁸, cette dernière ayant pour ambition de réaliser un engin suborbital, témoigne du rapprochement entre cet intermédiaire de service et une entreprise ayant des capacités techniques. Ce rapprochement va à terme déboucher sur une véritable industrie du tourisme spatial, qui dans un premier temps sera suborbitale. En effet, rappelons qu'à court terme, qui dira tourisme spatial dira vols suborbitaux. L'America's Space Prize, offert par la compagnie Bigelow aerospace²⁸⁹, compétition ouverte jusqu'en 2010, s'il est remporté, permettra de dire que l'essor du tourisme orbital se rapproche. Aujourd'hui, nous devons nous contenter du suborbital.

Des entreprises privées développent actuellement le nerf de la guerre pour le tourisme spatial, un engin capable d'effectuer un vol suborbital, voir plus, de manière régulière et en toute sécurité. Citons parmi d'autres les britanniques Bristol Spaceplanes et StarChaser, les américaines Universal Space Lines, World Aerospace, Lonestar Space Access, Armadillo, SpaceDev²⁹⁰, RocketPlane ou Blue Origin. Signalons également les canadiens de Canadian Arrow, qui se sont associés cette année avec PlanetSpace. Cette association, qui lancera ses fusées depuis le territoire canadien à Cape Rich, sera un concurrent direct de Virgin Galactic et AERA. Ces deux dernières représentent les premières ébauches d'acteurs complets du tourisme spatial. Virgin Galactic devrait proposer pour environ \$ 200'000, dès 2007, des vols suborbitaux, sur la base d'un SpaceShipOne amélioré, opérant depuis une base de lancement à créer au Nouveau-Mexique²⁹¹. AERA²⁹² devrait proposer également d'ici 2006 à 2007 des vols depuis Cap Canaveral. Un contrat passé avec l'US Air Force permettra en effet à AERA de faire décoller ses fusées Altairis depuis la mythique base américaine. Ces nouveaux acteurs sont les premiers à concrétiser cette notion d'industrie du tourisme spatial. Ce sont les premiers à être sur le point de maîtriser les composantes techniques et de services, liées à l'activité consistant à mettre un homme dans l'espace sur la base de fonds privés.

Nous le constatons, l'accès de l'homme au milieu spatial sur fonds privés est une affaire lancée. Un nombre relativement important d'intervenants s'activent. Le temps, les réussites et échecs des uns et des autres, vont sûrement mener à une concentration des acteurs, comme cela s'observe dans tous les secteurs de l'économie. Cette concentration, que l'on sent déjà au travers de quelques exemples, témoignera dans un proche avenir de la maturité croissante de cette nouvelle activité, qui devrait

²⁸⁸ www.xcor.com

²⁸⁹ Cette société, fondée par un magnat américain de l'hôtellerie, a pour objectif de réaliser un hôtel en orbite (www.bigelow aerospace.com)

²⁹⁰ Cette entreprise, en plus de développer un engin suborbital, est déjà un acteur important de la construction de satellites. Elle s'est récemment rapprochées d'Orbital Sciences.

²⁹¹ Voir par exemple www.virgingalactic.com/en/news.asp ou www.spacedaily.com/news/tourism-05n.html

²⁹² www.aerapacetours.com

rapidement devenir une industrie. Celle-ci, de part la force tirée de la situation de demande non remplie que l'on trouve actuellement, sera d'après nous un élément moteur de ce que nous jugeons être un nouvel âge spatial.

3.3 Conclusion

Nous avons d'un côté une petite dizaine d'acteurs étatiques relativement puissants et quelques autres de second ordre, de l'autre un secteur privé en ébullition. Bien entendu, il serait malheureux de les opposer d'une manière trop directe, car toute entreprise est créée sur le sol d'un Etat, ce qui témoigne souvent d'une convergence d'intérêts entre cette société et l'Etat qui l'a vu naître. Nous l'aurons compris grâce à la partie II sur les applications permises par l'utilisation du milieu spatial : les gouvernements y ont de grands intérêts. Il serait dès lors assez surprenant que le secteur privé prenne des mains du secteur public toutes les activités industrielles ou de services rattachées au milieu spatial.

