



OPEN SPACE

L'OUVERTURE COMME RÉPONSE
AUX DÉFIS DE LA FILIÈRE SPATIALE

MISSION CONFÉE PAR LE PREMIER MINISTRE MANUEL VALLS

À GENEVIÈVE FIORASO

ANCIENNE MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
DÉPUTÉE DE L'ISÈRE

■ **RAPPORTEURS :**

VINCENT DEDIEU,

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ARMEMENT

LAURE MÉNÉTRIER

DIRECTION GÉNÉRALE DES ENTREPRISES



SOMMAIRE

PRÉFACE.....P.4



ARIANE 6, SOCLE DE L'AUTONOMIE EUROPÉENNE POUR L'ACCÈS À L'ESPACE

- DES ENJEUX DE SOUVERAINETÉ POUR L'EUROPE (p.15)
- ARIANE 6 ET VEGA-C, AU CŒUR DE LA STRATÉGIE EUROPÉENNE (p.17)

LE SPATIAL : ACTEUR MÉCONNU DE LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE

- DÉVELOPPEMENT DES COMMUNICATIONS ET DES FLUX DE DONNÉES AU CŒUR DE L'ÉVOLUTION DE LA SOCIÉTÉ (p.23)
 - LES APPLICATIONS ISSUES DES DONNÉES SPATIALES (p.25)
 - QUELLES SPÉCIFICITÉS DE LA DONNÉE SPATIALE ? (p.30)
- QUELQUES EXEMPLES DE SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT DES APPLICATIONS (p.33)
 - DES INITIATIVES INNOVANTES À MIEUX COORDONNER (p.37)



LES DÉFIS TECHNOLOGIQUES

- L'ACCÈS À L'ESPACE : LES PORTS ET LES LANCEURS (p.50)
- LES SATELLITES (p.58)
- LES NOUVEAUX ACTEURS, NOUVELLES TECHNOLOGIES ET NOUVEAUX USAGES (p.70)
 - LES SEGMENTS SOL, UN ENJEU À PRENDRE D'AVANTAGE EN COMPTE (p.75)
 - SYNTHÈSE (p.80)

LES POLITIQUES PUBLIQUES À IMPULSER POUR RELEVER LE DÉFI DE LA COMPÉTITIVITÉ DE LA FRANCE EN EUROPE

- CLARIFIER LES RÔLES ET LES RESPONSABILITÉS PUBLIC / PRIVÉ (p.88)
- SOUTENIR ET RESPONSABILISER LES ACTEURS ÉCONOMIQUES POUR DÉVELOPPER L'EMPLOI (p.98)
- OFFRIER UN CADRE PROPICE AU DÉVELOPPEMENT DES INNOVATIONS DANS LE DOMAINE SPATIAL (p.113)
- FAIRE DE LA CARRIÈRE SPATIALE UNE CARRIÈRE D'EXCELLENCE, D'INNOVATION ET DE PASSION (p.122)
 - UNE CULTURE À PARTAGER, AU SERVICE DES CITOYENS EUROPÉENS (p.126)



SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

ANNEXES.....P.137

Préface

Le rapport demandé par le Premier Ministre Manuel Valls en janvier 2016 en lien avec les ministères concernés, l'éducation nationale, enseignement supérieur et recherche, la défense et l'économie, porte sur **« les enjeux et la prospective de la stratégie de la France dans le secteur spatial au sein de l'Europe et dans un contexte mondial »**.

Cette mission intervient à un moment particulier de l'histoire du spatial pour la France. En effet, grâce aux décisions engagées à la ministérielle de l'ESA à Naples en 2012, confirmées à celle du Luxembourg en décembre 2014, l'engagement européen vers un nouveau lanceur, Ariane 6, plus modulaire, plus évolutif et plus compétitif, a repositionné l'Europe, grâce à l'impulsion et au soutien décisifs du gouvernement français, dans la compétition mondiale. Le lanceur, socle du spatial, revêt en effet la même importance stratégique que les composants électroniques pour la filière du numérique. Si ce socle n'est plus maîtrisé, l'initiative est perdue sur l'agenda, les tests et les innovations, donc sur la compétitivité : l'enjeu est le même pour le numérique et le spatial, où l'amont et l'aval sont indissociablement liés dans une chaîne de valeur qui prend sa force et sa pérennité dans son intégration. Cette décision était donc nécessaire et nous pouvons nous réjouir de l'avoir obtenue, après un travail de persuasion qui a fini par payer. Plusieurs enjeux stratégiques expliquent le combat mené par la France pour préserver, grâce au lanceur Ariane 6, l'autonomie de l'accès à l'espace : la **souveraineté** tout d'abord dans une filière plus duale que dans les pays voisins, en particulier l'Allemagne, le **maintien des emplois dans l'industrie**, majoritairement implantés dans notre pays et la **vitalité du Centre Spatial de Kourou** qui fait l'objet de propositions d'évolution dans le rapport. La réalisation du nouveau lanceur Ariane 6 est un sujet tellement stratégique, qui conditionne de fait l'ensemble de la filière, que ce rapport y a consacré un chapitre entier pour confirmer les conditions de sa réussite.

En s'engageant d'abord - et c'était indispensable - dans les lanceurs et dans leur nouvelle génération avec Ariane 6, la France a fait un choix clair et efficace. Par l'effet cumulé de la stabilité budgétaire et du retour géographique de l'ESA vers notre pays. Elle a aussi, de fait, moins investi que ses voisins anglais ou allemands dans la filière aval des satellites, de leurs applications et des services associés. Le temps est maintenant venu d'étendre l'action nationale à ce volet. C'est ainsi que le Premier ministre et les ministres concernés ont souhaité effectuer les efforts appropriés pour adresser le marché des satellites en orbite géostationnaire comme des constellations en orbite basse et des pseudosatellites stratosphériques (ballons, drones) dans le domaine des télécommunications, de l'observation de la terre, de la surveillance et des services associés.

C'est l'objet de ce rapport, ce qui explique aussi qu'il n'aborde pas ou peu les domaines de l'exploration spatiale ou de la recherche fondamentale liée à l'espace, même si une interaction existe bien entre l'amont de la filière ou les grands projets internationaux pour l'exploration et l'aval. Les propositions de la mission porteront donc davantage sur l'aval (*downstream* selon l'acception utilisée dans le milieu très international du spatial), même si la réalité démontre les interactions bénéfiques d'un système intégré où l'amont bénéficie de l'aval et réciproquement. Il s'agit donc pour notre pays, tout en continuant d'être vigilant sur la réussite de la réalisation d'Ariane 6, dans les délais et coûts définis, de tirer parti d'un marché émergent, appelé à une croissance à deux chiffres dans les années à venir. Il englobe les applications et les services dans des domaines de nature très différente : l'agriculture, la santé, l'éducation, les télécoms avec l'accès à internet pour tous et la contribution à la couverture numérique, la *silver economy*, les mobilités durables, la surveillance, la défense, la dissuasion nucléaire, la géolocalisation, l'observation, la régulation des trains mais aussi des flux financiers. La diversité des sujets dans lesquels le spatial joue un rôle décisif est impressionnante... mais ce potentiel reste trop méconnu, en dehors d'un champ assez restreint de spécialistes. Mais, là aussi, le contexte mondial évolue très vite et,

de plus en plus, de nouveaux acteurs s'intéressent aux données issues du spatial et à leurs applications. Ils sont principalement issus du secteur numérique, à commencer par les GAFAs (Google, Apple, Facebook, Amazon... mais aussi One Web, Virgin Galactic et toute une constellation de start-ups). Le spatial est un secteur qui bouge plus que jamais. Il est essentiel que la France anticipe ce mouvement mondial, irréversible et assume son leadership européen au service de la démocratisation de l'espace, en faisant la promotion de l'accès à un espace durable et utile au plus grand nombre.

Ce rapport reflète six mois d'auditions d'acteurs des secteurs public et privé, dans différents pays d'Europe et d'outre Atlantique. Il s'agit d'une contribution à la stratégie nationale dans ce secteur très porteur pour l'avenir, qui conjugue enjeux de souveraineté, de science, d'exploration, de développement économique, de développement durable et de services aux citoyens. Ce caractère transversal, à l'image du numérique, explique le foisonnement et la diversité des points de vue et des initiatives dans un secteur en pleine mutation : pas de position dogmatique ni de guesplan dans ce rapport, mais une série de recommandations, de nature et d'échéances différentes, à l'image de la diversité des applications et des mutations qui bousculent ce secteur et l'invitent à évoluer toujours plus rapidement dans la période.

Car le spatial vit aujourd'hui une double révolution :

- celle du **numérique** tout d'abord, qui accélère la démocratisation de l'accès à l'espace, avec ses nouveaux acteurs, issus majoritairement de la Silicon Valley, leur culture du risque, de l'entrepreneuriat et leur volonté, soutenue par des fonds privés et publics, d'investir dans le spatial, considéré, avec la santé comme le plus grand pourvoyeur de métadonnées, le « big data » valorisable en « smart data »

- la **concurrence des pays émergents** qui ont identifié le spatial comme outil de souveraineté et levier de développement économique et sociétal : ils ont l'avantage de pouvoir se lancer immédiatement dans ce nouvel éco-système du spatial.

La conséquence immédiate de cette évolution, qui s'est accélérée au cours de ces trois dernières années, est, elle aussi, double : la **réduction des coûts des infrastructures de lancement et des satellites** mais, surtout, une offre de nature différente, avec des applications guidées par les usages et plus seulement poussées par les progrès technologiques. C'est **l'espace au service des citoyens**. Cette réduction des coûts et cette ouverture à des applications diversifiées ne signifie pas, au contraire, la diminution du soutien public. **Le spatial reste un domaine de souveraineté**. D'ailleurs, les investissements internationaux ont beaucoup augmenté depuis quelques années, qu'ils soient publics ou privés. Beaucoup de nos interlocuteurs, à commencer par l'agence nationale, le CNES, rappellent que l'augmentation du budget spatial américain en 2016, supérieure à 2 milliards \$, correspond à elle seule au budget annuel du CNES.

Les investisseurs privés, majoritairement anglo-saxons ont, eux aussi, bien perçu la révolution numérique en cours : 21 milliardaires ont récemment investi dans l'espace et plus de 50 sociétés d'investissement en capital-risque ont injecté 1,8 milliards \$ dans cette économie en 2015, un montant supérieur à celui des 15 années précédentes cumulées.

Ce renouveau, communément défini sous le nom de *new space*, peut être perçu comme une menace ou une rupture brutale. Ce n'est pas l'avis développé dans ce rapport qui propose d'envisager au contraire cette mutation comme une formidable opportunité de valorisation de l'expertise nationale, au sein d'une Europe remobilisée. Pour ne pas tomber dans le piège réducteur d'un *new space* qui sous entendrait l'abandon d'une forme d'*old space* dépassé issu des trente glorieuses, ce rapport défend une démarche de transformation moins artificielle et plus profonde vers l'*open space*, qui s'appuie sur les expertises acquises pour s'ouvrir à une nouvelle culture. Il considère résolument les évolutions internationales comme une formidable opportunité. Avec ses compétences et expertises reconnues dans le secteur spatial, notre pays peut s'en saisir avec succès, en **positionnant la France et l'Europe à la fois comme partenaires des nouveaux acteurs internationaux et comme promoteurs**

volontaristes d'innovations et de ruptures technologiques.

Car notre pays, il faut le rappeler et s'en féliciter, possède de nombreux atouts dont il peut être fier.

Il faut d'abord évoquer, même si ce n'est pas l'objet de ce rapport, les **grands projets scientifiques**, porteurs du rêve et de la confiance dans le progrès, qui poussent la croissance et la compétitivité économique autant qu'ils contribuent à l'universalité et la projection dans l'avenir. De ce point de vue, l'extraordinaire aventure du robot Philae a été un moment d'émerveillement et de partage, toutes générations confondues, devant ces images formidables d'une comète visitée par un robot issu de la sonde Rosetta, à plus de 500 millions de kms de la terre, en novembre 2014. Pour l'avoir vécu en direct, à la Cité des Sciences de la Villette, aux côtés du Président François Hollande, de Najat Vallaud Belkacem, Claudie Haigneré, du président du CNES et de ses équipes, en liaison avec celles de l'ESA à Darmstadt en Allemagne et avec les commentaires mêlés de science et de sensibilité de l'astrophysicien Francis Rocard, la parlementaire de cette mission peut faire part de l'émotion collective ressentie lors de l'atterrissage à rebondissements, dans tous les sens du terme, du petit robot sur la comète Tchoury. C'était un moment magique, fruit de plus de vingt ans d'une coopération scientifique et technologique exceptionnelle dans laquelle l'ESA, le CNES et le DLR et l'ASI ont joué un rôle décisif. Les données recueillies par Philae feront l'objet d'analyses scientifiques pendant les dix années à venir, permettant ainsi de mieux connaître les processus qui ont conduit à la formation du système solaire. Là encore, les développements technologiques accompagnant la recherche scientifique font sauter des verrous qui permettent aux industriels de progresser et de proposer des solutions plus innovantes dans l'ensemble de leurs gammes de produits et services, civils comme militaires.

La France a la chance de disposer d'une industrie et d'une recherche puissantes dans le secteur spatial, bien soutenues par les pouvoirs publics, ce qui la place en deuxième position mondiale

après les Etats-Unis pour l'investissement public par habitant. Nos industriels représentent 36 % des emplois liés au spatial en Europe et 54 % du chiffre d'affaires correspondant. Cette expertise est d'ailleurs reconnue par la majorité des nouveaux acteurs du numérique. C'est ainsi que la start-up One Web, qui vise à déployer des centaines de satellites en orbite basse, s'appuie sur les compétences de grands groupes et ETI françaises, que Google a engagé des partenariats avec le CNES et que les grands programmes d'exploration de la Nasa bénéficient d'innovations et de compétences scientifiques issues de notre agence et de nos laboratoires et organismes de recherche publics comme des entreprises. Un exemple prestigieux de cette reconnaissance est la caméra chimique (chemcam) équipant Rover sur Mars. Les industriels européens se sont très vite adaptés à ces demandes innovantes ou sont en train de le faire : fabrication de pièces avec des imprimantes 3D, plus fiables et moins coûteuses, robotisation, *lean management*, embauche de data-scientists, data-miners, mise en place d'espaces collaboratifs et créatifs. Lors de ses déplacements, la mission a pu constater que ce changement était engagé dans de nombreux sites industriels et de recherche en France, chez les maîtres d'œuvre industriels comme dans toute la chaîne de conception et de production. A l'issue de ce rapport, la mission est convaincue que la France a tous les atouts pour affronter la concurrence internationale qui va s'intensifier dans les années à venir, pour peu que le CNES, Arianespace, les champions industriels issus d'Airbus, de Thales et de Safran, leurs partenaires et sous-traitants, les start-ups et les pouvoirs publics partagent la confiance et l'audace nécessaires.

Le rapport fait, au fil du texte, de nombreuses propositions dont les lignes directrices sont synthétisées en conclusion, dans cinq grands axes d'action.

Trois points semblent essentiels pour pouvoir mettre en œuvre avec succès ces recommandations.

Le premier est relatif à notre perception du **risque**. En Californie aujourd'hui, les investisseurs misent en priorité sur des porteurs de projet

ayant connu au moins un échec, se fondant sur l'idée que l'on apprend de celui-ci les meilleures leçons pour l'avenir. L'Europe, singulièrement la France, gagnerait à adopter cet état d'esprit qui considère l'échec comme partie prenante du processus d'innovation et source de progrès, comme cela a été confirmé par des membres du groupe spatial du Congrès américain à la rapporteure parlementaire, lors d'une rencontre organisée fin juillet 2015 à Washington, une semaine après le crash retentissant d'un lancement opéré par SpaceX. Pourtant, il s'agissait d'un vol institutionnel et d'un financement entièrement public, déjà payé à plus de 80 % (et on parle ici du prix domestique américain, dont il est rappelé dans le rapport qu'il est toujours plus élevé que le prix à l'export, ce que les règles européennes, par doxa libérale, ne permettraient pas). Il paraît donc essentiel qu'en Europe, particulièrement en France où le syndrome du « bon élève » stigmatise la faute au lieu d'encourager l'initiative, la prise de risques et le risque d'échec associé soient davantage acceptés et même encouragés pour les nouveaux développements : c'est la condition de l'innovation de rupture, celle qui garantit le meilleur retour sur investissement, donc la création d'emplois. C'est ce principe d'innovation, donc de prise de risques, qui doit guider le développement de la filière aval du spatial. Cela suppose aussi la confiance dans les atouts réels de notre pays et sa capacité à se transformer, à l'image du monde, car la réussite reste l'objectif final. Churchill le disait déjà : « On ne peut pas garantir le succès, mais on doit toujours le mériter ! ».

Le second point concerne la **vigilance** nécessaire vis-à-vis d'un secteur, le spatial, qui est un vrai **domaine de souveraineté et d'autonomie**. De ce point de vue, la rénovation et l'optimisation du centre spatial de Kourou, les programmes structurants Galileo pour la géolocalisation et la navigation, Ariane 6 pour les lanceurs ainsi que les programmes de surveillance et d'observation de la terre doivent être absolument préservés, Brexit ou pas, et menés à bien dans les délais les plus rapides possibles. Ils sont les garants de l'autonomie de l'Europe et de sa non-dépendance dans un monde de plus en plus concurrentiel et soumis à des tensions qui nécessitent plus que jamais de mobiliser nos outils d'observation, de

surveillance, de dissuasion et d'alerte : terrorisme, flux de mobilité de populations, catastrophes environnementales, réchauffement climatique, pandémies... La France, dans ce domaine, peut davantage valoriser ses atouts, au sein d'une Europe à consolider dans le domaine de la défense malgré les complexités inhérentes au sujet et plus globalement dans ses processus de soutien à ses industries spatiales.

Le troisième point se résume en un mot : **l'ouverture**. Le monde du spatial a longtemps vécu « en famille », dans un cocon sécurisant, même si les compétitions internes pouvaient être vives. Aujourd'hui, sous l'impulsion croisée de l'arrivée des nouveaux acteurs du numérique, de la concurrence accrue des pays émergents et de la multiplication des applications permise par le traitement de métadonnées toujours plus abondantes, la famille du spatial doit s'ouvrir à de nouvelles cultures, de nouveaux métiers, de nouveaux modèles économiques. Cette ouverture concerne aussi les institutions et autorités publiques dont la connaissance des enjeux et applications potentielles du spatial est insuffisante. Ce constat peut s'appliquer aussi aux médias non spécialisés comme au grand public. Le secteur public ne doit pas se contenter d'accompagner financièrement le développement d'applications pour l'aval de la filière : son efficacité serait décuplée s'il en devenait aussi le prescripteur, en identifiant les besoins d'intérêt général auxquels le spatial pourrait l'aider à répondre plus rapidement et au plus près des besoins des citoyens. De même, la culture du spatial, à l'image de ce que fait la Cité de l'espace à Toulouse, doit être diffusée dès le plus jeune âge et un certain nombre de propositions du rapport vont dans ce sens. Ce doit être une culture populaire, tant il est vrai que l'adhésion de l'opinion est clé pour ce secteur qui ne peut vivre sans investissements publics. A titre d'exemple, les séries télévisées, les maquettes de fusée Ariane ou les tee-shirts Philae, trop rares à ce jour, sont aussi un moyen de diffuser la culture spatiale et développer l'aval de la filière... La transmission de connaissances scientifiques doit aussi être développée, de façon incarnée et attractive, particulièrement pour les jeunes générations. L'opportunité se présente à l'issue de la rédaction de ce rapport, avec le séjour de six

mois de notre astronaute français Thomas Pesquet dans la station spatiale internationale à partir du mois de novembre 2016. C'est une formidable opportunité de partage d'une aventure exceptionnelle, à caractère international et universel, particulièrement bienvenue dans le contexte actuel.

Ce rapport, qui prône un développement ouvert du spatial, fait sien le mot du poète René Char :
« Comment vivre sans inconnu devant soi ? ».

Ce sont les frontières de cet inconnu que le spatial ne cesse de repousser, au bénéfice de l'universalité, du rêve et du progrès des citoyens du monde. La France doit avoir confiance dans ses atouts, réels, pour y tenir toute sa place.

La mission tient à remercier :

- le Premier Ministre pour sa confiance, la Ministre de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le Secrétaire d'Etat chargé de l'Enseignement supérieur et de la recherche, le Ministre de la Défense, le Ministre de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique et la Secrétaire d'Etat chargée du Numérique pour leur accompagnement,
- les Ambassades d'Allemagne, de Belgique, d'Italie, du Luxembourg et du Royaume-Uni, en premier lieu les ambassadeurs, leurs conseillers scientifiques et espace, leurs attachés militaires, ainsi que les personnes en charge de l'organisation des missions,
- le CNES pour son rôle précieux dans l'élaboration du rapport et l'organisation de la visite en Guyane,

- toutes les personnes auditées, pour la qualité de leur accueil ainsi que des informations dispensées au cours des échanges et visites de site,

- l'assistant parlementaire de Geneviève Fioraso, Bastien Gibaut, tout spécialement, qui a assuré avec efficacité l'organisation et la logistique de l'ensemble de la mission ainsi que le graphisme du rapport,

- les nombreux assistants et assistantes qui ont contribué à faciliter l'organisation de la mission, en particulier Rachida Sedkaoui à la Direction Générale de la Recherche et de l'Innovation.



CHAPITRE 1

ARIANE 6,
SOCLE DE L'AUTONOMIE EUROPÉENNE
POUR L'ACCÈS À L'ESPACE

Introduction






















Le lanceur Ariane s'inscrit dans l'histoire du spatial français. Il est la manifestation de la volonté française et européenne d'autonomie dans l'accès à l'espace, ce explique son importance stratégique, ainsi que de l'engagement français dans cette filière. Nous y avons acquis au fil des années une expertise croissante, dont l'excellence est reconnue à l'international. Quelques mots sur cette histoire, qui a démarré il y a près de soixante ans. La décision du Général de Gaulle en 1961 d'accéder à l'espace a lancé et durablement structuré la filière spatiale française, à partir de compétences militaires. Le Centre national d'études spatiales (CNES) a été créé à cette époque pour piloter le lancement du programme national « Diamant », qui a permis à des industriels comme Aérospatiale, Matra ou SNECMA et à des organismes publics comme l'ONERA ou le CNRS de développer des compétences qui ont été depuis entretenues et renforcées. Douze lancements - dont deux échecs - ont eu lieu depuis l'Algérie puis Kourou entre 1965 et 1975 dans le cadre de ce programme. En parallèle, la France a également participé dès 1963 avec les Britanniques, les

Allemands et les Italiens, au projet de lanceur « Europa » en orbite basse. Toutefois, le besoin réel du marché des satellites, plus orienté sur l'orbite géostationnaire, ainsi qu'un certain nombre d'essais infructueux entre 1967 et 1971, ont rapidement mis fin à ce projet.