Le secteur privé n'a, schématiquement, qu'un seul intérêt, celui de faire de l'argent. Il va par conséquent s'intéresser en priorité à la rentabilité d'une activité. La première des activités rentables fut les télécommunications. La localisation – navigation, l'observation de la Terre et les lanceurs le deviennent de plus en plus. Avec ça, celle du vol habité, non rentable sous l'égide des gouvernements, semble à relativement court terme être susceptible d'offrir des bénéfices intéressants. Un nombre déjà conséquent d'acteurs a vu le jour pour partager les sommes promises par la mise à la disposition du public d'un engin capable de le faire accéder au milieu spatial.

La situation actuelle nous semble prometteuse pour accentuer cette émancipation des humains vis-à-vis de leur Terre. En effet, les politiques spatiales des principaux pays sont ambitieuses, particulièrement dans deux domaines : celui de la réalisation d'infrastructures orbitales²⁹³ ; et celui de l'exploration²⁹⁴. Au même moment, d'importantes sommes d'argent sont investies dans le secteur du tourisme spatial, qui devrait entraîner à terme le développement d'engins moins chers et plus sûrs pour accéder au milieu spatial : une industrie naissante semble pouvoir à relativement court terme mettre sur le marché un nouveau type d'engin pour accéder à l'espace. Cette conjonction fait penser que décrire la période qui s'ouvre comme un nouvel âge spatial n'est pas aussi déraisonnable qu'il n'y paraît.

²⁹³ Nous pensons aux systèmes de localisation – navigation en cours de réalisation et de perfectionnement. Aussi et surtout, aux futurs systèmes d'observation de la Terre. En plus de leur utilité intrinsèque, ces infrastructures vont augmenter fortement le potentiel d'applications lié à l'exploitation du milieu spatial.

²⁹⁴ En partie habitée, du système solaire, particulièrement de la Lune.

CONCLUSION FINALE

Le milieu spatial fait-il partie du champs d'étude de la géographie ? C'est à partir de cette question que ce travail s'est peu à peu construit. La discussion préliminaire réalisée dans la partie introductive permet d'aborder doucement cette question. En précisant particulièrement les concepts d'espaces géographiques physique et matériel, nous nous sommes aperçu de leur extension au delà de la Terre. Ce constat nous a permis de montrer qu'effectivement, la géographie ne pouvait éviter la prise en compte du milieu spatial, plus précisément du système solaire. Nous sommes ainsi arrivés à la fin de la partie introductive avec une hypothèse théorique à priori acceptable : la géographie doit intégrer le système solaire dans son champs d'étude.

Pour que cette intégration se fasse sans heurt, il convenait de préciser une suite logique de réflexions. Nous avons choisi d'en proposer une en trois parties, chacune étant appelée à remplir un rôle précis. De plus, elles allaient en filigrane être vouées à tester empiriquement l'hypothèse théorique précitée.

La partie I était chargée de structurer le milieu spatial. Autrement dit, il s'agissait d'identifier les composantes de ce nouveau champs d'étude géographique, ainsi que quelques éléments nécessaires pour cerner les principaux enjeux qui lui sont liés. Parmi ces éléments nous avons rapidement découvert l'intérêt d'une classification des activités humaines en trois catégories : information, matière et énergie. Ce faisant nous étions à même d'émettre une hypothèse annexe : nous sommes sur le point de débiter un nouveau cycle fort dans l'accès et l'utilisation du milieu spatial (le premier étant compris entre la fin des années 1950 et le début des années 1970). Cette hypothèse était à tester plus en avant dans les parties II et surtout III

La partie II devait principalement dresser un bilan de l'exploitation de la composante du milieu spatial aujourd'hui majeure pour l'homme : les orbites terrestres. En simplifiant, il s'agissait de répondre à la question « à quoi ça sert ? », « ça » représentant les démarches d'accès et d'utilisation de ces orbites. Nous avons découvert un nombre considérable de possibilités permettant de saisir l'utilité croissante, qui pourrait devenir vitale, des orbites terrestres pour la société humaine. Par cette étape nous apportions des éléments empiriques confirmant notre hypothèse théorique.