Dès 1973, pour des raisons économiques (partage du coût de développement, taille critique du marché des satellites d'application), la France abandonne le programme Diamant. Elle devient alors le principal contributeur du programme européen Ariane, dont l'agence spatiale européenne (ESA, European Space Agency) confie la maîtrise d'œuvre au CNES. Depuis le premier tir d'Ariane 1 en 1979, l'Europe a régulièrement progressé dans les performances atteintes par ses lanceurs (masse des satellites lancés, cadence, fiabilité) et Ariane 5 fait aujourd'hui figure de référence mondiale pour les lanceurs lourds, avec une série en cours de 72 lancements consécutifs réussis.

Au fil des programmes, l'industrie spatiale européenne est aussi devenue plus mature,

> LES CARACTÉRISTIQUES DES LANCEURS INTERNATIONAUX

	Europe	USA	Russia	Japan	India	China
GEO/GTO 36,000 km	 Ariane 5 10.5t, dual launch	 Delta IV 11.2t  Atlas V 6.8t  Falcon 9 5.5t	 Proton 6.3t	 H-II 5.6t	 GSLV 2.2t	 Long March-3 5.5t
MEO 22,000 km	 Soyuz	 Antares  Delta II	 Soyuz Rocket			 Long March-4 & 7
LEO 300-1,500 km	 Vega	 Pegasus  Minotaur	 Dnepr  Soyuz-2.1V	 Epsilon	 PSLV	 Long March-2, 6 & 11
2006-2016 launches	93	196	304	29	33	143
Failure rate (%)	1%	4.5%	7%	0%	12%	2%

> L'ÉVOLUTION DES LANCEURS « ARIANE »



ARIANE 1



ARIANE 2



ARIANE 3



ARIANE 4



ARIANE 5

DATE DU PROJET :

1973

1980

1982

1987

NOMBRE DE LANCEMENTS :

11, DE 1979 À 1986

17, DE 1984 À 1989

116, ENTRE 1988 ET 2003

98, DE 1996 À 2016

CHARGE UTILE :

1,85 T

2,18 ET 2,70 T

DE 2,1 À 4,95 T

DE 6,9 À 10,7 T

NOMBRE DE LANCEMENTS :

11, DE 1979 À 1986

17, DE 1984 À 1989

116, ENTRE 1988 ET 2003

98, DE 1996 À 2016

PRINCIPALES PARTICIPATIONS FINANCIÈRES :

FRANCE : 62,5%
ALLEMAGNE : 20,12%
BELGIQUE : 5%

FRANCE : 62,41%
ALLEMAGNE : 17,28%
ITALIE : 16,29%

FRANCE : 57 %
ALLEMAGNE : 18 %
ITALIE : 7 %
BELGIQUE : 5%

FRANCE : 46,2 %
ALLEMAGNE : 22 %
ITALIE : 15,0%
BELGIQUE : 6%

SOURCE : ARIANESPACE

permettant aux agences spatiales en Europe de lui déléguer progressivement davantage de responsabilités, comme l'illustre la nouvelle organisation pour le programme Ariane 6, dans un partenariat public-privé qui respecte les missions de chaque partie. D'un côté, les objectifs technologiques, les coûts financiers et les délais de réalisation et de livraison pour les agences auxquels il faut ajouter les contraintes du retour géographique pour l'ESA. De l'autre, les spécifications détaillées, l'organisation du projet tant sur le plan industriel qu'organisationnel pour les entreprises privées. C'est la répartition classique entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'ouvrage déléguée et maîtrise d'œuvre que l'on connaît bien pour tous les grands projets d'intérêt général. Depuis la décision ministérielle de décembre 2014, la création par les industriels d'une filiale dédiée, Ariane Safran Launchers (ASL)

va dans ce sens. Lancée en 2014, elle a été finalisée en juillet 2016 : constatons la longueur des délais européens pour cette mise en œuvre qui n'aurait pris que quelques semaines dans d'autres pays....

La France est aussi, après l'Italie, le deuxième contributeur financier au petit lanceur Vega dont les six premiers lancements ont été assurés et réussis depuis Kourou entre février 2012 et décembre 2015. Ce lanceur permet de lancer jusqu'à 2,3t en orbite basse et jusqu'à 1,5t en orbite polaire.

En parallèle, l'opérateur Arianespace a été créé en 1980 pour commercialiser les lanceurs Ariane auprès de clients autres que l'agence spatiale européenne. Il est aujourd'hui le premier opérateur commercial mondial avec 12 lancements en 2015 (6 Ariane 5, 3 Vega et 3 Soyuz, le tout depuis

Kourou) et reste bien placé à court terme pour conserver sa place de leader, en particulier grâce à une augmentation des cadences d'Ariane 5. Son offre est caractérisée par une gamme de lanceurs complémentaires et très fiables, qu'il s'agisse de la réussite des lancements ou du respect général des dates de tir planifiées, malgré un calendrier de lancement depuis Kourou aujourd'hui très serré.

Par ailleurs, une concurrence accrue des lanceurs américains a surgi, SpaceX en tête, largement

soutenue par des fonds publics, *via* des marchés protégés, des prix de vente majorés sur le marché domestique institutionnel (NASA, Département de la Défense...) permettant un dumping à l'export que l'Europe ne tolérerait pas de la part d'un de ses industriels et dont la compétitivité bénéficie d'une intégration industrielle dans un site unique. Elle risque de fragiliser la compétitivité d'Arianespace dans les années à venir, avec un coût d'Ariane 5 élevé dans ce contexte. Cela rend la tenue des délais pour la réalisation d'Ariane 6 d'autant plus impérative.

LE CENTRE SPATIAL GUYANAIS



Le centre spatial guyanais (CSG) à Kourou a été mis en service en 1968. Les infrastructures existantes, l'expérience acquise avec plus de 250 lancements, la synergie entre les différents lanceurs qui y sont tirés et sa position géographique favorable permettent à la France de fournir à l'Europe une solution autonome d'accès à l'Espace de premier rang. Kourou met ainsi à la disposition de l'Europe une capacité de lancement fiable, proche de l'équateur, dans une zone peu soumise aux catastrophes naturelles, avec des façades maritimes au nord et à l'est limitant les risques de retombées de débris sur des populations. Le CSG a été l'unique site de lancement pour la famille de lanceurs Ariane et trois lanceurs sont aujourd'hui régulièrement tirés depuis Kourou : Ariane 5, la fusée sous maîtrise d'œuvre italienne Vega depuis 2012 et le lanceur russe Soyuz depuis 2011. L'ESA s'appuie depuis 1973 sur le CSG pour garantir un accès indépendant à l'espace. Le CSG est le site de lancement désigné pour les prochaines versions Ariane 6 et Vega-C à partir de 2020. Afin d'amortir leurs coûts de fonctionnement et d'investissement, les moyens du site sont aussi exploités depuis 1980 par l'opérateur Arianespace sur le marché commercial des services de lancement.

1700 personnes travaillent aujourd'hui en continu au CSG (32 % d'ingénieurs et cadres, 51 % de techniciens), issues à 75 % du bassin d'emploi local, contre moins de 20 % à sa création. On considère que le CSG représente 20 % du PIB de la Guyane et un pourcentage équivalent des emplois directs et induits. Ces travailleurs résidents du CSG sont employés par une quarantaine d'entités publiques ou industrielles. Le CNES est le premier employeur

avec un peu plus de 280 salariés. Les industriels, qui contribuent directement à l'intégration finale des lanceurs et à la préparation des lancements, sous la conduite d'Arianespace, apportent aussi le soutien nécessaire à la mise en œuvre des nombreux moyens présents. Les principaux employeurs industriels sont Cegelec (173 personnes) et Telespazio (139 personnes). Parmi les autres sociétés bien représentées, on trouve Regulus, Arianespace, MT Aerospace, Air Liquide et Vitrociset.

Etabli sur 700 km², soit 1 % de la superficie de la Guyane et 40 km de bande côtière, le CSG comprend plusieurs types d'installations :

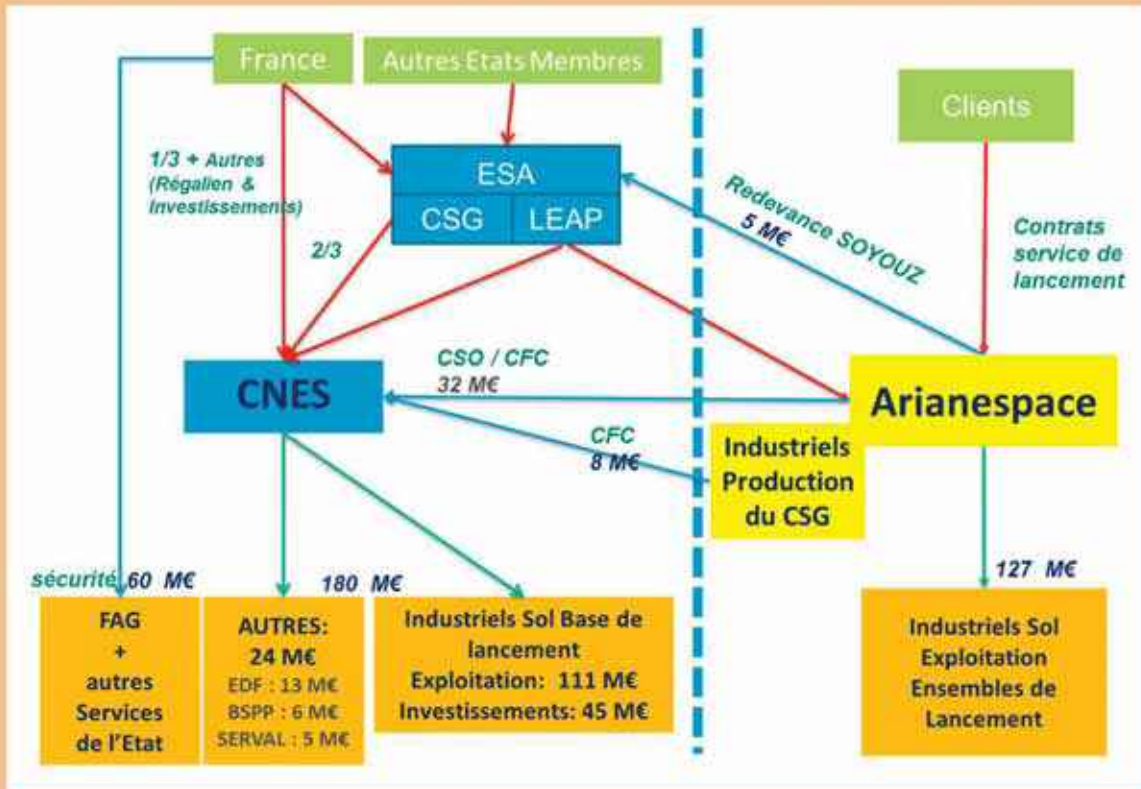
- des ensembles de lancement exploités par Arianespace, d'où décollent les lanceurs et qui incluent leurs bâtiments d'intégration finale,
- des bâtiments de préparation des satellites exploités par le CNES où les clients du monde entier préparent leurs satellites,
- des moyens techniques de suivi de la trajectoire des lanceurs, antennes radar et de télémétrie, stations météorologiques et de télécommunications ainsi qu'un port d'accueil des éléments de lanceurs et satellites sur le fleuve Kourou,
- des usines de production des étages et du carburant des lanceurs,
- des stations de commande et de réception des satellites, comme celle qui est utilisée pour la constellation Galileo.

Il ressort des entretiens conduits à Kourou que le centre spatial guyanais a un **coût global estimé à environ 393M€ par an**. L'essentiel de ce montant est dédié aux contrats industriels locaux (307M€). Arianespace y contribue pour 127M€, pour des

travaux qui correspondent à l'exploitation et à l'entretien des moyens industriels de lancement. Le CNES finance ces contrats locaux à hauteur de 180M€, d'une part pour le maintien et l'exploitation des moyens communs de la base de lancement (135M€, auxquels l'ESA contribue largement) et d'autre part pour l'ensemble des investissements réalisés au CSG pour les traitements d'obsolescence

ou les rénovations de moyens existants (45M€). En plus des contrats industriels, le coût associé aux ressources humaines du CNES au CSG est estimé à environ 26M€. Dans un rapport du 29 juin 2012, la Cour des comptes évaluait enfin à 60M€ la contribution additionnelle de la France liée à la sécurité du site (Forces armées, renseignement, services de police et gendarmerie, service de l'Etat...).

> RECONSTITUTION DES FLUX FINANCIERS POUR LE CSG



SOURCE : ARIANESPACE



1 -

Des enjeux de souveraineté pour l'Europe

Le maintien d'un accès autonome à l'espace est pour les Européens un enjeu majeur à plusieurs titres. D'abord, parce que cette autonomie est stratégique pour les besoins régaliens, notamment pour la défense et la sécurité : une éventuelle dépendance de lanceurs étrangers pourrait conduire à des coûts prohibitifs, à des délais non maîtrisés, à des contraintes opérationnelles fortes imposées par le pays lanceur, voire à des manipulations indésirables des satellites avant lancement. Ce sont aussi les acteurs commerciaux européens qui pourraient pâtir de la nécessité de lancer leurs charges utiles hors d'Europe : qui garantirait alors l'équité de traitement avec des opérateurs concurrents issus de ces pays ? Parmi les conditions d'accès au lanceur américain Delta, la NASA interdisait par exemple en 1974 à la France et à l'Allemagne de commercialiser les capacités du satellite de télécommunications Symphonie afin de protéger l'opérateur américain Intelsat. C'est ce qui avait à l'époque conduit l'Europe au lancement du programme Ariane.

Ces grands programmes spatiaux contribuent ensuite directement au développement économique de l'Europe, en assurant des investissements d'avenir dans des filières technologiques de pointe et en permettant ensuite la diffusion de ces innovations à des applications dans des secteurs très diversifiés de l'industrie et des services associés. Enfin, ils entretiennent des vocations scientifiques chez les jeunes, dans un contexte où celles-ci ne cessent de reculer, appauvrissant d'autant notre compétitivité.

Enfin, dans une période de scepticisme européen, le programme Ariane représente un formidable argument politique en faveur de l'Europe, car il fédère des initiatives autour d'un projet commun

> ANALYSE ESA DES IMPACTS ÉCONOMIQUES DU PROGRAMME ARIANE 5

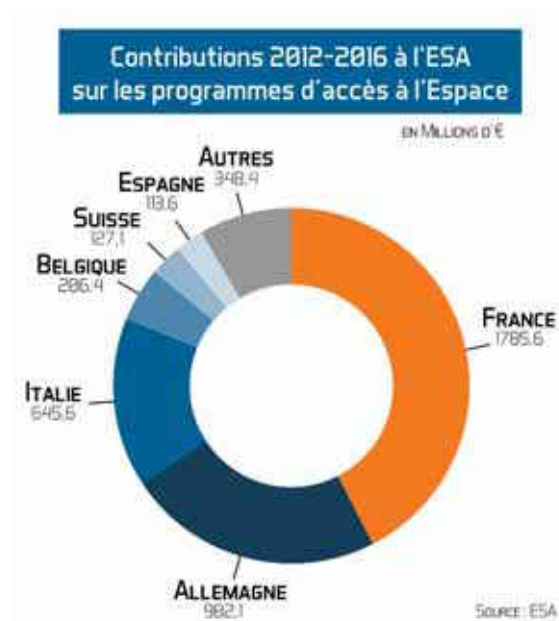
Dans une étude réalisée en 2014 avec un cabinet de conseil indépendant, l'ESA a tenté d'évaluer les impacts socio-économiques des programmes Ariane 5 et Vega. Cette étude d'impact a été réalisée au niveau européen, avec les retombées économiques et industrielles associées aux investissements réalisés entre 1988 et 2012 sur les deux programmes de lanceurs.

Prenant en compte à la fois des effets directs (emplois, impôts) et indirects (organisation industrielle, recherche, image commerciale, nouveaux marchés), ainsi que les effets induits sur la Guyane, l'étude concluait à un impact positif du programme de développement d'Ariane 5 sur l'économie. Entre 1988 et 2012, **la valeur ajoutée brute totale** pour l'ensemble des pays membres a en effet été **estimée 2,2 fois supérieure aux investissements correspondants à l'ESA.**

qu'aucun des pays européens ne pourrait envisager seul. Forte de son accès fiable à l'espace, l'Europe est aussi un interlocuteur crédible face aux Etats-Unis, à la Russie, à la Chine ou à l'Inde, ce qui lui permet d'envisager des coopérations plus équilibrées dans le domaine des sciences fondamentales et de l'exploration, qu'elle ne pourrait mener seule à bien.

Pour toutes ces raisons, l'accès à l'Espace n'est pas une fin en soi, mais bien un socle sur lequel les initiatives européennes dans le domaine spatial peuvent être construites de façon durable et la plus compétitive possible. Cette notion est régulièrement portée et défendue par la France au sein de l'Union européenne. Dès 2012, l'objectif de **préférence européenne** a été exprimé par la Ministre française de l'enseignement supérieur et

la recherche, en charge du spatial, puis rappelé lors de la Ministérielle de décembre 2014 et tout au long de sa préparation, ce qui a permis d'arriver à un accord convergent. Le rôle moteur joué par la France s'explique par son investissement constant dans le spatial depuis plus de cinquante ans. La France (46,9 %), l'Allemagne (22,1 %) et l'Italie (10,3 %) représentent ensemble environ 80 % de l'effort collectif européen sur Ariane 6 et Vega-C.



2 -

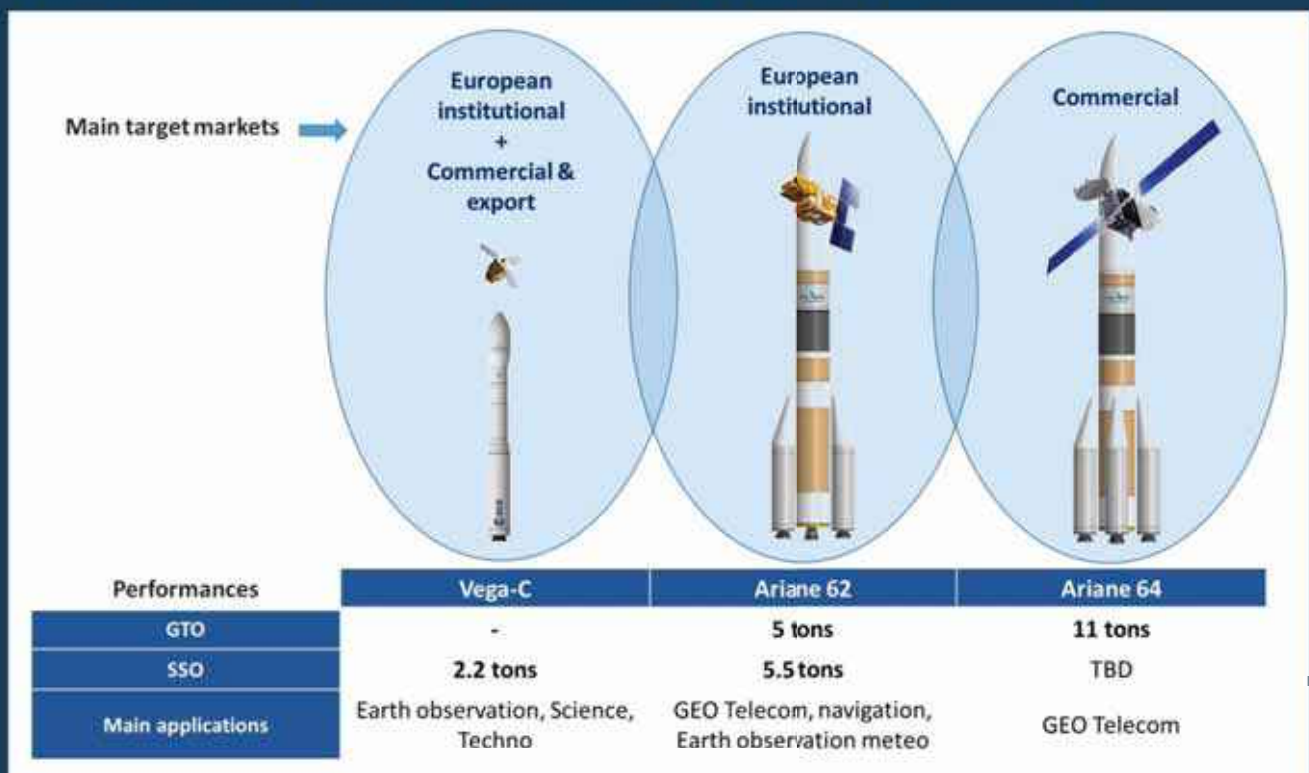
Ariane 6 et Vega-C, au cœur de la stratégie européenne

Cette autonomie a toutefois un coût élevé, qui ne peut être que partiellement supporté par les Etats membres. C'est précisément la raison d'être d'Arianespace, dont la mission consiste à trouver d'autres clients - états non européens, opérateurs privés - pour tenir des cadences élevées et répartir les coûts fixes sur le plus grand nombre possible de lancements. Ce modèle s'est trouvé fragilisé par les nouvelles ambitions des Etats-Unis et de la Chine - voire de l'Inde - pour leurs programmes spatiaux et le développement de nouveaux acteurs très fortement subventionnés bénéficiant d'un marché domestique captif et protégé dopant leur compétitivité à l'export. Pour cette raison, la décision prise à la ministérielle de l'ESA fin 2014 de renouveler dès 2020 la gamme de lanceurs européens avec Vega-C, Ariane 62 et Ariane 64 était cruciale, sous peine de voir l'Europe sortir du

jeu. Il faut toutefois souligner que l'engagement financier français pour ce nouveau lanceur n'a pas permis à notre pays d'investir autant que souhaitable dans les satellites et les services associés, notamment dans les télécommunications, le privé ainsi d'emplois et de valeur ajoutée. Ce point sera précisé plus loin dans le rapport.