La partie III était vouée aux acteurs du milieu spatial. L'idée, évoquée dans la partie introductive, d'un « système Monde », soit d'une interprétation de la réalité à partir d'acteurs plus ou moins liés déterminant un système fermé de relations, se retrouvait par là au centre du débat. Était aussi à tester l'idée que la perception entraînée par l'accès au milieu spatial, par essence globale, permettait de mieux saisir le système Monde. En se penchant sur les principaux pays actifs au sein du milieu spatial,

nous avons relativement aisément discuté ce système complexe. En isolant les principaux pays de l'accès et de l'utilisation du milieu spatial, nous avons rapidement perçu leur forte influence sur notre globe. Ainsi s'est vue confirmée l'efficacité d'une perception globale intimement liée aux démarches d'accès à l'espace, et par conséquent l'utilité de la prise en compte de cette échelle pour la géographie. Par ailleurs, quelques éléments, notamment liés aux réalisations du secteur privé, nous ont permis d'aller dans le sens d'une acceptation de l'hypothèse annexe.

Ce travail montre que géographie et milieu spatial peuvent s'unir, et par conséquent confirme notre hypothèse théorique. Cette union, nous la jugeons bénéfique pour la compréhension de la réalité des interconnexions entre peuples, territoires et environnements :

- D'une part, l'exploitation du milieu spatial permet de disposer d'outils spécifiques dont l'importance augmente. Cette augmentation entraîne naturellement celle des applications liées à ces outils. Ce phénomène témoigne de l'utilité des infrastructures présentes au sein du milieu spatial pour nos sociétés, et ainsi de la nécessité de leur prise en compte par la géographie.
- D'autre part, l'utilisation du milieu spatial dans le sens d'une échelle de perception globale, à même de cerner ce que nous interprétons comme le « système Monde », s'est montrée séduisante. Par son biais, un nombre considérable d'indicateurs augurant une montée en puissance de l'utilisation du milieu spatial a été précisé. Le temps confirmera ou infirmera, mais la formulation de cette dernière hypothèse empirique confirme selon nous à elle seule l'intérêt de la démarche entreprise.

Finalement, ce travail souffre d'une limite inhérente à toute approche globale : elle manque d'une profondeur critique que tous les aspects abordés ou oubliés mériteraient. Ce manque se légitime néanmoins par le passage obligé que représente selon nous ce travail. La route ouverte, elle devrait permettre d'étoffer une connaissance dont l'intérêt nous semble indiscutable.

BIBLIOGRAPHIE

Le milieu spatial et ses enjeux

- ANAE, *Les apports de la conquête spatiale à l'humanité*, Cépaduès, Toulouse, 1992, p. 124
- ANAE, *Les apports de la conquête spatiale à l'humanité, Conclusion de l'Atelier – débat*, ANAE dossier n°6, 1992
- Aubert Dominique [dir.], *La colonisation de l'espace*, Time-Life, Amsterdam, 1991
- Brown Neville, *New strategy through space*, Leicester University Press, Leicester, 1990
- Byerly R. (dir.), *Space policy reconsidered*, Westview press, Boulder, 1989
- Collet Jacques, *Habiter dans l'espace : de Gemini aux cités du futur*, Hatier, Paris, 1992
- Collins J.M., *Military space forces, the next 50 years*, Pergamon, Washington, 1989
- Couston Mireille et Pilandon Louis, *L'Europe puissance spatiale*, Bruylant, Bruxelles, 1991
- Dannau Wim, *Les planètes artificielles : les navettes spatiales, les stations orbitales, la colonisation de l'espace : [1985-2035]*, Bordas, Paris, 1985
- Dega Jean-Louis, *La conquête spatiale*, QSJ n° 2844, PUF, Paris, 1995
- Ducrocq Albert, *L'encyclopédie du cosmos*, Neuf, Paris, 1970-1973
- Dupas Alain, *L'âge des satellites*, Hachette, Paris, 1997
- Dupas Alain, *Une autre histoire de l'espace*, Gallimard, Paris, 1999
- Duret Alain, *Conquête spatiale : du rêve au marché*, Gallimard, Paris, 2002
- Esterle Alain (dir.), *L'homme dans l'espace*, Nouvelle Encyclopédie Diderot, PUF, Paris, 1993
- Garcin Thierry, *Les enjeux stratégiques de l'espace*, Bruylant, Paris, 2001
- Grouard Serge, *La guerre en orbite, essai de politique et de stratégie spatiales*, Economica, Paris, 1994
- Harvey Brian, *The Chinese space program, from conception to future capabilities*, praxis publishing, chichester, 1991
- Iorcette J.-P., *Le duel USA – URSS dans l'espace*, Autrement, Paris, 1986
- Johnson-Freeze Joan, *The Chinese space program, a mystery within a maze*, Krieger publishing company, Malabar Florida, 1998
- Kohler Pierre, *La dernière mission : Mir, l'aventure humaine*, Clamann-Lévy, Paris, 2000
- Laver Jacques [et al.], *In search of security : the defence policies of China, France, Japan and India, the superpower : rivalry in space*, Institut Universitaire des Hautes Etudes Internationales, cahiers d'histoire et de politique internationale n°6, Genève, 1986
- Lebeau André, *L'espace en héritage*, Odile Jacob, Seuil, Paris, 1986
- Lebeau André, *L'espace, les enjeux et les mythes*, Hachette, Paris, 1998
- Lesgards Roger, *Conquête spatiale et démocratie*, presse de Sciences Po, Paris, 1998
- Logsdon J. (dir.), *Exploring the Unknown, selected documents in the history of the US civil space program*, vol. 1,2,3,4 the NASA history series, Washington D.C., 1995,1996,1998,1999
- McCurdy Howard E., *Space and the American imagination*, Smithsonian Institute, Washington, 1997
- O'Neill Gerard K., *Les villes de l'espace : vers le peuplement, l'industrialisation et la production d'énergie dans l'espace*, Laffont, Paris, 1978 (1977)
- Pasco Xavier, *La politique spatiale des Etats-Unis 1958-1995*, l'Harmattan, Paris, 1997
- Smith Delbert D., *Teleservices via satellite, experiments and future perspectives*, Sijthoff & Noodhoff, Alpher an den Rijn, 1978
- Sourbès Isabelle et Waldteufel Philippe (dir.), *L'espace, une nouvelle frontière ? Habiter l'espace ?*, Ademast, Paris, 1987
- Sourbès-Verger Isabelle (dir.), *L'espace, enjeux politiques*, Hermès n° 34, CNRS éditions, Paris, 2002
- Verger Fernand (dir.), *L'espace, nouveau territoire*, Belin, Paris, 2002

Le système Monde et ses enjeux

- Claval Paul, *Géopolitique et géostratégie, la pensée politique, l'espace et le territoire au XXe siècle*, Nathan, Paris, 1996
- Crépon, *L'imposture du choc des civilisations*, Pleins Feux, Nantes, 2002
- Dollfus Olivier, *La Mondialisation*, Presses de Sciences Po, Paris, 1997
- Dollfus Olivier, *La nouvelle carte du monde*, QSJ n°2986, PUF, Paris, 1995
- Dollfus Olivier, *L'Espace Monde*, Economica, Paris, 1994
- Dussouy Gérard, *Quelle géopolitique au XXIe siècle ?*, Complexe, Bruxelles, 2001
- Fukuyama Francis., *La fin de l'histoire et le dernier homme*, Flammarion, Paris, 1992
- Huntington Samuel P., *Le choc des civilisations*, Odile Jacob, Paris, 1996
- Kagan Robert, *La puissance et la faiblesse*, Plon, Paris, 2003
- Kaminsky Catherine, *La géopolitique et ses enjeux*, Les essentiels Milan, Toulouse, 2002
- Lellouch Pierre, *Le nouveau monde, de l'ordre de Yalta au désordre des nations*, Grasset, Paris, 1992