L'Europe a fixé les conditions du maintien de son autonomie d'accès à l'Espace, avec des objectifs très ambitieux pour Ariane 6 : son coût devra être moindre que celui de Soyuz et comparable avec les prix du Falcon 9 pratiqués par l'Américain SpaceX. Il s'agit d'une réduction de 50% du coût par rapport à Ariane 5, visant ainsi l'autofinancement complet des lancements. Pour y parvenir, la cadence de tirs doit être augmentée, pour atteindre 11 par an, tout en

> COMPLÉMENTARITÉ DES LANCEURS VEGA-C ET ARIANE 6



conservant le niveau de fiabilité qui fait d'Ariane 5 le numéro 1 mondial du domaine. Cet objectif ne pourra être atteint que si les acteurs institutionnels européens favorisent Ariane 6 pour leurs propres lancements¹, comme le font aujourd'hui la Chine, la Russie ou les Etats-Unis. Cette préférence européenne, maintes fois discutée à l'initiative de la France dans les réunions préparatoires des ministérielles de l'ESA, n'a malheureusement jamais été actée ou formalisée officiellement, que ce soit par les Etats-membres de l'ESA ou par la commission européenne (la doxa de la Direction Générale de la concurrence, qui défend une position ultra-libérale, l'interdit par principe sauf à classer le spatial, comme la défense, dans les secteurs de souveraineté, en dehors des biens ordinaires). C'est pourtant une décision indispensable à la compétitivité des lanceurs européens. L'ambition de réduction des prix rencontre une autre limite, celle de l'application par l'ESA du juste retour industriel géographique pour les programmes spatiaux, au prorata du montant investi par les pays-membres. Dans son application au programme Ariane 6, ce principe limite de fait les capacités d'intégration industrielle et réduit objectivement les conditions de compétitivité par rapport au modèle californien très intégré de SpaceX. L'impact sur le coût de sortie du lanceur de cette répartition sur plusieurs sites industriels

n'a pas fait l'objet d'études argumentées, mais le surcoût induit est estimé à environ 10 % par plusieurs des interlocuteurs rencontrés pendant la mission.

L'Agence Spatiale Européenne doit se prononcer mi-septembre sur la poursuite ou non du programme Ariane 6, dans le cadre du jalon de « Programme Implementation Review ». Les industriels ont présenté en juin 2016 la maturité des choix de conception et d'industrialisation retenus. Pour Airbus Safran Launchers, la capacité à tenir les objectifs initialement fixés, dans le respect des coûts et des délais, est confirmée. Les visites réalisées dans le cadre de cette mission aux Mureaux, à Brême, à Kourou ou à Rome ont également permis de se rendre compte de la volonté commune à l'ensemble des acteurs de relever ce défi.

Comme nous l'avons vu dans cette première partie, le socle de lanceurs est indispensable pour assurer une base solide et compétitive à l'ensemble de la filière spatiale française et européenne. La France joue un rôle central dans ce domaine. C'est la raison pour laquelle le premier chapitre de ce rapport lui est consacré. C'est aussi ce qui explique l'investissement prioritaire de notre pays dans le financement du nouveau lanceur ainsi que des adaptations nécessaires du centre spatial guyanais, dans le cadre de ses



¹ avec un nombre minimal de tirs qui est évalué par Arianespace à 5 Ariane 62 par an.

contributions aux ministérielles de Naples puis de Luxembourg. Cet engagement se poursuivra jusqu'à la réalisation d'Ariane 6 en 2020 : encore une fois, cet investissement de la France était nécessaire, même s'il est deux fois plus important que celui de l'Allemagne. En contrepartie notre pays, berceau d'Ariane, bénéficie de retours au prorata et de l'irrigation de sa filière duale.

Toutefois, ce niveau d'engagement dans le lanceur réduit notre capacité d'action dans l'aval de la filière, alors que les Britanniques d'abord et les Allemands ensuite progressent plus vite que nous dans le domaine des satellites de télécommunications par exemple,

qui représentent le marché d'application le plus mature et le plus rentable. Nous devons donc, c'est en partie l'objet de ce rapport, réduire puis rattraper notre retard et imaginer de nouveaux services, de nouvelles applications pour les télécommunications, l'observation de la terre, la surveillance et de nombreux secteurs d'activité publics ou privés. Tous ces secteurs sont fortement impactés par la révolution numérique et le spatial génère lui-même un grand nombre de données, les métadonnées, qu'il nous faut transformer en données intelligentes (« smart data ») et accessibles au plus grand nombre, en dehors bien entendu des données confidentielles liées à la défense et à la sécurité.



CHAPITRE 2

LE SPATIAL : ACTEUR MÉCONNU DE LA
RÉVOLUTION NUMÉRIQUE

Introduction

Le spatial est un acteur méconnu du digital, alors même qu'avec la santé, il est l'une des principales sources de données utiles dans bien des domaines. Qui sait que c'est en s'appuyant en grande partie sur des données fournies par les satellites que 2500 scientifiques du monde entier ont confirmé lors de la COP 21 en décembre dernier, avec un niveau de certitude supérieur à 95%, la responsabilité de l'activité humaine sur le réchauffement climatique ? Qui sait que les vols habités ont fait progresser la compréhension de maladies cardiaques ou d'ostéoporose que l'on traite désormais mieux, grâce aux informations recueillies lors de missions d'astronautes dans l'espace ? Qui sait qu'une étude américaine récente a démontré que, sans satellites, le chaos s'installerait sur notre planète en moins d'un

mois ? En effet, l'espace non seulement fournit des données mais il contribue aussi à leur régulation : de la mobilité des trains, des flottes de véhicules, des transactions financières... La liste des cas d'usage est longue et diverse mais fait apparaître des constantes : une énorme quantité de données, la révolution induite par le numérique en termes de miniaturisation, avec des performances accrues avec une moindre consommation d'énergie, la croissance exponentielle de la puissance de calcul ... et surtout le changement culturel amené par les nouveaux acteurs du digital, qui s'adressent directement à l'utilisateur final et modifient en profondeur et de façon irrévocable le monde du spatial.

1-

Développement des communications et des flux de données au cœur de l'évolution de la société

Quatre-vingts ans après la mise au point du premier ordinateur et quarante ans après l'invention d'internet, nous entrons dans l'âge de la donnée : le nombre de données créées par an double tous les deux ans et atteindra 44 Zo¹ en 2020, c'est-à-dire quarante-quatre mille milliards de milliards d'octets. Nous sommes les témoins et les acteurs d'une révolution des relations humaines en général et du monde économique en particulier : nous ne communiquons plus comme avant, nous ne travaillons pas comme avant, nous ne créons pas comme avant, nous ne fabriquons pas comme avant et ce changement ne fera que s'accélérer. Il faut donc s'y préparer.



La révolution numérique est une réalité quotidienne. Elle permet la globalisation des échanges - le citoyen français est un habitant du village mondial - et multiplie notre capacité individuelle à participer aux initiatives publiques locales, régionales, mondiales. Les objets du quotidien, reliés entre eux et au réseau, deviennent autonomes ou peuvent faciliter notre prise de décision : on estime que le nombre d'objets connectés va passer de 20 milliards en 2013 à 32 milliards en 2020². C'est l'IOT, l'internet des objets, qui démultiplie la collecte et la transmission de l'information et génère l'explosion des données disponibles.

L'utilisation de ces données est une opportunité de croissance et bouleverse l'ordre économique établi. D'une part, elle est le socle de la nouvelle révolution industrielle, l'usine du futur (fabrication additive³, production décentralisée, révolution de l'interaction homme-machine et robots collaboratifs, les « cobots », internet des objets industriels, etc.). D'autre part, en supprimant les intermédiaires, l'économie du partage et l'économie collaborative rebattent les cartes, transforment chaque citoyen en entrepreneur, financeur, développeur et permettent de décloisonner les expertises.

Ainsi, la société EMC publiait dès 2012 une infographie intitulée « les données sont le nouvel or noir » reproduite ci-dessous, ce que tendent à corroborer les chiffres actuels : le marché des méga données (big data) a crû de 23,5 % en 2015 et devrait passer de 18,3 Md\$ en 2014 à 92,2 Md\$ en 2026, soit une augmentation de 14,4 % par an⁴.

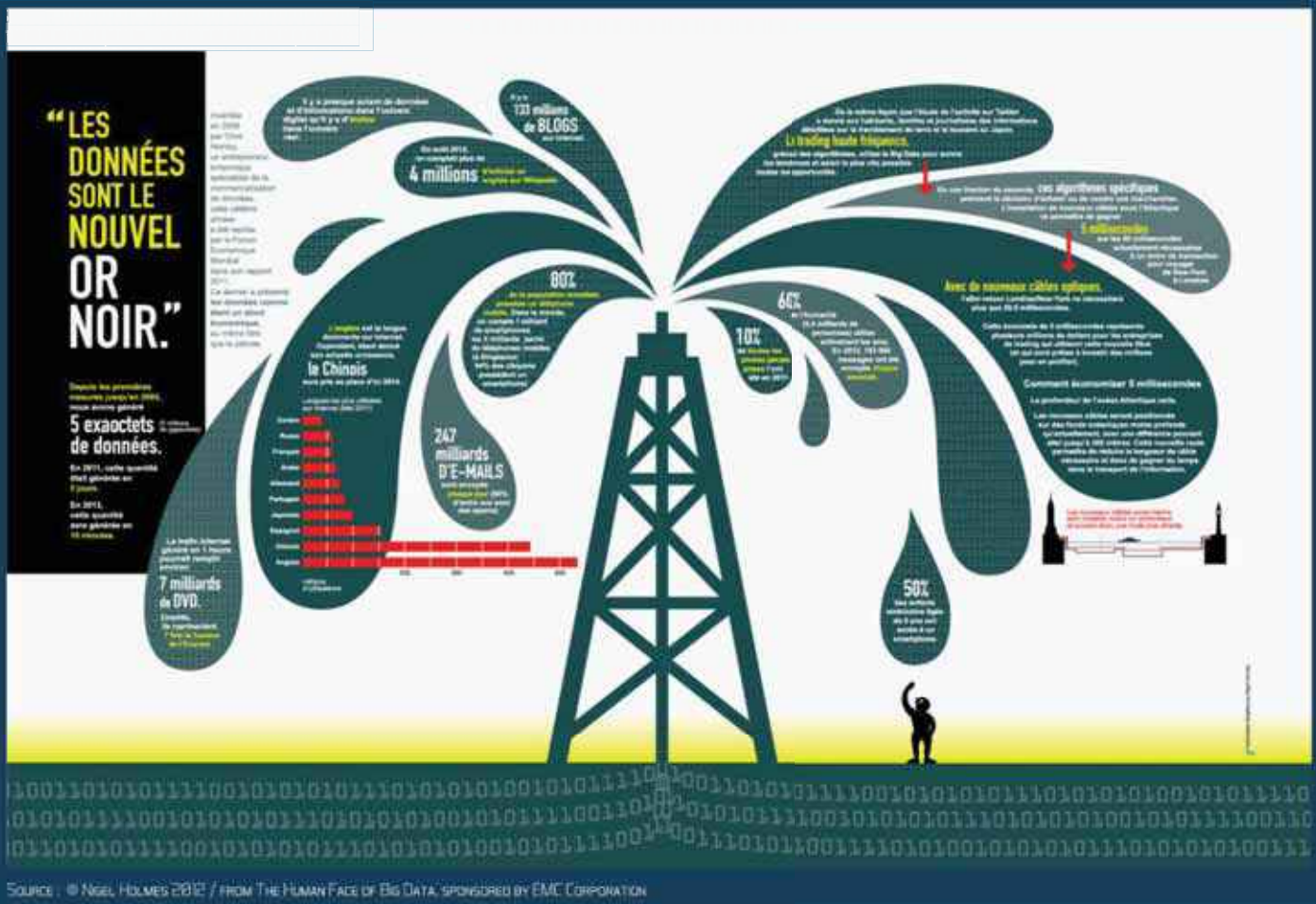
¹ Source IDC, 2014

² Source IDC, 2014

³ La fabrication additive, ou impression 3D, est un procédé de fabrications par ajout de matière, souvent par couche successives,

contrairement à l'usinage par exemple, qui procède par retrait de matière.

⁴ source Wikibon, 2016



Enfin, la transition numérique sera, dans les années à venir, le pilier incontournable du développement durable, celui qui « répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs »¹ : optimisation des intrants dans l'agriculture, révolution de la mobilité, inclusion des territoires, etc. Le Conseil national du numérique et l'initiative Transition, plate-forme collaborative qui relie transition écologique et transition numérique, rappellent dans leur appel à engagement « Pour une convergence des transitions écologique et numérique » que le numérique permet l'articulation des échelles (« penser global, agir local ») et l'implication du plus grand nombre dans

des mouvements citoyens et politiques, offrant les outils nécessaires au développement de la conscience écologique. Le Massachusetts Institute of Technology (MIT) a lancé l'initiative Climate CoLab, une plate-forme de discussion en ligne où 50 000 contributeurs de tous horizons géographiques, techniques et sociaux travaillent ensemble pour sélectionner les meilleures propositions pour résoudre les problèmes à l'origine du changement climatique.

¹ Notre avenir à tous (Our Common Future), 1987, Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation

des Nations unies (présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland)

2 -

Les applications issues des données spatiales

Dans ce contexte de transition numérique, le spatial est un pourvoyeur de données d'importance croissante (voir focus page suivante) et les données spatiales se conjuguent au big data des données purement terrestres : par exemple, sur les 50 variables climatiques essentielles à la compréhension du climat, 26 sont observées depuis l'espace.

De manière générale, les données spatiales sont de quatre types : observation, positionnement, télécommunications, science.

Les données d'observation de la Terre et de son atmosphère servent de base aux services de prévision météo et de cartographie, mais aussi de surveillance des risques naturels, climatiques et environnementaux, d'aide aux populations en détresse, de surveillance des frontières et de défense.

Les données de télécommunications, transitant par un satellite dédié, permettent d'avoir accès aux réseaux de télévision, téléphonie ou internet à partir d'un récepteur individuel. Depuis quelques années, les systèmes de télécommunications satellitaires se positionnent comme le complément des solutions très haut-débit terrestres. Ils sont les mieux placés pour apporter une réponse à la fracture numérique sur les zones blanches, territoires dépourvus d'une connectivité suffisante et qui ne pourront pas être connectés dans un futur proche, en tout état de cause pas dans les délais de la couverture numérique en très haut débit dont le déploiement dans notre pays est prévu en 2022 (cf. Chapitre 3).

Les données de positionnement sont en général issues des constellations de satellites GNSS (Global Navigation Satellite System - système global de navigation par satellite) telles que le GPS américain et bientôt Galileo, GNSS mis en place par l'Union européenne pour des raisons d'autonomie vis-à-vis du GPS.

Les GNSS sont en passe de devenir les systèmes satellitaires les plus usités : largement utilisées pour la localisation de tout type de véhicule (terrestre, maritime, fluvial ou aérien), pour des applications civiles comme militaires, les données GNSS sont à l'origine des LBS (Location Based Services), qui offrent des services applicatifs personnalisés utilisant les données de localisation des smartphones. Les signaux GNSS comportent également une information extrêmement précise et fiable sur l'heure, la mesure du temps étant à la base de la mesure de la position. Ils sont également universellement utilisés pour synchroniser des réseaux numériques tels que les systèmes bancaires, les réseaux de télécommunications ou de distribution de l'énergie. La mise en service de la constellation européenne Galileo va répondre à des besoins toujours plus grands de précision, de fiabilité et de redondance.

Enfin, **les données issues des missions scientifiques et d'exploration** regroupent toutes les informations d'intérêt fondamental qui nous permettent d'explorer les lois de la physique et/ou de comprendre notre univers plus ou moins lointain : composition d'une comète, environnement martien, structure des trous noirs, découverte d'exoplanètes, etc.

LE VOLUME DE DONNÉES SPATIALES



Observation de la terre

- ✓ L'archive des données d'observation de la Terre à l'ESA s'élèvera à 20 Po (petaoctet) en 2020, ce qui correspond à l'information que l'on pourrait stocker dans 4 millions de DVD.
- ✓ Copernicus générera 13 To/jour soit 5Po/an.
- ✓ L'archive liée aux satellites Spot (depuis 1985, de Spot 1 à Spot 5) représente 30.000.000 de scènes et un volume d'environ 15 Po, avec une moyenne de 500 Mo par scène.

Télécommunications

- ✓ *Service Télévision* : par exemple, Eutelsat hot Bird 13 ° offre à 138 millions de foyers l'accès à 1100 chaînes de télévision (plus de 600 chaînes de télévision payantes, près de 500 chaînes gratuites et plus de 180 chaînes de TVHD).
- ✓ *Service haut-débit par Satellite* : par exemple, Tooway de KaSat (Eutelsat) est en mesure de connecter un million de foyers, ce qui représente la population estimée en zone dite blanche en France, avec des débits pouvant aller jusqu'à 22 Mb/s en réception.

GNSS

- ✓ Une base estimée de 5 milliards d'équipements GNSS en 2016 à travers le monde (rapport GSA sur le marché des GNSS).
- ✓ Le signal GPS est émis en continu à 50 bits/s par les 24 satellites de la constellation et chaque équipement traite le signal en provenance de 4 satellites. Ainsi, si 10% des équipements GNSS sont en fonction, 100 Go de données GNSS sont traitées toutes les secondes.

Source : CNES

Les moyens, signaux et données spatiales ont aujourd'hui une importance stratégique dans des domaines d'applications très variés, de la compréhension de notre univers à des applications très concrètes. On pense bien sûr aux services de prévision météorologique - en France, les satellites fournissent 93 % des données utilisées dans le modèle Arpège de Météo-France - ou de télécommunications, grand public ou dédiés à une catégorie de population. Mais les visites et échanges réalisés dans le cadre de la mission ont permis d'identifier quelques autres exemples d'utilisation quotidienne par le grand public, les entreprises privées ou les pouvoirs publics.

Le développement durable, un secteur porteur pour les services satellitaires

Le développement durable est un des axes de développement des applications satellitaires le plus prometteur en termes de croissance économique et de retombées sociétales.

■ Un outil pour la lutte contre le réchauffement climatique

Les grands programmes nationaux et internationaux satellitaires offrent aux acteurs un nombre de données de qualité croissante, permettant de suivre notamment les effets du réchauffement climatique. Ainsi, le programme français **MicroCarb**, mis en avant lors de la COP 21, a pour principal objectif de cartographier les sources (lieu d'émission) et puits (lieu d'absorption) de CO₂ et de méthane, principaux gaz à effet de serre d'origine anthropique. Cette mission prévoit le lancement d'un micro-satellite à 650km d'altitude en 2020. L'instrument optique de MicroCarb sera réalisé par Airbus Defence and Space. De même, le suivi de la calotte glaciaire, qui est un indicateur précis du réchauffement global, a été adressé par plusieurs missions, dont le satellite de mesure environnementale **ENVISAT** jusqu'en 2012, puis le satellite dédié **CryoSat** à partir de 2010, tous

deux issus de programmes de l'ESA. Le programme européen **Copernicus** prévoit également des moyens de suivi des banquises et de l'environnement arctique, la détection de glissements de terrain, la cartographie des forêts, etc. Ce sera la mission des satellites **Sentinel 1A**, opérationnel depuis 2014 et de son jumeau **Sentinel 1B**, lancé en avril 2016. Fruits de collaborations entre le CNES et la NASA, le programme JASON, dont le satellite **JASON 3** a été lancé en janvier 2016, permet de suivre le niveau des océans tandis que le programme **SWOT**, sur lequel travaillent la NASA, le CNES, l'UKSA et la CSA¹, permettra de mesurer le niveau des bassins hydrologiques avec un lancement prévu en 2021.

Certaines entreprises se positionnent alors pour offrir aux secteurs traditionnels des services qui reposent notamment sur les données fournies par ces grands programmes. ACRI-ST, PME basée à Sophia-Antipolis, a par exemple développé pour l'ESA la **plate-forme GlobTemperature (ESA DUE)**, qui permet aux utilisateurs d'avoir accès à des données de températures de surface dans un format harmonisé, afin de favoriser l'adoption de ces données par le plus grand nombre d'utilisateurs, académiques ou entreprises. SIRS, société basée à Villeneuve d'Ascq, réalise un outil haute résolution de suivi opérationnel des zones de forêt dans le cadre de Copernicus. I-SEA, start-up basée à Mérignac près de Bordeaux, propose des solutions innovantes d'observation et de gestion du littoral. Enfin, les services proposés par CLS, filiale du CNES et de l'IFREMER qui opère le système satellitaire des **balises ARGOS**, comprennent notamment le suivi des populations d'animaux en voie de disparition (tortues marines de Martinique, de Guyane ou lynx d'Europe).

■ Les services pour la mobilité

Au-delà des services de positionnement offerts par les **constellations GPS et bientôt Galileo**, les applications pour faciliter la mobilité aérienne, terrestre ou maritimes sont nombreuses.

Par exemple, Atmosphere est une PME de la banlieue Toulousaine qui développe des systèmes de service de données météo-

¹ Agence spatiale canadienne

rologiques spécialisés pour l'aviation légère : cela permet, en temps réel, d'offrir des mises à jour de prévisions et de dangers météorologiques et de prévenir les autres pilotes doté du système d'éventuels orages. Imajing, PME située dans la banlieue de Toulouse, met à disposition des gestionnaires de réseau de transport un boîtier léger et universel, qui s'installe sur un véhicule en moins de deux minutes et permet de cartographier les voies et de mettre à jour l'ensemble de leurs données terrain. Grâce au radar satellitaire, CLS a développé des services de surveillance de zones maritimes d'intérêt stratégique, de détection de zones d'icebergs, de détection et de suivi de nappes de pétrole en mer.

■ Les services pour l'agriculture de précision

Actuellement, **plus de 30 % des images satellitaires sont utilisées pour l'agriculture au sens large** (production agricole, forêt et gestion de l'eau) : elles permettent notamment de caractériser les sols agricoles et de suivre l'évolution des cultures. Ces services permettent de développer l'agriculture de précision - jusqu'au tracteur connecté - soutenue par le ministère de l'agriculture et partie prenante de l'agro-écologie, qui favorise une production de qualité, ayant subi le moins de traitements possibles par les intrants.