Le milieu spatial comme objet juridique

- Benko M. (dir.), *Space law in the united nations*, Martinus Nijhoff publishers, Dordrecht, 1983
- Chaumont Charles, *Le droit de l'espace*, QSJ n°883, PUF, Paris, 1960
- Cohen Maxwell, *Law and politics in space*, McGill university press, Montreal, 1968
- Fawcett J.E.S., *International law and the uses of outerspace*, Manchester university press, Manchester, 1968
- Haley Andrew G., *Space and government*, Appleton century crofts, New York, 1963
- Jenks Wilfred, *Space law*, Stevens & son, London, 1965
- Marcoff Marco G., *Traité de droit international public de l'espace*, Ed. universitaire, Fribourg, 1973
- Martin Pierre-Marie, *Le droit de l'espace*, QSJ n° 883, PUF, 1991
- Martin Pierre-Marie, *Les textes du droit de l'espace*, QSJ n° 2730, PUF, 1993

Ouvrages complémentaires

- Bavoux, Jean-Jacques, *La géographie, objet, méthodes, débats*, Armand Colin, Paris, 2002
- Brahic André, *Enfants du Soleil*, Odile Jacob, Paris, 1999
- Berque Augustin, *Écoumène, introduction à l'étude des milieux humains*, Belin, Paris, 2002
- Dars René, *La géologie des planètes*, QSJ n° 3028, PUF, Paris 1995
- Cabrol Nathalie et Grin Edmond, *La recherche de la vie dans l'univers*, QSJ n° 3573, PUF, Paris, 2000
- French B.M., *The moon book*, Penguin book, London, 1977
- Koval A., *De Spoutnik à la station Mir : 30 ans d'observation de la Terre*, Larousse, Paris, 1988
- McDougall Walter A., *The Heavens and the Earth : A political history of the space age*, Basic books, New York, 1985
- Mikesell Marvin W., *The Borderlands of Geography as a Social Science*, Sherif and Sherif (eds), 1969
- Verdet Jean-Pierre, *Une histoire de l'astronomie*, Points Science, Seuil, Paris, 1990
- Werth Nicolas, *Histoire de l'Union soviétique, 1953 – 1985*, QSJ n° 3038, PUF, Paris, 1995

Articles

- Booth N., « The super powers and spaceship to mars », *London G. Mag.* n° 61, p. 44-48, 1989
- Ducrocq A., « Pourquoi la Lune ? », *Revue S Et. Expansion* n° 236, p. 501-515, Bruxelles, 1969
- Gaubert H., « Géographie de Mars », *Geographia* n° 61, p. 20-24, Paris, 1956
- « L'astronautique » in *L'encyclopédie du monde actuel*, Rencontre, Lausanne, 1965, p. 10-11-12
- Logsdon John, « Is There a US Strategy for Space ? » in *Space News*, vol. 8, n° 35, Springfield, 1997
- Listner Michael J, « It's time to rethink International space law » in *The space review*, mai 2005
- Menzel D.P., « The moon as an abode of life », *P.A.P.S.* n° 113, p. 102-126, 1969

- Millman P.M., « We visit the moon », *P. R. Canadian ser. III A.*, p. 6-8, 1938-1939
- Munro Foy H., « The moon and life », *P.R.I.Gt* n° 36, p. 310-322, 1956
- « Pie in the sky » in *The Economist*, édition imprimée du 15 janvier 2004
- « Sayonara spaceflight ? » in *The Economist*, édition imprimée du 6 août 1998

Quotidiens, hebdomadaires, rapports parlementaires ou d'institutions

- Abbey George & Lane Neal, *United States Space Policy, Challenges and Opportunities*, Amacad, Cambridge, 2005
- Annual report to administrator, the office of exploration, NASA, *Beyond Earth's Boundaries, Human Exploration of the Solar System in the 21st century*, 1988
- *Diplomatie*, n°16, septembre – octobre 2005
- « Les gouvernements ne sont pas doués par innover » in *L'Hebdo*, édition du 28 juillet 2005
- Martin Malin, *US Space Policy Briefing*, Amacad, June 2, 2005
- Revol M.H., sénateur, *Rapport sur la politique spatiale française : bilan et perspectives*, office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, n°3033, mai 2001
- Smitherman D (compiler), *Space Elevators, an advanced Earth-Space infrastructure for the new Millenium*, Conference publication, NASA Marshall Space Flight Center, 2000
- Washington Post, *Costs & New priorities Imperil Nasa dreams*, 9 décembre 2001, p. A01

Internet

- www.aeraspacetours.com (entreprise privée AERA, tourisme spatial)
- www.alcatel.com/space (Industrie spatiale européenne)
- www.amacad.org (American Academy of Arts and Sciences)
- www.apmcsta.org (Entreprise privée, base spatiale et lanceur)
- www.arianespace.com (Industrie spatiale européenne)
- www.bharat-rakshak.com/SPACE/ (Histoire spatiale de l'Inde)
- www.bigelowerospace.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.blueorigin.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.boeing.com (industrie spatiale étasunienne)
- www.bristolospaceplanes.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.bsnc.gov.uk (Agence spatiale britannique)
- www.cnes.fr (Agence spatiale française)
- www.dlr.de (Agence spatiale allemande)
- www.eads.net (Industrie spatiale européenne)
- www.esa.int (Agence spatiale européenne)
- www.economist.com (The Economist)
- www.eurockot.com (Consortium EADS et Krunichev)
- www.eurospace.org (Association des industriels du spatial européen)
- www.eurisy.asso.fr (ONG active dans la promotion des applications spatiales pour le bénéfice de la société)
- www.eumetsat.int (European organisation for the exploitation of METeorological Satellites)
- www.eutelsat.org (EUropean organisation for the exploitation of TELecommunication Satellites)
- www.geoeye.com (Entreprise privée, télédétection)
- www.gifas.asso.fr (Groupement des Industries Aéronautiques et Spatiales)
- www.globalstar.com (Système de téléphone par satellite)
- www.h2a.jp (Lanceur spatial japonais H2a)
- www.hal-india.com/ (Industrie spatiale indienne)

- www.iaa.net.org (Institut Internationale d'Astronautique)
- www.iafaastro.com (International Astronautical Federation)
- www.ilslaunch.com (Lockheed Martin et Krunichev / INT)
- www.inpe.br (Agence spatiale brésilienne)
- www.i-space.fr (Applications spatiales)
- www.isro.org (Agence spatiale indienne)
- www.isunet.edu (International Space University)
- www.itc.nl (Institut International pour la géoinformation et l'observation de la Terre)
- www.itu.int (Union Internationale des Télécommunications)
- www.jaxa.jp (Agence spatiale japonaise)
- www.lapan.go.id (Agence spatiale indonésienne)
- www.lockheedmartin.com (Industrie spatiale étasunienne)
- www.marsjournal.org (Journal international de Mars)
- www.meteo.fr (Météofrance)
- www.nasa.gov (Agence spatiale américaine)
- www.nkau.gov.ua (Agence spatiale ukrainienne)
- www.ntia.int (National Telecommunication and Information Administration)
- www.rocketplane.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.roscosmos.ru (Agence spatiale russe)
- www.satobs.org (Observation par satellite)
- www.sbca.com (Satellite Broadcasting and Communications Association)
- www.space.com (Site d'informations)
- www.spacedaily.com (Site d'informations)
- www.space.eads.net (Industrie spatiale européenne)
- www.spaceref.com (Site d'informations)
- www.sia.org (Satellite Industry Association)
- www.sneema-moteurs.com (Industrie européenne active dans le spatiale)
- www.spaceandsociety.org (Site d'informations ESA – IAA)
- www.space-frontier.org (Space Frontier foundation)
- www.spaext.com (Site donnant des arguments pour l'expansion de l'humanité au sein du système solaire)
- www.spotimage.fr (entreprise privée, télédétection)
- www.sso.admin.ch (Swiss Space Office / CH)
- www.starbooster.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.starsem.com (Consortium EADS, Arianespace, Roskosmos, Samara Space Center)
- www.virgingalactic.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.wikipedia.org (Encyclopédie en ligne)
- www.xcor.com (Entreprise privée, tourisme spatial)
- www.2100.org (Regroupement de textes sur l'espace)