TerraNIS, start-up située à Ramonville près de Toulouse, est spécialisée dans la conception, le développement et la commercialisation de services de géo-information dans les domaines de l'agriculture et la viticulture de précision. Elle fournit notamment des cartes aux agriculteurs leur permettant de piloter leurs pratiques et d'optimiser l'usage des intrants afin d'améliorer leur rentabilité et des cartes de développement de la vigne en « temps réel », notamment entre la fermeture des grappes et la véraison.

Farmstar est un service, né d'un partenariat entre Airbus Defence and Space et les instituts techniques Arvalis et Terres Inovia, qui offre aux 18 000 agriculteurs abonnés une gamme complète d'informations et de conseils sur l'état des cultures pour permettre notamment la modulation des apports en produits phytosanitaires.

Un atout pour la protection des populations

■ Sécurité et défense

Au-delà des télécommunications sécurisées - le consortium Thales Alenia Space (65 %) et Airbus Defence and Space (35 %) a été sélectionné pour livrer le système satellitaire de télécommunications militaires COMSAT NG à partir de 2020, en remplacement des Syracuse III - le domaine Sécurité et Défense s'appuie sur toute la palette des technologies satellitaires. A titre d'exemple, en observation de la Terre, Geo4I, basée dans l'Oise près de Creil, est spécialisée dans la géo-intelligence, qui constitue un avantage stratégique dans la planification et la gestion des crises humanitaires, sécuritaires ou environnementales. Le programme Trimaran - et bientôt Trimaran 2, le contrat venant d'être renouvelé - associe Airbus Defence and Space et Telespazio pour offrir un service de surveillance satellite à la Marine nationale française. Dans le domaine de la géolocalisation, on peut par exemple citer NavoCap, une PME située à Merville, près de Toulouse, qui a notamment développé pour le compte de la Défense le système OPANAS (Operational Parachute navigation system), système d'aide à la navigation pour les parachutistes effectuant des vols discrets à haute altitude et conçu pour résister aux environnements militaires.

■ La surveillance d'infrastructures sensibles

L'information satellitaire permet une surveillance évolutive de l'ensemble des zones du globe, notamment des zones d'intérêt distantes, vastes ou difficiles d'accès (haute mer, montagne ou pays hostiles notamment). Airbus Defence and Space a ainsi développé GO MONITOR, service en ligne destiné à la surveillance de zones stratégiques. Basé notamment sur les images des satellites d'observation optique SPOT, il permet d'avoir accès à des images fiables et récentes - le temps entre 2 revisites est garanti - et d'être alerté en cas de changement d'activité. En association avec l'Office National des Forêts, Airbus Defence and Space a d'ailleurs

adapté son service pour la surveillance des forêts du globe, à destination des grandes exploitations forestières.

Le grand Paris a, quant à lui, fait appel à Altamira, filiale de CLS, pour surveiller les effets de la construction d'un tunnel en zone très dense sur le niveau du sol francilien, des bâtis et des infrastructures à 1 km de distance avec une précision millimétrique, afin de pouvoir prendre au plus vite des mesures correctives le cas échéant.

■ La gestion des risques naturels

Si les risques naturels peuvent être anticipés grâce aux données satellitaires - le radar peut par exemple surveiller le gonflement du sol autour d'un volcan - ces dernières permettent aussi de limiter les effets sur une population lorsque le risque est advenu : l'imagerie satellite a ainsi permis à l'aviation civile de suivre le panache du volcan Eyjafjöll et d'en limiter les conséquences économiques, évaluées à plus d'un milliard d'euros de pertes commerciales.

La charte Espace et Catastrophes majeures a été mise en place en 2000 par le CNES et l'ESA pour répondre à cet enjeu : lorsqu'elle est actionnée par un pays signataire, l'ensemble des partenaires de la charte programment en urgence les satellites dont ils disposent pour fournir les images satellites du théâtre de la catastrophe et permettre aux secours de s'organiser. Les dix agences spatiales signataires de la charte disposent d'un réseau de 25 satellites. Des instituts spécialisés dans la cartographie rapide, comme le SERTIT à Strasbourg, les traitent pour en faire des cartes exploitables par la sécurité civile et disponibles en 24 heures. Ainsi, lors du tremblement de Terre de Haïti en 2010, quand l'intégralité des moyens de communication sur place étaient coupés, les images transmises ont permis d'orienter les secours vers les zones les plus sinistrées, vers les points d'eau potable et par les voies les moins endommagées. Plus récemment, Altamira, filiale de CLS, a fourni des images d'interférométrie radar afin de mesurer le déplacement des plaques provoqués par le séisme qui a eu lieu au Népal le 25 avril 2016 et d'évaluer les risques de glissement de terrain. A l'heure où nous écrivons ce rapport, elle a été activée pour la dernière fois afin de pouvoir

évaluer l'évolution des feux de forêts qui ont sévi en Sibérie en juin dernier.

Il existe également des entreprises qui fournissent des services de gestions des risques : Predict Services par exemple, filiale commune d'Airbus Defence and Space, Météofrance et BRL (compagnie d'aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc), localisée près de Montpellier, est spécialisée dans l'assistance à la gestion des risques hydrométéorologiques comme les inondations, les tempêtes, les fortes chutes de neige ou la submersion marine. Predict Services a développé un service préventif et assiste 20 000 collectivités et 250 000 entreprises françaises ainsi que les particuliers depuis 2015.

Dans le futur...

Les développements technologiques actuels permettent d'envisager, dans un avenir prochain, le lien entre l'infrastructure satellitaire et les domaines de l'internet des objets, de la télémédecine, de la pédagogie numérique ou des véhicules autonomes. D'autres applications, que nous ne prévoyons pas encore, apparaîtront dans les années à venir, tirées par les besoins sectoriels (*uses pull*). La France, qui conjugue de nombreux domaines d'excellence, peut et doit être motrice dans ce changement.

3 -

Quelles spécificités de la donnée spatiale ?

Les données spatiales, éléments complémentaires pour un système d'information global

Indispensables pour tous ces domaines applicatifs, les données satellitaires se conjuguent aux données d'origine terrestre : réseau physique ou hertzien pour les télécoms, station de mesure in situ pour la météo et la surveillance de l'environnement, drones pour l'observation de la Terre, etc. Leurs spécificités permettent de répondre de façon complémentaire à plusieurs défis de l'économie numérique :

- elles permettent de conjuguer une vision globale - un satellite géostationnaire « voit » un tiers du globe - et une vision locale puisque la résolution des données spatiales peut descendre en dessous du mètre¹,
- l'égalité des territoires à l'échelle d'un pays face à la donnée spatiale ouvre l'accès des services de communication pour les zones isolées, autorise la surveillance des zones inaccessibles et la continuité de service en mobilité : à l'échelle d'un pays, il n'y a pas de zone blanche pour la donnée satellitaire,
- un satellite permet d'effectuer depuis l'espace une mesure qui serait impossible à réaliser depuis le sol, pour des raisons physiques, financières ou politiques, ou qui nécessiterait un très grand nombre de mesures aux sols par des opérateurs ou des équipements dédiés,
- pour une couverture globale, le temps de déploiement d'une solution satellitaire est bien plus rapide que d'autres solutions de déploiement, plus progressives.

La brique spatiale devient ainsi essentielle à une qualité globale, intégrée et continue de services numériques très diversifiés. On observe d'ailleurs une convergence entre les secteurs spatial et digital. Dans le sillage de la nouvelle économie et de ce *new space*, que nous proposons dans ce rapport de transformer en *open space*, le secteur spatial adopte peu à peu, parfois à marche forcée, les technologies, les modèles économiques, les pratiques de conduite de projets et la culture plus agile, plus encline à la prise de risque (on essaie et on recommence en cas d'échec, en ayant appris des dysfonctionnements analysés) propres au monde du numérique.

La donnée satellitaire comme catalyseur de l'activité économique

Si l'attention de la puissance publique est souvent attirée par les besoins des industries spatiales, qui nécessitent des investissements lourds avec un appel fréquent au soutien public, il existe un réel potentiel de croissance, de création de valeur et d'emplois dans les services et les applications liés au spatial. La *UK Space Innovation and Growth Strategy*² estime que le chiffre d'affaires des entreprises britanniques positionnées sur le secteur aval pourrait passer de 10 Md€ en 2014 à 30 Md€ à l'horizon 2020, ce qui correspond à une augmentation annuelle de 7 %, portant le nombre d'emplois de ce secteur de 30 000 à 100 000. Si, dans l'analyse britannique, le périmètre de l'aval est considéré dans une acception très large, on comprend néanmoins que de telles perspectives de croissance motivent le gouvernement britannique dans l'accompagnement de ce

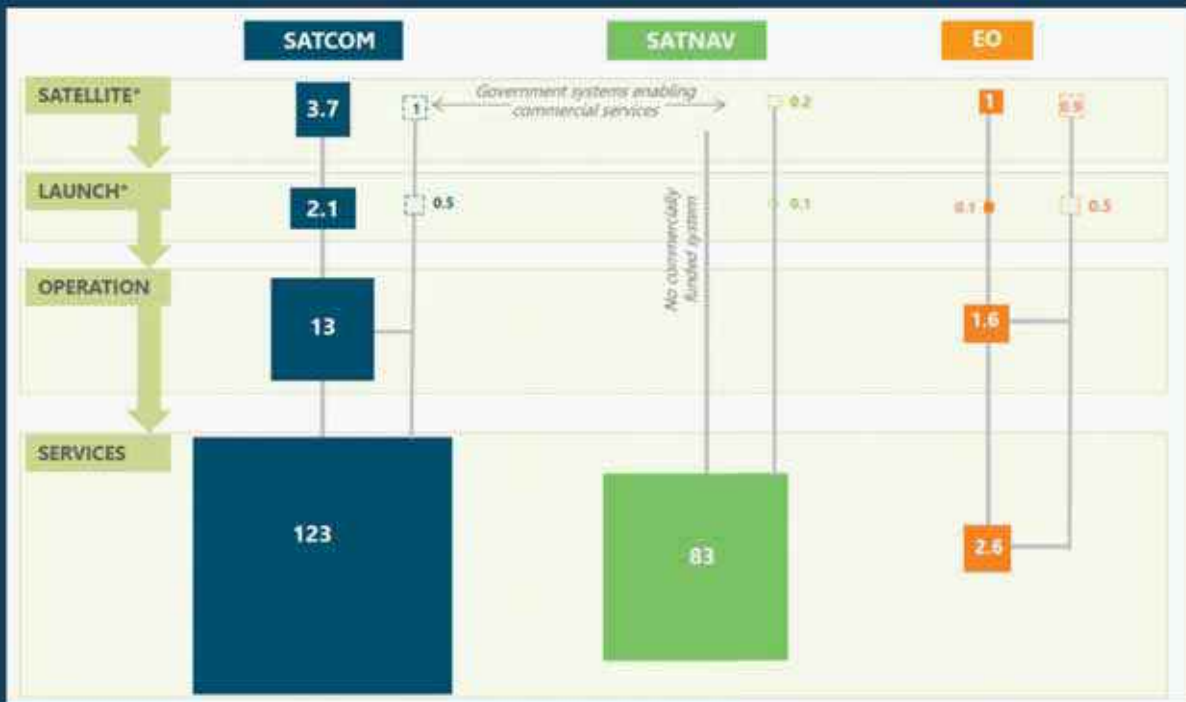
¹ 1 mètre pour les services haute résolution de Galileo, 1,5 mètres pour Spot6/7, 50 cm pour Pléiade

² publiée en 2013 par le gouvernement britannique

secteur aval (« *downstream* ») en y consacrant d'autant plus de moyens que le secteur amont (« *upstream* ») des lanceurs est assuré par les autres états-membres, en premier lieu la France. Sur le secteur de l'observation de la Terre, une étude réalisée en 2015 par EARSC pour l'ESA identifie 451 entités en Europe pour un chiffre

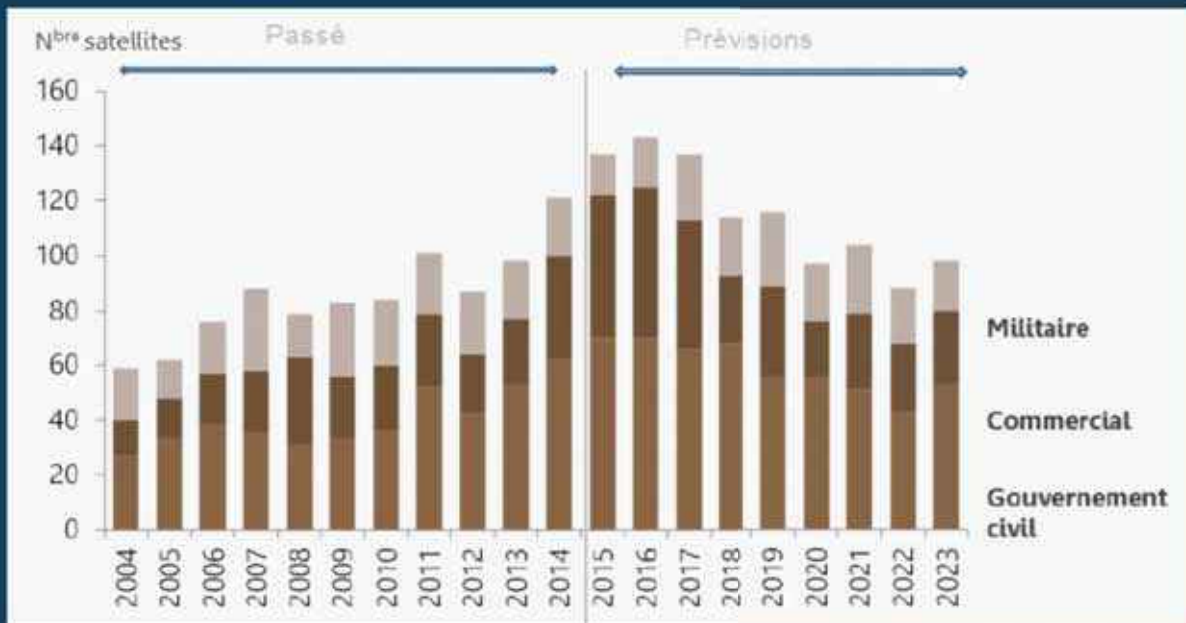
d'affaires global de 920M€ quand Euroconsult le chiffre au niveau mondial à 2,6 Md€ (voir schéma ci-dessous). En France, le groupe de travail Etudes économiques mis en place par le Cospace, comité de concertation Etat/industrie (cf. chapitre 4), a recensé 122 entités pour un chiffre d'affaires d'environ 400 M€.

> ESTIMATION DES CHÂÎNES DE VALEUR DE LA PRODUCTION DES SATELLITES JUSQU'ÀUX SERVICES LIÉS À LA DONNÉE (EN MILLIARD DE \$)



Source : EUROCONSULT

> NOMBRE DE SATELLITES LANCÉS DANS LE MONDE, PAR TYPE D'EXPLOITANT

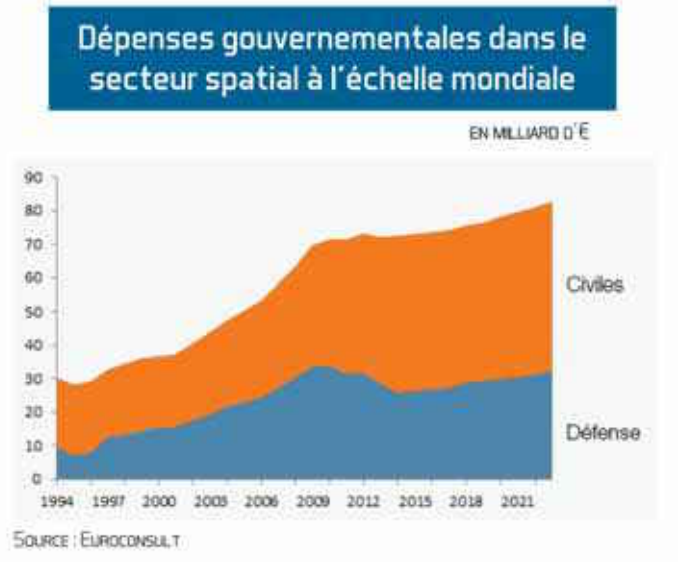


Source : EUROCONSULT

La donnée satellitaire comme réponse aux besoins régaliens

Une autre spécificité des données spatiales réside dans leurs domaines d'applications. Traditionnels ou émergents, ils sont très largement tirés par des besoins régaliens, voire de souveraineté : sécurité, environnement, éducation, santé, égalité des territoires, sciences et exploration... Cet aspect justifie la sensibilité des pouvoirs publics à ce que la continuité des données soit assurée et explique en partie que le secteur des infrastructures spatiales reste fortement investi par les Etats. La figure ci-dessus présente par exemple l'évolution passée et prévisionnelle du nombre de satellites lancés par an : près de 65 % des satellites lancés le sont par les gouvernements, à des fins civiles ou militaires.

La dépense spatiale des gouvernements et institutions publiques est d'ailleurs globalement en croissance mondiale, comme l'illustre la figure ci-dessous, avec une très forte augmentation depuis trois ans aux Etats-Unis.



4 -

Quelques exemples de soutien au développement des applications

Dans un contexte porté par un mouvement irréversible de démocratisation de l'accès à l'espace, les initiatives des acteurs privés et publics se multiplient pour développer des applications à partir des données spatiales.

Les acteurs privés révolutionnent le rapport à la donnée spatiale

Google, historiquement, utilise déjà largement les données satellitaires pour fournir des services à ses utilisateurs. Il propose par exemple le service de visualisation grand public Google Earth, mais s'intéresse également à des services plus spécialisés comme SunRoof, qui affiche le potentiel photovoltaïque des toits des particuliers.

Les grands acteurs du numérique, que l'on regroupe sous l'acronyme GAFA¹, se rapprochent progressivement du secteur spatial. Ainsi, le fondateur d'Amazon, Jeff Bezos, a fondé Blue Origin. Google a investi en 2015, conjointement avec le fonds d'investissement Fidelity, 1 Md\$ dans SpaceX pour construire une plate-forme commune de développement. Ces deux sociétés contribuent à baisser durablement, tout comme Virgin Galactic ou OneWeb, le coût d'accès à l'espace. Certains se préparent à intégrer l'infrastructure satellitaire comme l'une des composantes de leur offre de services. Ainsi, Facebook s'appuiera sur un satellite de télécommunications pour connecter les territoires en voie de développement. Google, après avoir investi dans la constellation O3b, a pour sa part développé une alternative, à laquelle le CNES a participé, avec le projet Loon, qui offre

un accès à internet via des ballons stratosphériques.

Le développement de nouveaux types d'infrastructures satellitaires permettra de répondre à de nouveaux besoins : les constellations de satellites de communication vont relier les zones sans possibilité de connexion au réseau physique, les bateaux pour O3b et, probablement, les territoires reculés pour OneWeb. Plus récemment, les initiatives de construction de constellations de nano-satellites dédiées à un service se multiplient. En France, la start-up Earth³, installée à Toulouse, prévoit de déployer une constellation de nano-satellites dédiée à un marché ciblé.

> SPARKINDATA

Il s'agit d'un projet collaboratif, porté par Atos et co-financé par le Programme d'investissements d'avenir dans le cadre de l'appel à projets « Cloud Computing & Big Data ». Il se présente comme la « première plate-forme fédérant les sources de données d'observation de la Terre et favorisant l'émergence d'un écosystème riche de nouveaux services et usages (agriculture, urbanisme, sécurité, climat, santé, etc) ». La plate-forme doit permettre de mettre à disposition des données de toutes natures, notamment des données géolocalisées, de les traiter au sein même de la plate-forme, pour les rendre utilisables par les entreprises non-spécialistes de ce type de données, tout en valorisant ensuite les produits et services qui en résulteront. Les acteurs seront également en mesure de proposer à la communauté des briques de traitement spécifiques, afin de mutualiser les innovations et de multiplier leurs débouchés. SparkInData affiche l'ambition d'accompagner le développement du marché des données géolocalisées, de simplifier leur intégration dans différents domaines d'application, de multiplier leurs usages et de devenir la référence dans ce domaine.

¹ Google, Apple, Facebook, Amazon

Les 11 partenaires du projet, majoritairement installés à Toulouse, sont Atos, chef de file, trois PME (TerraNis, Geomatys, Geosigweb), une société civile (Mercator-Ocean), trois organismes

publics (CNES, IGN et BRGM), deux laboratoires de recherche (IRIT et El Purpan) et le pôle de compétitivité Aerospace Valley.



Les initiatives européennes pour la valorisation des données

■ ESA

Les applications des données spatiales sont traitées dans deux centres de l'ESA : à Frascati (Italie) pour les données d'observation de la Terre et, depuis deux ans, à Harwell (Royaume-Uni), pour les applications télécommunications et transverses. L'ESA propose plusieurs programmes de développement des services satellitaires, avec notamment le programme de financement *ARTES Application programme*, qui finance les études de faisabilité à 100 % et les démonstrateurs à 50 %. Ce programme comporte deux volets : le volet Applications intégrées, qui se concentre sur des applications qui utilisent au moins deux types de données dont une spatiale et le volet Satcom, qui s'intéresse aux applications issues des satellites de télécommunications.