ANNEXES

Liste des abréviations

- ANAE	Académie Nationale de l'Air et de l'Espace
- ASC	Agence Spatiale Canadienne
- CBERS	China Brasil Environmental Ressource Satellite
- CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
- CNN	Cable News Network
- CNSA	Chinese National Space Administration
- CSG	Centre Spatial Guyannais
- DoD	Departement of Defense
- ELDO	European Launch Development Organisation
- ERTS	Earth Ressource Technological Satellite
- ESA	European Space Agency
- ESRO	European Satellite Research Agency
- EUMETSAT	EUropean organisation for the exploitation of METeorological Satellites
- EUTELSAT	EUropean organisation for the exploitation of TELecommunication Satellites
- FAA	Federal Aviation Administration
- GMES	Global Monitering Environment System
- GNSS	Global Navigation Satellite System
- GPS	Global Positionning System
- HLV	Heavy Launch Vehicle
- IAA	International Academy of Astronautics
- ICBM	InterContinental Ballistic Missile
- ILS	International Launch Service
- INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espacias
- ISAS	Institute of Space and Astronautical Science of Japan
- ISRO	Indian Space Research Organisation
- ISS	International Space Station
- LRO	Lunar Reconnaissance Orbiter
- MSAS	Multifonctionnal Satellite based Augmentation System
- MHI	Mitsubishi Heavy Industries
- NAL	National Aerospace Laboratory of Japan
- NASDA	NAtional Space Development Agency of Japan
- NASA	National Aeronautics and Space Administration
- NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
- NRSA	National Remote Sensing Agency
- ONU	Organisation des Nations Unies
- OMI	Organisation Maritime Internationale
- SIG	Système d'Information Géographique
- SMS	Swiss Mars Society
- STS	Space Transportation Shuttle
- SSO	Swiss Space Office

- UE	Union Européenne
- UIT	Union Internationale des Télécommunications
- URSS	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
- VLS	Veiculo Lancadores de Satellites
- WAAS	Wide Area Augmentation System

Table des figures		page
Figure 1.1	Vitesses cosmiques	14
Figure 1.2	Vocabulaire orbitale	14
Figure 1.3	Schéma des orbites terrestres	17
Figure 1.4	Schéma d'une mise en orbite géostationnaire	18
Figure 1.5	Traces générées par le logiciel Solstice	20
Figure 1.6	Points de Lagrange	21
Figure 1.7	Topographie de Mars	25
Figure 1.8	Photographies de Titan	30
Figure 1.9	Bases spatiales principales	32
Figure 1.10	Ascenseur spatial	34
Figure 2.1	L'infrastructure orbitale	43
Figure 2.2	Les débris spatiaux	44
Figure 2.3	Le champs magnétique terrestre	55
Figure 2.4	La veille météorologique mondiale	58
Figure 3.1	Provenance des satellites et sondes en orbite en 2000	80
Figure 3.2	Le découpage des civilisations selon Huntington	81
Figure 3.3	Les budgets spatiaux des principaux pays actifs au sein du milieu spatial	84
Figure 3.4	Le budget spatial américain 1961 – 2000	87
Figure 3.5	Puissance, interconnexions et civilisation des pays les plus influents au sein du milieu spatial	105