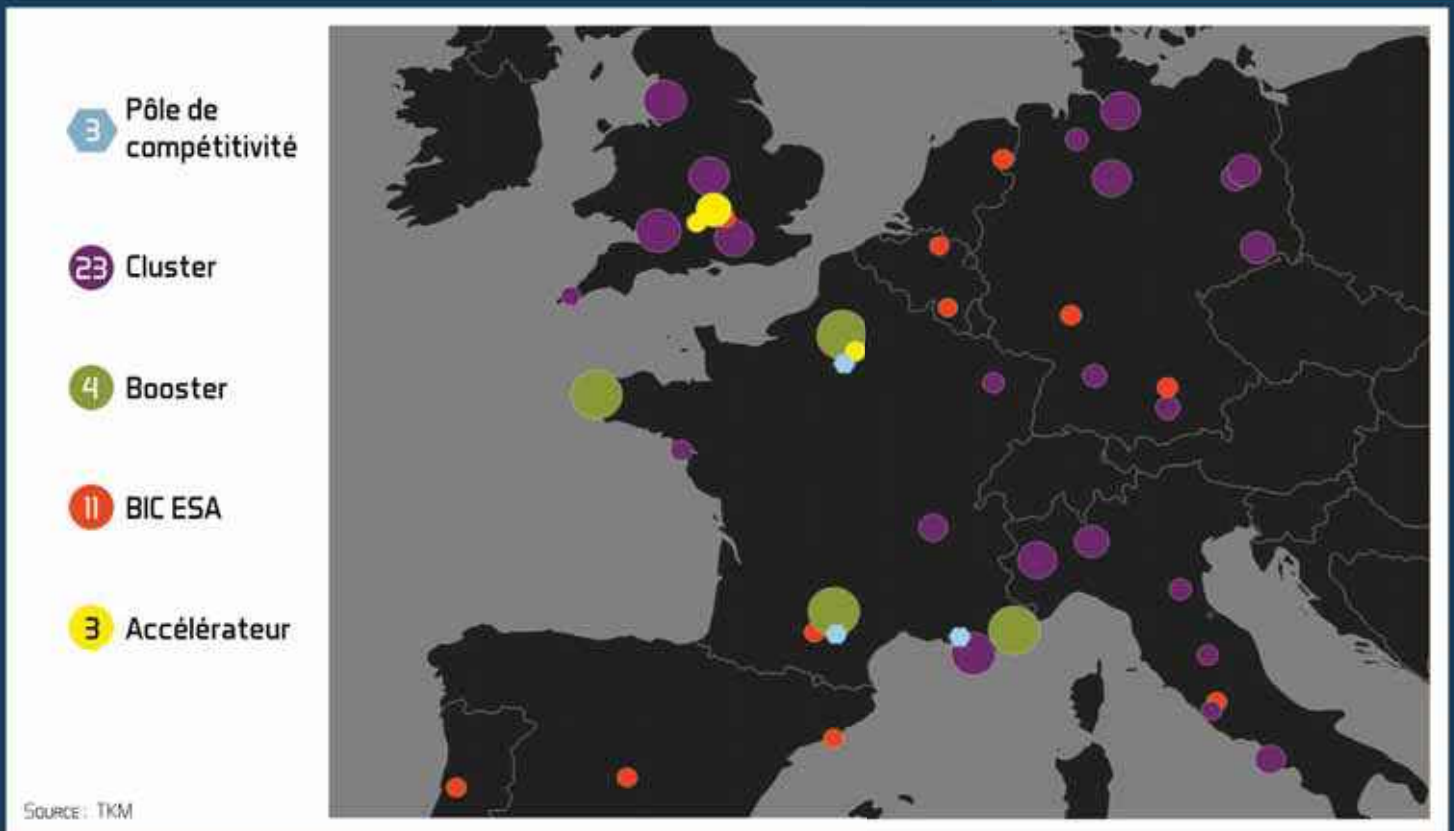
Depuis 2011, l'ESA organise le *Copernicus master*, concours qui récompense chaque année les solutions et services innovants basés sur l'utilisation des données d'observation de la Terre. Chaque sponsor de la compétition (ESA, DLR, T-system international, Satellite Application

Catapult, le ministère fédéral allemand des transports et des infrastructures digitales et Stevenson astrosat) propose un défi, délimite le périmètre de la solution proposée et délivre le prix correspondant. Un prix « université » est également mis en place. Ce challenge est complémentaire du concours « ActInSpace » (cf. chapitre 4) et pourrait, par exemple, parfaitement s'intégrer dans l'action du Ministère de l'écologie, de l'énergie et de la mer sur le plan satellitaire.

■ Union européenne

L'Union Européenne est un grand pourvoyeur de données avec les programmes Copernicus et bientôt Galileo, la structuration se met en place progressivement, portée par la dynamique de la stratégie européenne, dont la publication est prévue à l'automne prochain. En janvier 2017, un appel à projets pour la mise en place de plateformes d'intégration des données Copernicus devrait être annoncé (voir le paragraphe sur PEPS p.44). On peut également souligner l'annonce d'un appel à projets Horizon 2020¹ dédié aux applications des données Copernicus. Il sera ouvert du 8 novembre 2016 au 1er mars 2017, sous la forme d'une *innovation action* qui finance un programme collaboratif pour le développement d'un produit, du prototype à la première commercialisation.

¹ Huitième programme-cadre de recherche et développement technologique



En Europe, des clusters, totems du spatial

Les pays européens se sont déjà emparés des possibilités de développement économique, de création d'emplois et des valeurs ajoutées financière et sociétale offertes par l'exploitation des données spatiales. Pour cela, la plupart d'entre eux ont choisi de s'appuyer sur la visibilité d'un site identifié qui devient alors le centre de compétences et le totem du pays pour le spatial. Ce cluster n'a cependant pas pour vocation de mener un travail « en solitaire » mais il devient au contraire la tête bien identifiée d'un réseau d'acteurs présents sur le site ou répartis sur le territoire, qu'il s'agisse des partenaires institutionnels ou issus de la recherche, de la formation et de l'industrie ainsi que des collectivités territoriales concernées.

■ Au Royaume-Uni, le cluster d'Harwell I

Un exemple intéressant d'initiative de soutien aux applications spatiales se trouve dans le **Satellite « Application Catapult Centre » d'Harwell I, au Royaume-Uni.**

Pour pallier le défaut d'accompagnement de l'innovation entre le stade de l'invention et celui où elle peut être prise en charge par les industriels, le gouvernement britannique a décidé de mettre en place des structures spécifiques de partenariat public/privé dédiées à l'innovation, appelées *Catapult centres*¹. Les *Catapult centres* sont des centres physiques, indépendants et à but non lucratif, mis en place pour connecter le monde universitaire et les entreprises dans un domaine d'activité spécifique. Ils ont pour but de diminuer les barrières à l'entrée des nouveaux concepts, services et produits et fonctionnent donc comme des centres d'innovation : ils s'emploient ainsi à identifier et débloquent les verrous qui empêchent de transformer des nouvelles idées en des nouveaux produits et/ou

¹ cf. dossier consacré aux Centres Catapult du n° 77 de Science et technologie au Royaume-Uni (déc. 2015).

services, qu'ils soient technologiques, institutionnels, règlementaires ou culturels. Si on devait les comparer à nos dispositifs nationaux, les *Catapult centres* seraient à la croisée des pôles de compétitivité de rang mondial, des IRT et des SATT. Seulement onze *Catapult centres* ont été mis en place (à mettre en regard de nos 70 pôles et nos 14 - et bientôt 15 - SATT), ciblés sur des thématiques claires et localisés dans onze lieux identifiés. Celui d'Harwell, installé près d'Oxford, est dédié aux applications spatiales.

Le centre *Catapult Satellite Applications (SA)* s'est ouvert en mai 2013 à Harwell, avec la mission d'« innover pour un monde meilleur en s'appuyant sur les satellites » ("*To innovate for a better world, empowered by satellites*"). Le *Catapult SA* a l'ambition de devenir une structure leader mondiale de l'innovation pour les applications satellitaires, en s'inscrivant au cœur de la révolution qui est en train de s'opérer grâce à la convergence du digital et du spatial. Il veut encourager des entreprises établies comme des start-ups à exploiter le potentiel offert par les technologies spatiales. Le centre a adopté une structure agile et un esprit pionnier, collaboratif et entrepreneurial. Le management du centre est constitué de profils techniques et non techniques orientés vers les marchés, les finances, le développement économique, la conduite de projets et l'ingénierie.

L'une de ses actions phare est le programme *Explore Market*, qui propose d'identifier les marchés potentiels des services basés sur l'utilisation de données spatiales, en travaillant directement avec les acteurs du marché visé. *Catapult SA* a par exemple travaillé sur les domaines du transport et des activités maritimes avec les acteurs de ces secteurs, pour bien identifier leurs besoins. Ils ont également été missionnés par l'UKSA, l'agence spatiale britannique, pour travailler sur le programme *Satellite pour tous, Satellite for Everyone*, qui communique vers un large public sur l'intérêt des données spatiales ainsi que sur le programme *Space for Smarter Governemt* (cf. encadré p.104).

Le *Catapult centre* d'Harwell a également bénéficié de l'implantation du centre ESA dédié aux services télécoms et aux applications intégrées : ce campus européen des applications

satellitaires, dirigé par une femme - dans ce secteur majoritairement masculin, cela mérite d'être salué - offre une véritable vitrine au secteur des services britanniques. Il permet d'attirer des acteurs créatifs et talentueux, notamment les porteurs de start-ups. Ils trouvent un intérêt à s'intégrer à cet écosystème pour gagner en visibilité tout en accélérant leur développement grâce au travail en réseau et à un accompagnement pragmatique et professionnel. **En trois ans, 65 entreprises ont été créées ou accueillies au *Catapult centre* d'Harwell, ce qui est tout à fait remarquable et résulte d'une concentration et d'une focalisation des efforts.**

■ Le Luxembourg Space Cluster, élément d'une politique publique volontariste

L'histoire de l'industrie spatiale au Luxembourg est née d'une volonté politique : en 1985, ayant identifié le secteur spatial comme une voie de diversification de l'économie à fort potentiel de croissance, le gouvernement du Grand-Duché crée SES (Société Européenne des Satellites), qui est aujourd'hui le premier opérateur mondial de satellites de télécommunications.

En 2005, le Groupement luxembourgeois de l'aéronautique et de l'espace met en place le *Luxembourg Space Cluster*, co-animé par l'agence d'innovation Luxinnovation et soutenu par une politique spatiale volontariste des pouvoirs publics. Le *Luxembourg Space Cluster* est un réseau qui soutient l'ensemble des acteurs publics et privés du secteur des technologies spatiales au Luxembourg. Il poursuit le double objectif de promouvoir l'industrie spatiale luxembourgeoise à l'international et d'animer l'écosystème luxembourgeois. Pour ce faire, il s'appuie notamment sur des projets collaboratifs de recherche, développement et innovation et sur des actions gouvernementales, comme *emergency.lu*, qui met à disposition de la communauté internationale depuis 2012 un système de communication satellitaire à réaction rapide en cas de catastrophes naturelles et de missions humanitaires, ou le nouveau *spaceresources.lu* (voir paragraphe suivant).

En février 2016, le Vice premier ministre du Luxembourg, Eric Schneider, annonce le lancement de l'initiative coordonnée *spaceresources.lu*, qui vise à **positionner le Luxembourg comme pôle européen de l'exploitation des ressources spatiales**. Dans ce cadre, conseillé par Georges Schmit, Directeur exécutif au Luxembourg Trade & Investment Office à San Francisco, Jean-Jacques Dordain, ancien Directeur général de l'ESA et Pete Worden, ancien Directeur du Ames Research Center de la NASA en Californie, le gouvernement travaille notamment à l'élaboration d'un cadre juridique offrant aux opérateurs privés des assurances quant à leurs droits sur les ressources qu'ils extraient dans l'espace. L'Etat soutiendra en capital les entreprises qui s'installeront au Luxembourg ainsi qu'en subventions, par l'intermédiaire de l'ESA, les projets de recherche et développement qui rendront possible cet exploit. Deux entreprises américaines, Planetary Resources et Deep Space Industries ont déjà décidé d'ouvrir des filiales au Luxembourg. Si cette initiative d'exploitation des ressources spatiales fait écho au passé sidérurgique du

Luxembourg², le Luxembourg est aujourd'hui un pays de services (88 % de son PIB, encore dédiés majoritairement au domaine de la finance) et peut s'appuyer sur les applications spatiales pour les diversifier. Ainsi, pour répondre aux enjeux spécifiques des secteurs financiers et des assurances et soutenu par le gouvernement Luxembourgeois, Telespazio France et e-GEOS se sont associés avec les entreprises luxembourgeoises Post Luxembourg et Hitec Luxembourg, pour ouvrir un centre *Earth Lab*, sur le modèle de celui qui a été mis en place en Aquitaine³. A partir de données d'observation de la Terre, notamment d'origine spatiale, le centre du Luxembourg fournira des services avancés d'évaluation de risques industriels et environnementaux, à destination de l'industrie, des compagnies d'assurance ou des fonds d'investissement.

Ces exemples illustrent un système luxembourgeois de développement du secteur spatial très coordonné, qui conjugue une impulsion politique forte, un soutien financier adapté, un écosystème efficace et aligné et une attractivité pour les capitaux étrangers.

¹ Voir le site dédié <http://www.spaceresources.public.lu/>

² L'industrie sidérurgique contribue toujours à hauteur d'environ 10% du PIB luxembourgeois

³ Centre de R&D public/privé sur les applications des données d'observation de la Terre

5 -

Des initiatives innovantes à mieux coordonner

En France, l'expertise reconnue dans les infrastructures satellitaires doit être considérée comme une opportunité pour développer des applications valorisant les données spatiales. Si la France reste un pays de culture technologique, elle prend peu à peu la mesure de l'importance des services et du potentiel économique et sociétal qu'ils offrent. L'enjeu était d'ailleurs déjà évoqué dans la stratégie de mars 2012 formalisée par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, mais cette feuille de route n'a pas été suffisamment mise en œuvre, pour des raisons diverses.

Pourtant, au cours de ces cinq dernières années, l'Etat a pris quelques initiatives pour relever le défi du développement de l'aval de la filière, qu'il s'agisse du plan satellitaire du Ministère de l'environnement en 2010 ou de la création de la Direction de l'Innovation, de la science et des Applications (DIA) au CNES en 2016.

La Direction de l'innovation, des applications et de la science du CNES

Le CNES a pris acte de la nécessité de contribuer à la dynamisation de l'aval de la filière du spatial, orientation identifiée et stimulée par les acteurs du CoSpace, dès sa création en 2013. Il a mis en place début 2016 une nouvelle direction, la Direction de l'Innovation, des Applications et de la science (DIA), dont l'un des objectifs est de développer ou susciter le développement des applications liées au spatial.

La DIA, qui a également dans son champ tous les domaines spatiaux - excepté les lanceurs - afin de ne pas cliver les utilisateurs « classiques » du

spatial et les nouveaux enjeux, est composée d'une centaine de personnes, réparties en quatre équipes thématiques¹ et quatre équipes transverses : services aval, innovation et prospective, valorisation et technologies et plateau d'architecture des systèmes orbitaux.

Elle a pour missions principales de :

- porter l'interface entre le CNES et les communautés utilisatrices du spatial pour les projets en développement et en exploitation,
- préparer le futur des systèmes orbitaux, en interaction avec les communautés utilisatrices,
- coordonner les actions pour la compétitivité industrielle,
- soutenir le développement de l'écosystème aval,
- renforcer les capacités de créativité, d'innovation et d'anticipation du CNES

L'équipe applications, constituée de 12 personnes, a pour objectif de promouvoir l'utilisation du spatial et le développement de l'écosystème aval. Elle est par exemple en charge de l'animation des *boosters* au sein du CNES.

La DIA a un budget externe de 37,2 M€, soit 2,9 % du budget national du CNES, dont 21,7 M€ pour la R&T et les démonstrateurs, 1,5 M€ pour la valorisation, 10,8 M€ pour l'innovation, 1,4 M€ pour les services aval et 1,9 M€ pour les opérations.

Cette transition est importante et marque une évolution du CNES en phase avec l'évolution du secteur spatial. Afin de donner toutes les potentialités à cette nouvelle orientation, il conviendrait de doter la DIA de moyens supplémentaires en rééquilibrant les responsabilités avec les autres directions du CNES : l'action d'innovation gagnerait en effet

¹ Equipe Science, Micropesanteur et Exploration ; Equipe Terre, Environnement et Climat ; Equipe Défense et Sécurité ; Equipe Télécommunications et Navigation

en clarté et en efficacité si la Direction qui lui est dédiée pouvait assurer la continuité de son action, sur l'ensemble de la chaîne de valeur spatiale.

RECOMMANDATION

Renforcer le rôle de la Direction de l'Innovation, de la science et des Applications du CNES dans la préparation de l'avenir, en lui confiant tous les programmes de R&T jusqu'aux démonstrateurs, dans le domaine des lanceurs, des systèmes orbitaux et des systèmes sol

Le plan satellitaire des ministères en charge de l'environnement et des transports¹

Le Ministère en charge des transports a été le premier, au sein de l'Etat, à s'intéresser à cette dynamique qui s'est diffusée par la suite au sein du grand ministère en charge de l'environnement. Après avoir créé en 2008 le Centre Technique « applications satellitaires », le Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement a mis en place à partir de 2010 son plan d'applications satellitaires pour répondre à la question suivante : **comment, dans le cadre des politiques publiques, le satellite peut-il venir en appui, en complément ou en remplacement des mesures traditionnelles ?**

L'objectif de cette démarche était de faciliter et d'optimiser l'action relevant du ministère par un usage pertinent des données satellitaires et de permettre leur valorisation économique pour diffuser leur usage dans la société, au service des politiques publiques. Un premier plan d'applications satellitaires a été publié en 2011, sous le titre « quelles applications satellitaires pour répondre aux besoins du MEDDTL à l'horizon 2015 ? ». Ce plan 2010-2016 s'est concentré sur la

mise en réseau et l'animation des acteurs des politiques publiques en lien avec le ministère et un soutien ciblé à l'écosystème industriel. Il s'est appuyé sur le Pôle Applications Satellitaires et Télécommunications du CEREMA². Cette mise en réseau a permis de sensibiliser les services aux potentiels d'usage des données satellitaires et de les concrétiser sous forme de démonstrateurs.

Pour le Plan 2016-2020, des moyens financiers sont engagés à hauteur de 68 k€ pour assister le Commissariat général au développement durable dans l'élaboration de la trame du plan, l'identification des besoins des services d'administration centrale et déconcentrée de métropole et d'outre-mer et l'optimisation de l'action publique par un usage pertinent des données satellitaires. Ce plan cherchera à répondre au besoin de renforcement du portage des besoins par les services utilisateurs, à contribuer à une meilleure connaissance du potentiel de valorisation des données satellitaires et à faciliter leur usage dans la société au service des politiques publiques.

Les boosters, une initiative du CoSpace pour accélérer l'innovation

Le CoSpace a également identifié le besoin d'accélérer l'utilisation du spatial dans la vie quotidienne, au service d'usages sociétaux ou d'acteurs économiques. Il a alors proposé la mise en place des *boosters*, une action qui s'appuie sur les entreprises, particulièrement les start-ups, pour répondre à un double objectif de croissance économique et de diffusion des usages. Le mécanisme est simple : une start-up qui valorise le spatial par une solution innovante en répondant à des enjeux non spatiaux va, comme toute start-up, chercher à croître en commercialisant sa solution innovante. Sa survie et son futur développement dépendent de la rapidité et de l'efficacité avec laquelle elle

¹ Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer et Secrétariat d'Etat chargé des Relations internationales sur le climat, des Transports, de la Mer et de la Pêche.

² Le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement est un établissement public placé sous la double tutelle du ministère en charge de l'environnement et celui en charge des transports

révolutionne les marchés traditionnels et ouvre de nouveaux marchés de croissance. Elle va donc, par construction, chercher à toucher le plus de clients possibles avec sa solution et ainsi faire croître la valeur et le nombre d'emplois créés.

La mission des *boosters* est triple :

- mettre en relation les différents secteurs cibles, les acteurs historiques de l'espace et les acteurs du numérique afin d'identifier les débouchés économiques à développer,
- accompagner la naissance et la croissance de ces solutions, innovantes par leurs technologies, les usages qu'elles apportent et les modèles économiques sur lesquels elles s'appuient,
- faciliter leur accès au marché.

Pour atteindre ces objectifs, le *booster* doit par construction être tourné vers les marchés, prêt à convertir l'ensemble des acteurs à une démarche *uses pull*, tirée par les usages. Pour réaliser de façon pragmatique cette médiation entre les secteurs cibles, le spatial et le numérique, il doit s'appuyer sur des méthodes d'innovation et sur des personnes expérimentées qui connaissent les enjeux de l'accès au marché et les

mécanismes de croissance des start-ups ou des PME, l'un des objectifs étant de créer des ETI ou des « licornes »¹.

Afin de ne pas créer une strate supplémentaire (il y en a déjà beaucoup...), les *boosters* ont été imaginés comme un consortium de Pôles de compétitivité qui mettent en avant les secteurs applicatifs : un *booster* n'est donc pas un guichet supplémentaire, c'est avant tout une dynamique, une volonté, une action. Au cours des entretiens, la mission a constaté un malentendu sur le rôle des *boosters* pour de nombreux acteurs publics et privés : ce n'est pas une structure nouvelle, qui disposerait de financements spécifiques, mais bien un regroupement de compétences issues des pôles de compétitivité ciblés sur l'espace et dont la mission est d'utiliser leur connaissances des marchés pour accélérer la création de start-ups - qui pourront par ailleurs s'adresser aux structures et dispositifs existants, en fonction de leurs besoins.

En janvier 2016, suite à l'appel à projets lancé par le CoSpace en septembre 2015, quatre *boosters* ont été labellisés, chacun mettant en avant les potentialités applicatives de son territoire et de son écosystème :

- Morespace, en Bretagne, orienté vers le secteur maritime et la surveillance des côtes
- Nova, en Midi-Pyrénées-Languedoc-Roussillon et Nouvelle Aquitaine, orienté vers six secteurs applicatifs: la croissance bleue, l'énergie, les *smart cities*, l'agriculture, la maîtrise de l'espace et du cadre de vie et les économies du Sud,
- PACA, en Provence Alpes Côte d'Azur, en réponse aux enjeux de la sécurité (villes, côtes, mers), des écotecnologies, des services mobiles liés à la géolocalisation et les *smart cities* (transports intelligents, efficacité énergétique et énergies renouvelables délocalisées, villes durables et connectées...)
- Seine-Espace, sur l'axe Seine-Paris-Normandie, pour les secteurs applicatifs ville et mobilité, logistique, gestion intelligente de l'énergie, climatologie, environnement, loisirs, éducation, etc.

> UN APPEL À PROJETS POUR LES APPLICATIONS DES DONNÉES SPATIALES

Les projets identifiés par les *boosters* peuvent répondre à l'appel à projets « Projets industriels d'avenir - produits et services valorisant les informations issues du spatial » en vue d'être financés par le Programme d'investissements d'avenir. Cet appel à projets, qui n'est pas réservé aux *boosters*, finance des projets dans la mise au point de leur démonstrateur (phase accompagnement, jusqu'à 200 k€ en subvention), ou dans le passage du démonstrateur à l'industrialisation, c'est-à-dire à la mise sur le marché d'un produit fiable (phase de développement, avec un minimum de dépenses éligibles de 1,5 M€). La sélection s'opère sur un dossier léger et une audition des porteurs, dans les trois mois suivant la clôture de l'appel à projets.

¹ Les licornes sont des start-ups valorisées à plus d'un milliard de dollars.

La démarche *booster* est essentielle pour répondre aux enjeux actuels de diffusion de l'expertise spatiale et de création de valeur et d'emplois à partir de l'espace. Si sa mise en œuvre est trop récente pour être évaluée sur des résultats tangibles, il faut veiller à ce que les fondamentaux de l'initiative ne soient pas oubliés : pas de nouvelle structure, démarche *uses pull*, stratégie marché claire. Même si trois des quatre *boosters* sont portés par un pôle de compétitivité dédié au spatial, chacun d'entre eux doit résolument se positionner au service des domaines d'applications pour répondre à des besoins clients clairement identifiés : c'est à cette condition que l'initiative pourra développer tout son potentiel économique.

Quelques aménagements pourraient être apportés à la conduite de cette politique pour en améliorer l'efficacité et accélérer ses résultats sans en dénaturer l'esprit : d'une part, s'il est important que les initiatives puissent être animées au plus près des territoires où les secteurs applicatifs rayonnent (par exemple, la Bretagne pour les questions maritimes), il faut aussi qu'elles soient coordonnées au niveau national, ne serait-ce que pour diffuser les bonnes pratiques et fédérer un catalogue de services demandés par les grandes entreprises pour accompagner leurs offres de satellites et de lanceurs à l'export. L'exemple d'Harwell, de Cap Kennedy ou de la Californie a démontré l'intérêt d'une incarnation territoriale du spatial. Toulouse rassemble déjà les grands noms du service satellitaire (Telespazio, CLS, Airbus Defence & Space, Thales Alenia Space, etc.) ainsi que quelques start-ups. Faisant écho à la recommandation développée au chapitre 4 de faire de Toulouse la ville totem du spatial, il semble naturel de l'instituer tête de pont des boosters, à l'écoute et en soutien des initiatives des autres centres de compétences.

Par ailleurs, au cours cette mission, il a été constaté que certaines structures jouaient déjà le rôle de passerelles entre le spatial et l'applicatif, par construction et vocation (cf. focus pages suivantes) : c'est le cas par exemple de **MEDES, l'institut de médecine et de physiologie spatiales** dont l'une des missions est de valoriser la recherche spatiale dans le secteur de la santé,

de ***l'intelligence campus* de Creil ou de l'initiative d'Aerocampus en Nouvelle Aquitaine, près de Bordeaux**. Ce dernier va adosser à son organisme de formation désormais bien établi un ***Data Space Campus*** qui, à l'autre bout de la chaîne de valeur, va favoriser l'émergence d'un écosystème autour de la donnée spatiale. Cette initiative semble tout à fait pertinente et s'inscrit dans une démarche pragmatique et éprouvée au sein d'un projet européen en cours d'élaboration et porté par la Région. Ce pourrait être enfin le cas de l'**IGN** s'il avait la possibilité de structurer plus clairement la valorisation et l'essaimage de ses remarquables technologies d'imagerie, sans se heurter, comme il le fait aujourd'hui, à une interprétation restrictive de la mise à disposition gratuite de ses images, y compris lorsque ses développements leurs ont apporté une forte valeur ajoutée.

Plus globalement, il conviendrait de reconnaître cette dynamique au sein de tout type de structure performante du domaine, avec un label qui mette en avant une finalité - la création de valeur pour les secteurs terrestres à partir du spatial - et non pas un moyen - actuellement le consortium des Pôles de compétitivité et les dispositifs existants de financement de l'innovation.

Réévaluer les boosters à partir des principaux fondamentaux de la démarche: pas de financement propre, pas de nouvelle structure, démarche *uses pull*, stratégie marché claire

Permettre à d'autres structures, qui sont déjà dans la dynamique booster, d'être labellisées

Installer Toulouse en tête de réseau pour animer la démarche des boosters, notamment pour fédérer un catalogue d'offres françaises, présentées dans un showroom mutualisé

TROIS INITIATIVES BOOSTER QUI S'IGNORENT



MEDES - Institut de médecine et de physiologie spatiales

Il s'agit d'un groupement d'intérêt économique créé à l'initiative du CNES et du Centre hospitalier universitaire de Toulouse-Rangueil pour explorer les enjeux de santé humaine spécifiques aux missions spatiales habitées. Ses missions sont de développer les connaissances et compétences en médecine et physiologie spatiales et d'en promouvoir des applications pour la santé et l'exploration spatiale. Les recherches menées par l'institut sont toutes motivées par la préservation de la santé des hommes dans l'espace, en impesanteur, dans un milieu confiné et soumis à de fortes radiations. Pourtant, l'équipe pluridisciplinaire qui la compose a constamment à l'esprit les possibles applications pour la médecine terrestre et s'appuie sur le principe de co-innovation entre les besoins spatiaux et sociétaux. Elle explore tous les apports que le spatial peut avoir sur la santé et sur la vie quotidienne, dans les domaines civils ou militaires, par des transferts de technologies et de pratiques, tout en regardant les possibilités offertes par les applications satellitaires : les liens environnement / santé / mode de vie, qui permettent le développement de la médecine personnalisée, la santé connectée qui ouvre la voie à la *silver economy*, l'économie circulaire nécessaire en milieu confiné qui aura des retombées sur les technologies de recyclage et la gestion des ressources. Les très nombreux exemples de co-innovations portées par MEDES, à partir de l'expérience spatiale - en nutrition, détection et thérapie de l'ostéoporose, prévention du vieillissement, développement de la télémédecine, etc. - montrent tout le potentiel de fertilisations croisées entre ces deux mondes.



Aerocampus Aquitaine et le Data Space Campus

Racheté à l'Etat par la Région en 2011, l'ancien site DGA du centre de formation aéronautique de Latresne, près de Bordeaux, est devenu un campus dédié à la formation dans les métiers de la maintenance aéronautique. Le concept de l'AEROCAMPUS, unique en Europe, mêle formations initiale et continue, classique, par apprentissage ou alternance, grâce à une vingtaine d'organismes de formation présents sur le site. 150 chambres d'hôtel et des salles de conférences permettent d'accueillir les entreprises souhaitant former leurs personnels ou leurs clients, notamment internationaux. 23 000 personnes sont ainsi venues sur le campus l'année dernière. 26 M€ ont été investis sur ce site de 26 hectares. Par ailleurs, 18 M€ d'investissements supplémentaires sont programmés, afin de continuer à intégrer les nouvelles technologies appliquées à la formation, comme les salles immersives, la 3D, la réalité virtuelle et augmentée. Dans ce contexte, l'AEROCAMPUS souhaite s'étendre en ouvrant, sur la base du modèle initial, un DATA SPACE CAMPUS, centré sur les futurs usages de la donnée spatiale. Positionné sur le site de l'Observatoire de Floirac en Gironde, son objectif est de rassembler sur un même lieu les dispositifs de formation, les outils de diffusion scientifique grand public, les laboratoires de recherche, les entreprises établies de toutes tailles, des start-ups et des porteurs de projet, pour faciliter l'émergence des futurs acteurs de l'usage de la donnée spatiale. Le besoin de financement est estimé à 25 M€ et devrait être financé d'une part par les industriels et d'autre part par la Région, l'Etat et l'Europe. Le projet est en cours de finalisation.



L'intelligence Campus, à Creil

La Direction du Renseignement Militaire (DRM) détient une expertise historique dans l'imagerie et le géospatial. Elle fournit du renseignement opérationnel au profit d'actions pour les théâtres extérieurs et du renseignement stratégique à destination des plus hautes autorités civiles et militaires.

Les nouveaux programmes satellitaires de défense, comme MUSIS ou CERES, tout comme le développement des images en open source démultiplient les quantités de données à analyser et posent un défi humain et technologique. Pour assurer son rôle de chef de file et améliorer sa performance, la DRM s'ouvre au monde civil de la recherche et de l'entreprise en portant à Creil, dans l'Oise, un projet fédérateur et structurant : l'Intelligence Campus. Il s'agit d'un projet de campus innovant, ouvert et sécurisé, mêlant centre international de formation et de recherche et cluster économique. Les acteurs co-localisés sur la base aérienne 110 (Creil-Senlis-Chantilly, dans l'Oise) ou fédérés en réseau pourront développer des synergies et des coopérations en bénéficiant du retour d'expérience de la DRM, pour imaginer des solutions compétitives aux plans national et international, afin de répondre aux besoins militaires autant que civils dans ce segment du renseignement.

Des initiatives pour faciliter l'accès à la donnée

Tous ces projets émergents qui veulent favoriser l'accès du plus grand nombre à la donnée satellitaire marquent bien l'intérêt croissant du secteur public et privé pour une utilisation plus systématique des potentialités offertes par l'espace, comme en témoignent PEPS et l'Equipex GEOSUD.

■ PEPS

La Plate-forme d'Exploitation des Produits Sentinel (PEPS) a été lancée par le CNES début 2015 suite au constat fait par le CoSpace que la donnée du programme de l'Union Européenne pour l'observation et la surveillance de la Terre Copernicus n'était que théoriquement en « libre-service » (*free open data*), la grande majorité des PME ne pouvant y avoir accès, faute de pouvoir disposer d'une information utile à leur développement. Les interlocuteurs de la Commission européenne, DG Grow, ont confirmé lors de notre entretien que **plus de 90 % des données de Copernicus ainsi mises à disposition étaient de fait à ce jour récupérées par les GAFAM américains. D'où l'intérêt d'une plate-forme nationale mettant à disposition des acteurs publics et privés, dans un format travaillé** (cf. encadré SparkInData pp.33 et 34), le très grand volume de données issues des satellites Sentinel de Copernicus. La plate-forme a pour objectif de répondre à la fois aux attentes de la communauté scientifique, aux exigences de la mise en œuvre et du suivi des politiques sur l'environnement et la sécurité et de favoriser l'émergence de services innovants issus de l'utilisation de ces données. PEPS permet déjà de rechercher, visualiser, sélectionner et télécharger les données et il sera bientôt possible de traiter ces données au sein même de la plate-forme. La démarche expérimentale de PEPS est appelée à être généralisée au niveau européen à partir de 2018. Un appel à projets ***Integrated Ground System*** devrait être lancé au début de l'année

2017 pour rendre réellement utilisables par les laboratoires et entreprises européennes les données mises à leur disposition.

■ Equipex GEOSUD

Spécifiquement tourné vers la communauté académique et les collectivités locales, sélectionné dans le cadre de l'appel à projets « Equipements d'Excellence » du Programme des Investissements d'Avenir (2011), **l'Equipex GEOSUD** vise à développer une **infrastructure nationale de données satellitaires** accessible gratuitement par la communauté scientifique et les acteurs publics. Il permet, notamment via une antenne de réception multi-missions (LANDSAT, Pléiade, Spot) et un marché de 600k€ annuels financé par un consortium des acteurs du pôle Theia², d'assurer pendant cinq années l'acquisition, la programmation et la mise à disposition de couvertures d'images satellitaires de haute résolution du territoire français, tout en accompagnant les acteurs publics et privés dans le traitement et l'utilisation de ces données.

Les démarches initiées par ces deux plates-formes sont indispensables pour rendre accessibles au plus grand nombre les données issues notamment de Copernicus et doivent être articulées et pérennisées. Mais s'il est désormais possible d'accéder aux données, leur utilisation nécessite des compétences que peu de start-ups des domaines applicatifs possèdent. Si aucune action n'est prise pour les démocratiser, elles resteront majoritairement profitables aux GAFAM. Il serait tout de même paradoxal qu'un programme européen, financé exclusivement sur fonds européens, serve à 90 % aux GAFAM qui vont ensuite en valoriser les résultats pour leurs propres offres commerciales de services ! Pour déclencher une utilisation massive des données spatiales dans les secteurs terrestres, il faut qu'au-delà des données, ce soit l'information extraite de ces données qui soit rendue accessible, sur une même plate-forme numérique intégrant l'ensemble des données,

¹ S1A et S1B, S2A et S2B, S3A et S3B

² Le pôle de données et de services surfaces continentales Theia a été créé fin 2012 par 9 institutions publiques françaises impliquées dans l'observation de la terre et les sciences de l'environnement.

Cette structure scientifique et technique a pour vocation de faciliter l'usage des images issues de l'observation des surfaces continentales depuis l'espace.

des informations issues de ces données et des services de traitement de l'information, du plus basique au plus sophistiqué. Cette démarche a d'ailleurs été initiée par le projet SparkInData (cf. encadré pp. 33 et 34), projet collaboratif de plate-forme conçue pour diffuser l'information issue notamment de données géo-localisées.

Généraliser la traduction des données de Copernicus dans un format utile qui soit accessible aux start-ups et aux entreprises non spécialistes de la donnée spatiale

Fédérer au plus vite les initiatives publiques sur une plate-forme commune d'accès à l'information spatiale utile

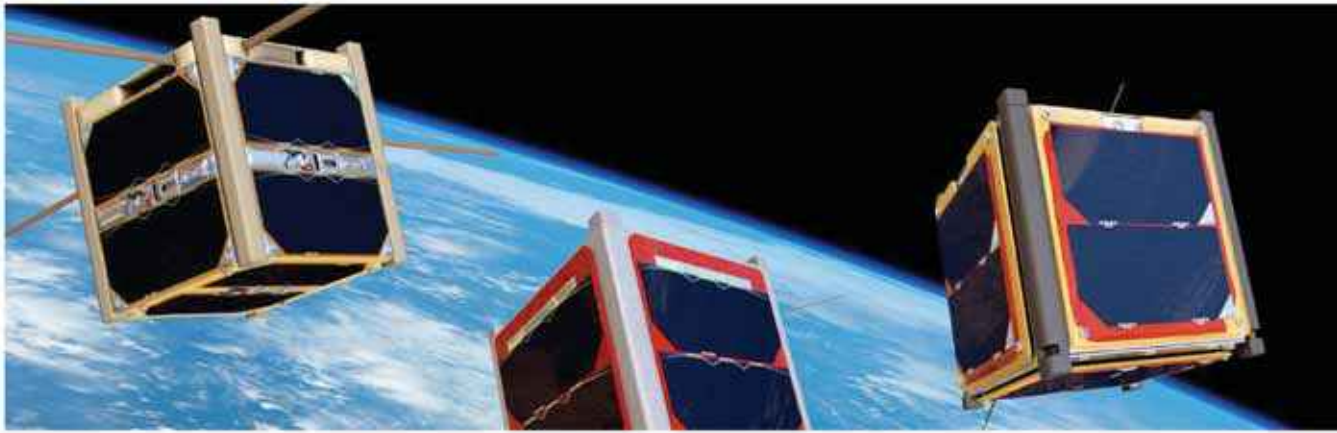
RECOMMANDATION



CHAPITRE 3

LES DÉFIS TECHNOLOGIQUES

« OPEN SPACE » : LA RÉPONSE FRANÇAISE AU « NEW SPACE »



Longtemps, on a cru que l'espace n'était qu'une affaire d'initiés et de spécialistes. Ces dernières années ont largement bousculé cette idée reçue, avec l'arrivée de nouveaux acteurs, qu'ils soient privés - majoritairement aux Etats-Unis - ou institutionnels (Inde, Chine et quelques autres pays « émergents »).

Cette ouverture du monde spatial a été permise par la baisse des coûts d'accès à l'espace et par le développement de nouvelles technologies. La NASA a décidé de se repositionner sur l'exploration lointaine et a volontairement réduit ses effectifs, externalisé des compétences et encouragé le développement commercial de l'espace, en particulier en orbite basse. C'est ainsi, grâce aux compétences de la NASA, à de fortes subventions publiques, au soutien privé de Google et à la rente d'un marché américain dual et captif que SpaceX a réussi à mettre au point son lanceur Falcon9, devenu aujourd'hui le lanceur le plus accessible financièrement sur le marché à l'export. En parallèle, la miniaturisation de l'électronique et les progrès dans le domaine numérique ont permis à de petits lanceurs et satellites (cubesats, nanosats, microsats, minisats) d'atteindre des performances très satisfaisantes à des coûts dérisoires. De fait, avec des systèmes orbitaux opérationnels pour quelques millions d'euros, des constellations rendues rentables et l'avènement économique de l'utilisation des données, de nombreuses start-ups se sont créées et des acteurs du numérique ont eux aussi

lancé leurs propres projets, le plus souvent en s'appuyant sur des acteurs traditionnels (Loral/MDA, Airbus, Thales). Le paradigme économique du domaine spatial s'est ainsi inversé : historiquement poussé par les avancées technologiques (« *technology push* »), il est désormais aussi tiré par les usages et le marché (« *uses-market pull* »).

Ces dernières années, l'espace est donc devenu plus accessible, s'est démocratisé et ouvert à de nouveaux usages et à de nouveaux acteurs. Longtemps sous-estimé, ce phénomène paraît irréversible pour la grande majorité des acteurs rencontrés. En Europe, les agences nationales et les acteurs industriels commencent à prendre la mesure des enjeux sociétaux et commerciaux de cet *open space* et s'organisent pour conserver ou conquérir des parts de marché.

Introduction

Si plus de 70 pays semblent disposer aujourd'hui d'un satellite en orbite, seuls 6 sont réputés, avec l'Europe, capables de concevoir et fabriquer leurs propres satellites et d'en assurer le lancement de façon autonome et stabilisée. Il s'agit, avec des compétences et des investissements de qualité et d'importance très divers, des Etats-Unis, de la

Chine, de l'Inde, de la Russie, d'Israël et du Japon, principalement pour des raisons à la fois économiques et technologiques. La Corée du nord, la Corée du sud et l'Iran ont, de leur côté, engagé des développements de satellites et des moyens de lancement associés.

1 -

L'accès à l'espace : les ports et les lanceurs

En ce qui concerne l'accès à l'espace, le coût fixe lié à la mise en œuvre d'un « port spatial » se compte en centaines de millions d'euros pour l'investissement initial, puis en dizaines de millions d'euros annuels, en raison des infrastructures et des moyens humains associés. Pour fonctionner, un port spatial doit en effet prévoir l'accessibilité du site (piste d'atterrissage pour des vols long courrier, port en eaux profondes, entretien des routes...), le conditionnement sur place des satellites, l'intégration finale des lanceurs, leur suivi en vol, le maintien de la sécurité, etc. Cette barrière économique à l'entrée est aujourd'hui difficilement supportable pour un pays seul, sauf à disposer d'une véritable stratégie nationale et d'identifier des besoins de lancements conséquents pour le marché domestique (cas des Etats-Unis, de la Chine et de l'Inde) ou pour le marché commercial (cas de Kourou, voire de la Russie). Les investissements financiers et humains nécessaires à la mise au point de lanceurs fiables sont eux aussi difficilement accessibles sans une politique volontariste dans la durée que peu de pays peuvent aujourd'hui se permettre.

Les ports spatiaux

Le coût de lancement depuis le site de Kourou (cf. chapitre 1) contribue directement à la compétitivité de l'ensemble de la filière spatiale française et européenne : il doit donc faire l'objet d'une recherche d'amélioration continue. Plusieurs opportunités doivent à ce titre être saisies.

Ce centre spatial a été conçu par la France il y a près de 50 ans ; les ajouts et suppressions successifs de bâtiments et d'infrastructures ont conduit à un ensemble certes fonctionnel, mais globalement peu optimisé. Pour maintenir sa compétitivité, de nouveaux investissements doivent y être réalisés pour le rénover en

profondeur. Les technologies ont par ailleurs largement évolué et permettent d'envisager de nouveaux modes de fonctionnement plus efficaces. Ce serait également l'occasion de renforcer les capacités de lancement du site pour **augmenter les cadences et donner davantage de souplesse entre les tirs**. Plusieurs interlocuteurs rencontrés lors de la mission ont spontanément encouragé cet effort, en identifiant notamment des besoins pour des bâtiments de stockage de satellites ou d'éléments de lanceurs, des capacités supplémentaires pour la préparation des satellites et un centre de mission centralisé qui permette la conduite en parallèle de plusieurs lancements. La diversification des activités du centre spatial guyanais est une autre piste d'économie générale : le **tir d'autres types de lanceurs (vols habités, petits lanceurs), la réalisation d'essais aéronautiques et l'installation de moyens de surveillance spatiale** font partie des pistes d'ores et déjà identifiées. La transformation de ce port spatial doit être l'occasion d'inscrire encore davantage le site de Kourou comme le port spatial de l'Europe. La commissaire européenne, Mme Bienkowska, souhaite en effet renforcer l'autonomie d'accès à l'espace de l'Europe et la compétitivité du secteur spatial européen face à la concurrence américaine et asiatique. Le financement partiel ou global par l'Union européenne d'un **projet « EuroK 25 » de modernisation du centre spatial guyanais** répondrait parfaitement à ces objectifs. La commission européenne a également mis en place une stratégie de soutien au développement de grands équipements scientifiques européens : un certain nombre de projets ont été identifiés par l'ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructure), mais aucun ne concerne le spatial. Les différents interlocuteurs à qui cette idée a été suggérée, en France ou à Bruxelles, l'ont accueillie avec intérêt. Cette contribution européenne doit être considérée à deux conditions : le maintien pour

notre pays d'activités stratégiques au CSG et la participation aux efforts d'optimisation du centre spatial en évitant toute strate administrative supplémentaire. A ce titre, le rôle local du CNES doit être maintenu.

RECOMMANDATION

Lancer un projet « EuroK 25 » de modernisation du centre spatial guyanais à 10 ans, financé par l'Union européenne et envisager la possibilité que le CSG devienne un grand équipement de souveraineté européenne

Plusieurs initiatives ont récemment émergé en Europe visant à la création de ports spatiaux pour des lanceurs légers (vols suborbitaux/microlanceurs). Les sites envisagés (Royaume-Uni, Suède, Norvège, Portugal, Italie, Espagne) correspondraient, selon nos auditions, au lancement de petits satellites en orbite basse, plutôt polaire, voire à des vols « touristiques » suborbitaux. Les enjeux sont donc davantage économiques que stratégiques et la pérennité de ces projets ne semble pas garantie, compte tenu de leur caractère purement commercial ou de type « marketing », au service de l'image de la société qui les porte. Les modèles économiques associés sont encore incertains car les marchés visés restent aujourd'hui émergents : les lanceurs les plus souvent évoqués pour ce segment de marché¹ ne devraient débuter leur activité opérationnelle qu'en 2017 au mieux et les premiers vols suborbitaux pour les « touristes spatiaux » ne sont pas annoncés avant 2018. Dans le même temps, en plus des centres de lancement traditionnels pour les gros lanceurs susceptibles de se diversifier, d'autres sites dédiés à ces petits lanceurs existent déjà (en Nouvelle-Zélande et à Mojave en Californie où SpaceX et Virgin Galactic sont présents...), site visité par la parlementaire missionnée pour ce rapport en juillet 2015 dans le cadre d'une mission aux Etats-Unis du Groupe des Parlementaires pour l'Espace. De nombreux projets concurrents sont par ailleurs envisagés (Europe, Houston, Kenya...).

¹ Electron de Rocketlab, New Shepard de Blue Origin, LauncherOne et VSS de Virgin Galactic, Lynx de XCor, Alpha de Firefly, Arion de PLD Space, Sparrow d'ASL, Minivega d'Avio, etc.

De plus, dans ce contexte de l'accès à l'espace, des contraintes réglementaires et géographiques s'ajoutent aux incertitudes économiques. La mise au point d'un cadre juridique est en effet nécessaire pour clarifier les responsabilités entre les différentes parties prenantes (pays, opérateur, fabricants, individus...) ou assurer par exemple le partage de l'espace aérien avec l'aviation civile. Dans ce contexte, le Centre Spatial Guyanais de Kourou peut faire valoir de nombreux atouts : une infrastructure rodée, un site sécurisé, une longue expérience des vols spatiaux, des synergies avec d'autres lanceurs qui garantissent une pérennité du site de lancement et la présence active et l'expertise reconnue du premier opérateur mondial, Ariespace. La relative proximité avec les Etats-Unis est également un atout pour pouvoir attirer plusieurs fabricants de petits lanceurs. En revanche, les entretiens avec des concepteurs de ces lanceurs montrent que le **développement à Kourou de cette activité commerciale, très concurrentielle, nécessite des adaptations du cadre étatique ou européen pour assurer sa compétitivité** face aux propositions d'autres pays (contraintes réglementaires, coût d'assurance, coût de la main d'œuvre en particulier).

Faire de Kourou la base de lancement européenne pour le tir de petits lanceurs et obtenir de l'Union européenne les investissements permettant une première capacité compétitive d'ici 2020

RECOMMANDATION

L'Etat a une responsabilité particulière vis-à-vis de la Guyane et doit veiller au développement de son environnement et à la montée en compétences de ses habitants, en particulier les jeunes, majoritaires en Guyane où l'âge médian est inférieur à 30 ans. La population guyanaise a en effet plus que doublé en 25 ans pour compter aujourd'hui 254 000 habitants. La compétitivité au niveau international du centre spatial guyanais passe aussi par l'attractivité de la région *via* la fiabilisation de la distribution d'électricité, la

pérennisation des centres médicaux, l'investissement dans des infrastructures d'éducation aujourd'hui peu adaptées à la démographie guyanaise, le développement de l'économie locale en dehors du spatial (exploitation régulée des ressources minières, écotourisme, etc.), le déploiement du très haut débit... Le taux de chômage local est extrêmement élevé, en particulier chez les jeunes¹ : ce contexte social contribue aux inégalités et à l'insécurité de la région, même si le niveau de formation est susceptible de s'améliorer progressivement avec les moyens accordés à la nouvelle université autonome de Guyane créée en 2014. L'action locale exemplaire du CNES, qui s'implique humainement et financièrement dans ce territoire (plus de 5M€ d'investissements hors du centre spatial guyanais en moyenne par an, la présidence de l'IUT de Kourou, un soutien à la formation, à l'hôpital...), ne permettra pas de répondre à tous les enjeux. Dans un contexte de concurrence internationale de plus en plus vive, cet effort du CNES doit aujourd'hui se concentrer sur les projets qui contribuent le plus directement à l'attractivité du CSG, comme par exemple le projet d'école internationale que plusieurs interlocuteurs étrangers rencontrés à Kourou et à Bruxelles ont appelée de leurs vœux. Ce plan de développement de la Guyane doit être financé et porté par l'Etat, **tout en impliquant l'ensemble des Ministères concernés (Education, Energie, aménagement du territoire, Outre-mer, Intérieur, Défense, Enseignement supérieur et recherche...)**. C'est d'ailleurs l'ambition du **pacte d'avenir de la Guyane, porté par le Président de la République lors de son déplacement de décembre 2013**. La mise en œuvre effective de ce pacte d'avenir, qui prévoit des investissements étatiques par tranches dans les 10 prochaines années pour permettre à la Guyane de relever les défis évoqués, doit démarrer avant la fin de l'année 2016. **L'utilisation des applications du spatial pourrait d'ailleurs être une formidable opportunité pour contribuer à ce développement, tout en constituant un laboratoire, une vitrine et une référence pouvant ensuite être exportée dans de**

nombreux autres pays : couverture internet très haut débit par satellite, pédagogie numérique, surveillance des frontières, des ressources terrestres et maritimes, des risques sanitaires, etc. On pourrait même envisager que cette initiative guyanaise de mise en œuvre d'applications spatiales dans le développement d'un territoire puisse être labellisée comme un *booster* (cf. chapitre 2). Ces investissements publics locaux et ces nouveaux usages contribueront à la compétitivité du CSG, qui devra lui aussi étudier dans quelle mesure les termes de la convention de site du CSG pourraient être adaptés pour favoriser le développement de nouvelles activités plus concurrentielles comme celle des petits lanceurs.

Conduire jusqu'à son terme la totalité du pacte d'avenir de la Guyane et prévoir une convention interministérielle pour organiser l'investissement de l'Etat en Guyane, en s'appuyant en partie sur les fonds structurels régionaux européens

Faire de la Guyane une vitrine pour l'utilisation des applications du spatial dans une politique publique de développement d'un territoire

RECOMMANDATION

La compétitivité du centre spatial à Kourou passe aussi par la mise en œuvre de la nouvelle gamme de lanceurs Ariane 6 et Vega-C d'ici 2020. Si le « segment sol » de ces programmes couvre une partie des infrastructures du site de Kourou (zone de lancement, bâtiments d'intégration...), le gain économique espéré est aussi d'ordre organisationnel, avec la volonté d'Airbus Safran Launchers et d'European Launch Vehicles (filiale à 70 % d'Avio et maître d'œuvre de Vega) de conserver leur responsabilité jusqu'au moment du lancement afin d'optimiser les coûts d'intégration. Cette rationalisation verticale par type de lanceur - Ariane 6 ou Vega-C - sera source d'économies, mais ne doit pas se construire au détriment de leur synergie avec le partage d'équipements (*boosters*) et d'infrastructures communes (bâtiment de préparation des satellites, électricité, fluides...). Le rôle

¹ 55% des moins de 25 ans sont au chômage et 5% seulement poursuivent des études supérieures.

d'Arianespace pour les activités locales doit ainsi être clarifié et confirmé. D'abord parce que l'utilisation commune d'infrastructures, surtout avec une cadence de tirs susceptible d'augmenter, conduira à des arbitrages fréquents qu'Arianespace sera le mieux à même de donner. Ensuite, parce qu'Arianespace doit conserver un socle de compétences et de métiers pour rester crédible vis-à-vis des clients pour lesquels cette société constitue l'interface unique. Pour ces différentes raisons, il est souhaitable que les maîtres d'œuvre industriels s'appuient sur Arianespace pour mettre en œuvre le nouveau schéma de livraison du lanceur au moment du lancement. Les industriels rencontrés, qu'il s'agisse d'Airbus Safran Launchers ou d'European Launch Vehicles (*via* Avio), en sont bien conscients et partagent cette vision.

RECOMMANDATION

Encourager les synergies en Guyane entre Ariane, Vega et Soyouz avec, pour Arianespace, un rôle d'arbitre commercial transparent, compétent et reconnu par les maîtres d'œuvres industriels

Enfin, à plus court terme, un certain nombre de contrats locaux pluriannuels sont déjà en cours de renégociation et doivent être signés en janvier 2018. La multiplicité des contrats et la diversité des industriels concernés (cf. annexe 4), si elle permet d'assurer une certaine concurrence, semble surtout à l'origine de surcoûts en raison de la gestion des nombreuses interfaces et des couches de management nécessaires loca-



Poursuivre les efforts de réduction du coût des contrats locaux pour le maintien en condition opérationnelle du CSG

RECOMMANDATION

lement, au CNES et chez les industriels titulaires de marchés. Lors d'un entretien en Guyane, le CNES a rappelé que des efforts dans cette direction avaient déjà été initiés depuis plusieurs années, comme le soulignait la Cour des comptes dans un rapport de novembre 2015.

Les lanceurs

Du côté des lanceurs, la pérennité d'une capacité européenne est mise en difficulté par la concurrence. Celle-ci, en particulier aux Etats-Unis, continue en effet de progresser. Les conditions techniques et financières de réutilisation des premiers étages de Falcon 9 pourraient leur permettre de franchir une étape supplémentaire. Les orientations retenues lors de la Ministérielle de l'ESA à Luxembourg en décembre 2014 vont de ce point de vue dans le bon sens. Les objectifs de coût et de délais pour la mise au point d'Ariane 6 sont ambitieux et tout doit être mis en œuvre pour les atteindre. Une stratégie consistant à lâcher la proie pour l'ombre en sautant l'étape de 2020 d'Ariane 6 paraîtrait suicidaire : cet avis a été validé par tous les interlocuteurs rencontrés et concernés. Il faut donc, d'une part soutenir le programme Ariane 6, dont les performances pourraient in fine s'avérer encore meilleures que ce qui avait été envisagé en 2014, tout en préparant ses futures évolutions pour continuer à remplir durablement le carnet de commandes du lanceur européen. Le projet industriel en cours aux Mureaux visant à investir dans une usine d'assemblage moderne et numérisée, avec des organisations plus intégrées et inspirées du « *lean management* » ou l'utilisation de nouvelles technologies comme l'impression 3D pour la fabrication d'un certain nombre de pièces industrielles, contribue directement à ce premier enjeu. Ce projet est donc un candidat naturel au Programme

d'investissements d'avenir, qui a vocation à accompagner les investissements privés dans ce type d'innovations.

RECOMMANDATION

Réaffirmer l'attachement de l'Etat au programme Ariane 6, tel qu'il a été défini à la Ministériel le ESA de 2014

Investir via le Programme d'investissements d'avenir aux côtés d'Airbus Safran Launchers aux Mureaux dans une usine Ariane 6 moderne et numérisée pour tenir les objectifs de coût

Si la conception et les délais de réalisation d'Ariane 6 ne doivent pas être remis en question par les premiers succès américains en matière de réutilisabilité, des développements ont néanmoins été engagés par les acteurs français pour anticiper une éventuelle version ultérieure. C'est dans cette perspective que s'inscrit le projet **Prometheus**, un nouveau moteur initié par le CNES et développé par Airbus Safran Launchers, en partenariat avec l'Allemagne : il semble prometteur et mérite d'être poursuivi au niveau européen. Il permettrait non seulement de remplacer très avantageusement le moteur Vulcain du premier étage d'Ariane 6, complexe et coûteux, mais pourrait aussi être envisagé pour remplacer ultérieurement le moteur Vinci dans le dernier étage d'Ariane 6. Cette analyse est partagée par le CNES et Airbus Safran Launchers,

qui ont anticipé les évolutions à venir en lançant ce développement commun. Ce projet explore en particulier pour ce moteur la technologie « oxygène liquide (LOX) - méthane », dont le caractère réutilisable ouvre des opportunités pour la mise au point de nouveaux types de lanceurs. Cette technologie est aussi envisagée, dans une moindre ampleur et en coopération avec la Russie, par Avio qui y voit l'opportunité d'améliorer les capacités d'emport du dernier étage de Vega-C, dans une définition Vega-E que l'Italie propose à l'Europe de financer. Dans un objectif d'efficacité au niveau européen, les travaux initiés en France et en Italie devront être bien coordonnés et ne devront pas aboutir à des duplications de compétences et de capacités industrielles que l'Europe ne peut pas se permettre. Les Italiens, qui défendent le principe de spécialisation des sites industriels européens, devraient être réceptifs à cette idée. C'est d'ailleurs l'argument qu'ils avancent pour s'opposer à la création d'une deuxième ligne de production de *boosters* à poudre en Allemagne et renforcer au contraire les capacités existantes d'Avio en Italie dans ce domaine.

Poursuivre le programme Prometheus préparant une évolution ultérieure d'Ariane 6 et veiller à l'optimisation de l'organisation industrielle européenne associée à la technologie « oxygène liquide - méthane »

RECOMMANDATION

POURQUOI LE POTENTIEL DU RÉUTILISABLE EST-IL LIMITÉ SUR ARIANE 6 ?



Les fusées réutilisables ont été remises au goût du jour par les succès techniques de FalconX et de Blue Origin : même si des clients ont d'ores et déjà confirmé leur intérêt, leur commercialisation n'a toutefois pas encore abouti et l'équilibre du modèle économique reste à confirmer (incertitude sur les coûts de remise en état et sur le montant initial des assurances, sur le coût de performance au lancement pour conserver une capacité de récupération ...). Dans le cas particulier d'Ariane 6, le gain d'un tel modèle semble à ce stade faible.

Seul l'étage principal d'Ariane 6, dans sa conception actuelle, pourrait être réutilisé. En effet, les contraintes techniques empêchent la récupération des boosters à poudre (températures élevées qui endommagent les structures) et de l'étage supérieur (coût de récupération supérieur au gain qui pourrait en être espéré). Dans la première version « PPH¹ » initialement proposée par le CNES et l'Agence spatiale européenne pour Ariane 6, en 2012, aucune récupération n'aurait donc pu être envisagée. La configuration finalement adoptée, acceptée par les industriels, est donc plus favorable à une éventuelle évolution vers un lanceur post Ariane 6 ou Ariane 6 Neo, tout ou en partie réutilisable.

Les principaux facteurs qui déterminent l'intérêt économique de rendre le premier étage d'Ariane 6 réutilisable sont les suivants :

- 1- la part de la fabrication d'un premier étage neuf dans le coût d'Ariane 6 (pour mémoire : environ 70M€ pour Ariane 62 et 90M€ pour Ariane 64) : plus elle est faible, moins sa réutilisation se justifie
- 2- le nombre de tirs annuels d'Ariane 62 et d'Ariane 64² : plus il est faible, moins la réutilisation est rentable car le coût de fabrication d'un étage neuf sera plus élevé (effet série moindre)
- 3- le coût de remise en état d'un étage récupéré : plus il est élevé, moins la réutilisation est pertinente
- 4- le taux de réutilisation des premiers étages par rapport au nombre de lancements réalisés : plus il est faible, moins la réutilisation est intéressante. Ce taux dépendra en particulier de l'énergie disponible pour faire revenir l'étage principal, donc de la masse de la charge utile lancée par Ariane 6 : si la totalité de la capacité du lanceur est nécessaire, comme c'est aujourd'hui le cas pour Ariane 5, aucune récupération ne pourra être envisagée.

¹ Dans cette version, la propulsion de l'étage principal était à poudre.

² Contrairement aux entreprises américaines, Ariane 6 ne pourra être tirée que d'un seul site, en Guyane, et sa cadence de tir devrait être

limitée à une douzaine de tirs annuels ; à titre de comparaison, Ariane 5 n'a jamais été tirée plus de 7 fois en une année et le record de lancements depuis Kourou en une année est de 13 lancements en 2000.

Dans un scénario très favorable au réutilisable, mais très peu probable (douze tirs Ariane 62 dans l'année, réutilisation de tous les étages principaux une fois, coût de l'étage neuf représentant un tiers du coût d'Ariane 62...), le réutilisable permet d'envisager une réduction maximale du coût de l'ordre de 10 à 15 %. Dans un scénario plus réaliste (sept à huit tirs Ariane 62 dans l'année, réutilisation d'un étage principal tous les deux tirs, coût de l'étage neuf représentant un quart du coût d'Ariane 62...), le gain obtenu serait de l'ordre de 5 % seulement, c'est-à-dire nettement moins que le gain envisagé avec la baisse du coût de fabrication du moteur de l'étage principal telle que prévue dans le projet Prometheus. Du reste, avec un premier étage encore moins coûteux grâce à ce moteur, l'intérêt de la récupération du premier étage d'Ariane 6 sera encore moindre.

L'intérêt du réutilisable se justifie pour des cadences élevées dans le cadre d'un mélange de missions où les lancements en orbite basse, plus favorables à la récupération, sont nombreux et avec des systèmes conçus spécifiquement à cette fin. Dans le cas de la fusée Falcon9, la cadence envisagée est de 40 à 50 tirs par an (marché domestique américain captif, 50 % du marché commercial et projet SpaceX de constellation) : la réutilisation permet alors d'éviter l'investissement qui aurait été nécessaire dans une nouvelle usine de fabrication des moteurs pour tenir une capacité de production annuelle supérieure à 400 moteurs. Aussi, si le lanceur Ariane 6 n'est pas forcément adapté en l'état à la réutilisation, ses évolutions ultérieures pourraient en profiter, tout comme d'autres types de lanceurs : petits lanceurs tirés à cadence régulière depuis plusieurs sites, lanceurs dont la partie réutilisable serait prépondérante dans le coût de fabrication, etc.

En plus des évolutions d'Ariane 6, il faut également pousser les nouveaux concepts jugés les plus prometteurs en matière de lanceurs. Différentes études ont été pour l'instant conduites en France, qu'il s'agisse des concepts d'**EOLE** ou d'**ALTAIR** à l'**ONERA**, du lanceur **CALLISTO réutilisable du CNES** (en coopération avec l'Allemagne et le Japon), des navettes **VEHRA** ou de **lanceurs sous Rafale de Dassault Aviation**, du **microlanceur à poudre SPARROW** ou du **concept réutilisable ADELINE chez ASL**... Considérer qu'il faut laisser le marché « choisir » le concept qui sera retenu serait une erreur stratégique car, dans le même temps, les concurrents (américains, anglais, espagnol et italien notamment) continuent de bénéficier de financements publics qui perturbent l'équité de la compétition. Le choix du ou des concepts à développer jusqu'au démonstrateur devra évidemment s'appuyer avant tout sur les capacités de lancement apportées et l'analyse du coût global de chacune des solutions. D'autres critères devront également conditionner le choix français : les perspectives de coopération européenne, les risques techniques, les perspectives commerciales, la durée de mise sur le marché et les synergies envisageables avec d'autres activités industrielles, du spatial ou non. Un microlanceur à poudre permettra par exemple des liens avec les missiles balistiques contribuant à la dissuasion nucléaire, tandis que d'autres

concepts permettraient de lancer de nouvelles applications dans le secteur du transport aérien hypersonique, du tourisme spatial ou du vol habité. Cette question des vols habités ne doit pas non plus être écartée a priori et les initiatives dans ce domaine devront être étudiées avec attention, probablement dans le cadre de coopérations internationales. Au-delà de la capacité qu'ils apportent, les vols habités contribuent aussi à l'attractivité du spatial auprès du grand public et à sa projection dans un futur de progrès et d'universalité : la perspective pour les jeunes Européens de pouvoir aller dans l'espace doit donc être maintenue, d'une façon ou d'une autre. **Le financement par l'Etat de ces projets devra s'adapter à la destination potentiellement commerciale de ces lanceurs** : il devra encourager les industriels à se lancer, tout en recherchant un équilibre dans le partage des risques. Le principe d'avances remboursables en cas de succès commercial peut être pertinent dans cet esprit, tout comme l'usage de sociétés projets qui pourraient bénéficier de financements du Programme d'investissements d'avenir (PIA).

Dans le domaine des lanceurs, pousser d'ici 2020 un ou plusieurs nouveaux concepts - dont le réutilisable peut faire partie - jusqu'au démonstrateur

RECOMMANDATION

> ILLUSTRATION DES NOUVEAUX CONCEPTS DE LANCEURS FRANÇAIS



Autre prototype CNES / ONERA



EOLE



ALTAIR



Adeline



Rafale MLA



VEHRA



SPARROW

2 -

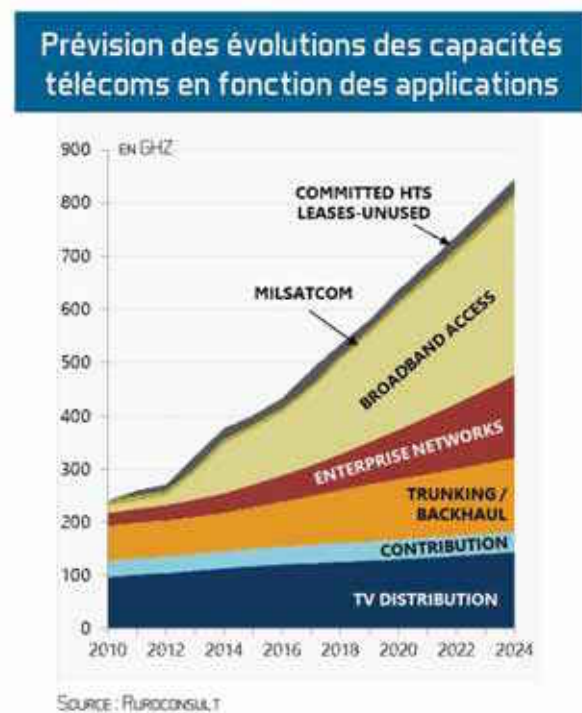
Les satellites

Comme nous l'avons souligné au chapitre 1, le marché des satellites, en particulier dans le secteur des télécommunications, est en plein essor et notre pays accuse un certain retard dans ce domaine dans les investissements institutionnels (principalement *via* l'ESA et le CNES) par rapport à nos voisins allemands ou britanniques. Avant de proposer des solutions pour y remédier, le marché des satellites mérite d'être regardé attentivement et les auditions de la mission y ont consacré beaucoup de temps, auprès des fabricants, des utilisateurs, des financeurs privés comme institutionnels, civils comme militaires. Quatre grandes familles de satellites peuvent être identifiées, selon leurs fonctions : **satellites de télécommunications, d'observation, de navigation ou scientifiques**. Il n'est pas rare que des industriels soient présents sur plusieurs de ces marchés qui partagent un socle commun de savoir-faire et de compétences parfois longs à acquérir. Pour autant, chacune de ces familles a ses propres caractéristiques vis-à-vis des marchés : plus ou moins commercial, avec des séries plus ou moins grandes, des contraintes opérationnelles différentes, etc. Les verrous technologiques à surmonter pour maintenir l'excellence française nécessitent des développements spécifiques, adaptés au contexte.

Des satellites de télécommunications pour un service universel

Le marché des satellites de télécommunications a longtemps été porté par la diffusion de la télévision, mais ce segment traditionnel commence à saturer. Les relais de croissance viennent avant tout des besoins grandissants de connectivité, à la fois en mobilité et dans des zones moins denses, globalement mal desservies par les réseaux fixes. De nouveaux usages

comme l'internet des objets et les réseaux « machine to machine », envisagés par exemple pour les voitures connectées ou autonomes, aujourd'hui émergents, pourraient exploser dans les années à venir.



En matière de satellites de télécommunications, les deux fabricants français, Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space, ont réalisé une excellente année 2015, obtenant à eux deux un tiers des commandes sur un marché très commercial et ouvert à la concurrence européenne et internationale. Chez les maîtres d'œuvre, hors marché militaire captif, Airbus Defence & Space (4 satellites géostationnaires vendus, ainsi que la participation à la constellation Oneweb) annonce même avoir dépassé l'Américain SSL/MDA (5 satellites), tandis qu'avec 2 satellites vendus, Thales Alenia Space (qui a également remporté 8 satellites O3b) se positionne au niveau de Lockheed Martin, Boeing ou Orbital ATK. Ce succès, aidé par un rééquilibrage du taux de change euro-dollar, est aussi dû à

l'intégration certes tardive, mais rapide de la propulsion électrique sur les plates-formes françaises. Cette technologie avait été imaginée en France par SAFRAN il y a plus de 10 ans, bien avant tous les autres, mais le coût opérationnel lié à l'augmentation de la durée de transfert d'orbite de quelques mois par rapport à une propulsion chimique n'avait pas alors convaincu les opérateurs. Ce marché a toutefois fini par émerger il y a deux ou trois ans, en particulier grâce à la baisse des coûts de lancement : les industriels français, paradoxalement pris de court, ont alors pu compenser leur retard grâce notamment au soutien du second Programme d'investissements d'avenir (PIA2), obtenant leurs premières commandes dans la foulée.

D'autres acteurs dans le domaine des satellites de télécommunications (Inde, Chine, Japon, Israël, Turquie, Russie...) développent également des capacités grâce à des marchés domestiques captifs. D'après le Ministère de la Défense et le CNES, les progrès technologiques de ces pays sont notables et il est probable qu'ils viennent rapidement conquérir des parts de marchés au détriment des industriels occidentaux dans le cadre des compétitions internationales. La concurrence, aujourd'hui européen-américaine, sera demain encore plus vive, avec l'arrivée de ces nouveaux acteurs, venant principalement d'Asie. Or, c'est aussi un marché de souveraineté.

> CROISSANCE DE LA MASSE DES SATELLITES DE COMMUNICATIONS GÉOSTATIONNAIRES



SOURCE : EUROCONSULT

Le CoSpace, comité de concertation Etat/Industrie (cf. chapitre 4), a fixé de nouveaux objectifs à atteindre pour la fourniture du très haut débit par satellite. Les efforts identifiés portent d'abord sur le coût des systèmes satellitaires avec l'objectif d'atteindre en 2020, dans le domaine de l'internet, 1M€ par Gbps lancé, soit une division par trois des coûts actuels. Chez

l'Américain Viasat, 3500 personnes travailleraient activement sur une solution de ce type, annonçant la conception d'un satellite d'1Tbps, grâce à des capacités d'investissement liées aux contrats remportés sur des marchés militaires américains captifs. Pour que la filière française puisse rivaliser sur ce marché, les auditions ont permis d'identifier plusieurs actions : d'une part, la

poursuite de la réduction de la masse des satellites grâce au recours à l'impression 3D ou l'utilisation de nanomatériaux et d'autre part l'augmentation des capacités des charges utiles télécoms qui embarqueront de plus en plus de technologies numériques et photoniques. Une autre piste, considérée comme importante, consiste à améliorer la flexibilité des satellites, pour leur permettre de couvrir de larges zones pour les services liés à la mobilité tout en ayant la possibilité de modifier les débits et les puissances selon les zones couvertes afin d'être en mesure de répondre à l'évolution des marchés pendant toute leur durée de vie.

Le soutien public à la compétitivité de la filière nationale passe donc par la mise au point d'une offre française proposant le très haut débit à un marché de masse à un prix compétitif. Les orientations actuelles du budget du CNES, qui intègrent le montant élevé des investissements pour le lanceur Ariane 6, limitent fortement les investissements dans la filière française. Les perspectives envisagées pour la prochaine ministérielle de l'ESA, fin 2016, seraient encore en retrait pour les engagements nationaux dans les satellites télécoms par rapport aux ministérielles précédentes. Si ces orientations ne font pas

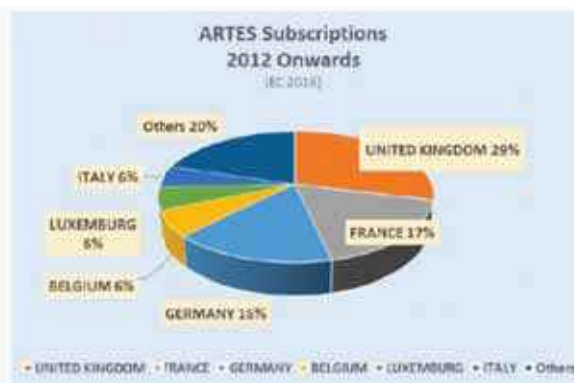
l'objet d'inflexions significatives, la France pourrait être d'ici 10 ans surclassée dans ce domaine par le Royaume-Uni et l'Allemagne, qui ne cachent pas leurs ambitions et y consacrent les moyens financiers correspondants. Ce constat est à la fois vrai pour les maîtres d'œuvres, Airbus/SSTL au Royaume-Uni et OHB en Allemagne et, pour les équipementiers et sous-traitants, TESAT en Allemagne et Airbus/SSTL sur les charges utiles télécoms en particulier. Au cours de ces dernières années, seul le PIA a pu compenser la faiblesse structurelle du budget du CNES dans ce domaine en finançant les innovations nécessaires, dont les effets de levier ont pu être rapidement constatés sur le marché commercial.

Le financement de la R&T industriel le ne doit pas se focaliser uniquement sur les projets de court terme : il doit aussi permettre de lever les verrous technologiques les plus critiques pour la compétitivité de la filière nationale à une échéance de cinq à dix ans. L'objectif est alors de développer des briques technologiques suffisamment matures pour rendre ensuite le risque acceptable pour leur utilisation dans des projets institutionnels ou commerciaux. Parmi les sujets d'intérêt pour les interlocuteurs

> INVESTISSEMENTS DES ÉTATS DANS LE PROGRAMME ARTES DE COMPÉTITIVITÉ DANS LE DOMAINE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS, ENTRE 2012 ET 2016.

The ARTES main subscriber is UK (29 %) followed by France (17 %) and Germany (16 %) since the Ministerial in 2012.

COUNTRY	Subscriptions 2012 Onwards (EC 2016)	
	M€	%
UNITED KINGDOM	352	29%
FRANCE	213	17%
GERMANY	197	16%
BELGIUM	74	6%
LUXEMBURG	69	6%
ITALY	67	5%
Others	246	20%



rencontrés pendant la mission, on peut citer la nouvelle génération de propulsion électrique, les charges utiles digitales et photoniques, les antennes bord à balayage électronique, l'amélioration de la récupération d'énergie, la maturation des liaisons optroniques permettant de s'astreindre des limitations d'accès au spectre radiofréquences, l'automatisation des outils industriels, etc. Pour éviter d'avoir à financer à la fois TAS et ADS sur ces technologies, l'Etat devra veiller à ce que les investissements consentis bénéficient soit à un champion national reconnu et assumé, soit à des équipementiers ou laboratoires français susceptibles d'être sous-traitants des deux maîtres d'œuvre français. En ce qui concerne les laboratoires de recherche, on pourra par exemple s'inspirer de l'ONERA (optique, ballons, propulsion électrique) et du CEA TECH (panneaux photovoltaïques, batteries) qui travaillent à la fois avec Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space. **Cela démontre bien l'intérêt des partenariats entre la recherche publique et l'industrie pour servir la compétitivité, donc les emplois.** Une troisième solution pourrait être envisagée, mais elle nécessiterait une évolution de type structurel et culturel des deux entreprises : elle consisterait à opérer, sur fonds publics et privés, des développements communs, dans l'esprit d'un principe de coopération bien connu dans le secteur de la micro-électronique. C'est pourquoi nous avons intégré des recommandations qui vont dans ce sens dans le chapitre 4.

Pour les satellites de télécommunications, relever le niveau d'investissements annuels en subvention à environ 100M€ pour encourager la compétitivité des industriels français et préparer les technologies d'avenir

L'investissement en amont dans la R&T n'est pas l'unique levier pour soutenir la compétitivité de nos industriels : le soutien en aval doit également être encouragé, soit *via* la commande publique, soit indirectement *via* la régulation de l'accès au marché commercial. Le programme **COMSAT NG**, notifié par la Direction Générale de l'Armement (DGA) à Thales Alenia Space et Airbus Defence &

Space fin 2015 (880M€ pour deux satellites), s'inscrit parfaitement dans cet objectif. Il s'appuie en particulier sur les plates-formes électriques développées par les deux industriels pour le marché commercial et sur les travaux duaux financés par la DGA *via* le CNES, notamment pour les charges utiles télécoms avec Thales Alenia Space (premières générations de processeurs numériques transparents). Par ailleurs, ce programme conforte le savoir-faire industriel de Thales dans le domaine de la sécurisation et de la lutte contre les cyberattaques auxquelles les opérateurs civils s'intéressent de plus en plus. Au niveau européen, le projet **GOVSATCOM de l'Agence Européenne de Défense (AED)** vise à l'optimisation des moyens européens pour des communications institutionnelles garanties, de façon à pouvoir répondre aux besoins de pays ne disposant pas de capacités en propre. Comme ce qui est désormais d'usage pour l'OTAN, ce besoin devra avant tout s'appuyer sur des programmes existants, confortant ainsi les investissements nationaux. Des études sont en cours à l'AED et à l'ESA pour orienter la position européenne sur cette question, comme cela a pu être vérifié lors des auditions avec l'AED à Bruxelles.

Par cohérence, ce soutien de l'Etat à la compétitivité de la filière nationale passe aussi par des conditions adaptées d'accès au marché commercial domestique. Pour construire une offre compétitive alternative face à la proposition américaine de Viasat et éviter de voir les parts françaises s'effondrer sur ce marché d'ici cinq à dix ans, il s'agit donc d'arriver à faire émerger le projet « **Space Fiber** » d'Eutelsat. Celui-ci doit permettre de couvrir un million et demi de clients en France avec un débit d'au moins 30Mbps, *via* l'exploitation de trois satellites d'une capacité de 350Gbps chacun, opérationnels entre 2020 et 2022. Eutelsat n'a pas aujourd'hui pris la décision de s'engager dans cette voie, en raison du coût d'investissement correspondant, probablement supérieur à 1Md€, mais l'Etat dispose de deux leviers pour convaincre l'opérateur d'accepter le risque commercial : **une aide à l'investissement via le troisième Programme d'investissements d'avenir (PIA3) d'une part et l'intégration du spatial dans le plan très haut débit d'autre part.** En

contrepartie, l'Etat devra veiller à ce que la part industrielle française dans la réalisation de la solution technologique retenue soit prépondérante (plate-forme, charge utile, équipements...). L'ambition politique du plan très haut débit est de déployer la fibre optique dans l'ensemble du territoire pour fournir 100Mbps à tous, tout comme le réseau cuivre avait été déployé il y a quarante ans pour la téléphonie fixe. Si ce déploiement se déroule aujourd'hui rapidement dans les zones les plus denses et les plus rentables, la fibre ne devrait pas couvrir plus de 80 % de la population d'ici 2022, pour un coût d'investissement public/privé estimé entre 15 et 20Md€. Il faudra probablement 15 à 20Md€ et dix ans supplémentaires pour couvrir en fibre les 20 % restants. La solution satellitaire présente donc plusieurs intérêts pour l'Etat : un coût de subvention raisonnable au regard des enjeux de déploiement de la fibre, de l'ordre de 500M€, pour un accès très haut débit au sens de l'Union européenne (30Mbps) disponible pour un million et demi de personnes et d'entreprises les plus isolées, dès 2020. Cette solution, très complémentaire des autres solutions technologiques intérimaires envisagées (amélioration du cuivre, réseau 4G LTE), contribuerait à une équité temporelle de traitement de l'ensemble du territoire. Les contacts de la mission avec les opérateurs télécoms comme avec les collectivités territoriales compétentes, généralement les conseils départementaux, rendent optimistes sur l'acceptabilité de cette proposition pour les différentes parties prenantes, mais l'Etat doit affirmer plus clairement cette complémentarité entre la fibre et les satellites dans le cadre de son plan de couverture numérique et l'accompagner d'une information aux élus départementaux.

RECOMMANDATION

Prévoir dans le plan très haut débit un volet satellitaire plus affirmé et définir les conditions qui permettent un accès pour un million et demi de foyers, dans les territoires les plus isolés, dès 2020

En Europe, la France doit également convaincre l'Union européenne de la nécessité d'inscrire le très haut débit dans le cadre du service universel

à fournir aux Européens dans les dix ans à venir. Ce marché bénéficierait alors pour partie, comme en France, aux opérateurs satellites et aux fabricants du « *Space Fiber* » qui permettent d'adresser les zones grises et blanches dans des délais courts : soit pour vendre des capacités inutilisées, soit pour rallonger les séries et ainsi réduire les coûts. La commission européenne pourrait également subventionner l'utilisation des satellites pour aider au développement des régions européennes les plus isolées. Cette suggestion a été bien accueillie lors du déplacement de la mission à Bruxelles par les Directions Générales concernées de la Commission Européenne.

RECOMMANDATION

Intégrer le très haut débit dans la définition du service universel européen

Enfin, pour faire fructifier ses investissements, la France doit aussi promouvoir ses solutions à l'exportation, comme elle a pu le faire ces dernières années au Brésil (projet SGDC), aux Emirats arabes unis (Yahsat) ou plus récemment en Egypte, à la fois en réponse à des besoins institutionnels et grand public. Dans le domaine des télécommunications, **l'accès à des marchés export passe aussi par l'obtention de positions orbitales et de droits d'utilisation des fréquences** attribuées par l'Union internationale des télécommunications où l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) représente la France. L'expertise et l'expérience reconnues de l'ANFR, associées à un cadre législatif français favorable, en font un négociateur recherché par les industriels français et européens pour obtenir leurs droits d'utilisation de fréquences et de positions orbitales. L'augmentation du nombre d'acteurs dans le spatial, en particulier les universités (dont les demandes sont aujourd'hui déposées par le CNES), les laboratoires et les start-ups, peu rodées à ces démarches, fait peser un risque sur les délais de traitement des demandes d'autorisations par l'ANFR. **Si ces délais devaient dépasser les 6 mois, il faudrait alors envisager soit de renforcer les effectifs**

de l'ANFR, soit de réduire les délais réglementaires de consultation publique de la procédure.

Le marché mondial des satellites de télécommunications est le premier enjeu pour les fabricants de satellites. Cette activité représente par exemple 52 % du chiffre d'affaires de Thales Alenia Space, réalisé en grande partie en France. Il s'agit donc du principal débouché pour la filière industrielle française, devant les satellites d'observation.

Les satellites d'observation, fournisseurs de données

Les satellites d'observation de la Terre ne constituent pas un marché aussi commercial que les télécommunications, car les commandes de satellites de ce type sont passées le plus souvent par des acteurs publics ou institutionnels. En revanche, les marchés en aval pour les images et les éventuels services associés sont en émergence, à forte valeur ajoutée et à fort potentiel de croissance dans le domaine commercial : c'est la raison pour laquelle Airbus Defence & Space comme Thales Alenia Space ont confirmé à la mission leurs intentions de se développer sur ce segment de marché.

Les plates-formes des satellites d'observation peuvent être standardisées, mais la nature des charges utiles varie en particulier selon la qualité (résolution, localisation) et le type de données recherchées (images visibles, radar, infrarouges, multispectrales, détection d'éléments chimiques, d'ondes électromagnétiques, etc.). La France a décidé il y a plus de quinze ans de ne pas produire de charges utiles d'observation radar et elle s'appuie donc sur les capacités allemande et italienne en la matière. Dans le domaine de la défense, des accords de mutuelles dépendances existent avec ces pays (accords de Schwerin et de Turin) que la France n'a pas intérêt à rompre, sauf si l'un de ses partenaires avait des velléités de se développer dans l'observation optique qui reste son domaine d'expertise et d'excellence reconnu.

Le marché accessible est essentiellement tiré par le besoin institutionnel européen (météo,

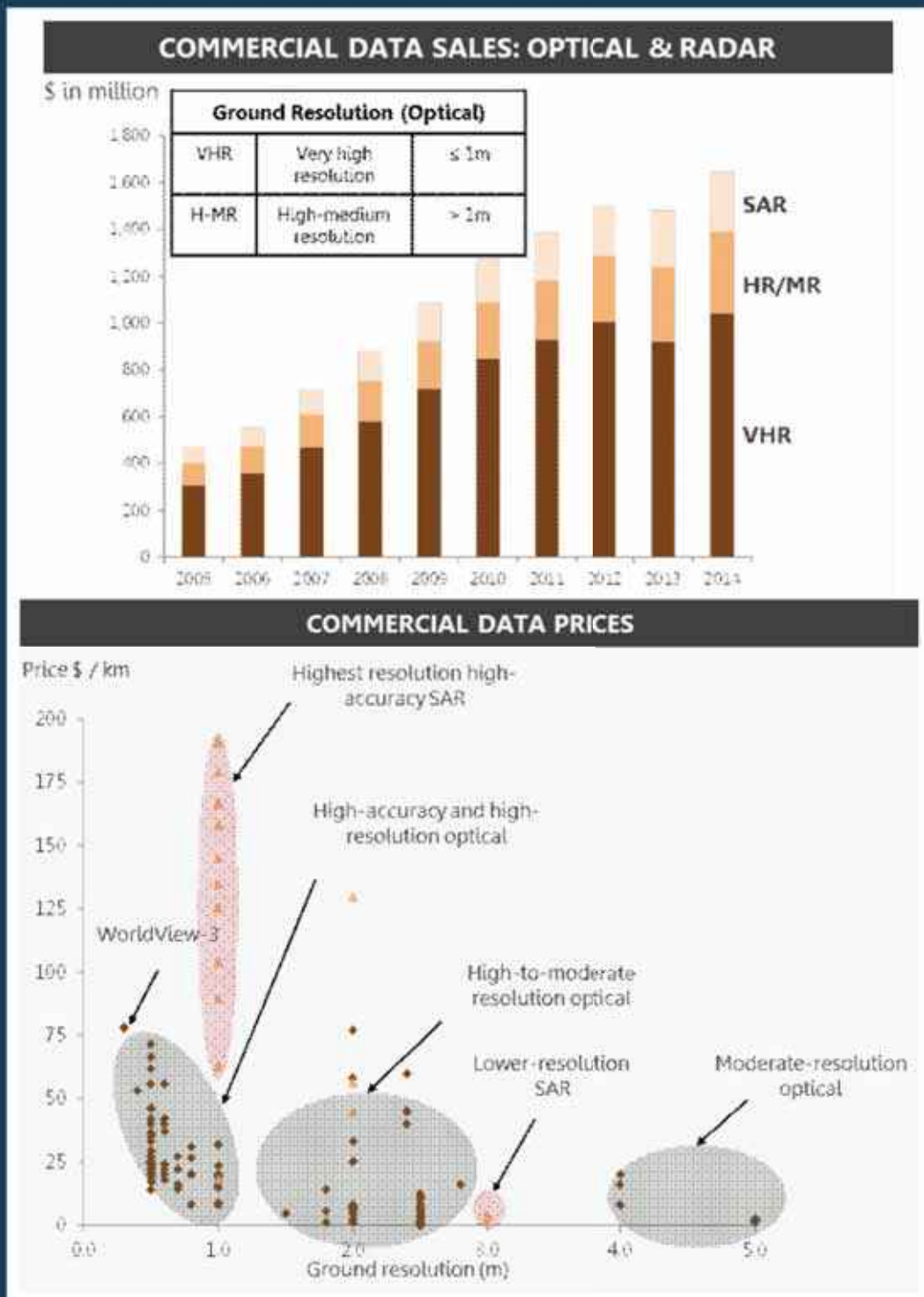
programmes ESA d'observation, programme Copernicus de l'Union Européenne) et l'exportation vers des pays souhaitant disposer de leur propre capacité d'observation (un à deux satellites par an). Les satellites de haute et très haute résolutions, optiques et infrarouges, sont également au cœur des préoccupations militaires en raison des capacités opérationnelles qu'ils apportent et des menaces qu'ils représentent. Ils sont aussi les plus exigeants techniquement et les plus coûteux à produire. La France a su construire une capacité au meilleur niveau mondial grâce à des programmes conduits par le CNES et la DGA, à la fois civils (**SPOT 1 à 5, Pléiades**) et militaires (**Helios**). Avec le lancement du programme **MUSIS** pour la Défense (1,3Md€ pour le développement et la production de deux satellites **CSO**) et le soutien de l'Etat pour l'obtention de nombreux marchés à l'export dans le cadre d'accords intergouvernementaux (Maroc, Pérou, Emirats Arabes Unis, Allemagne), la filière française est aujourd'hui en bonne santé, même si elle souffre trop souvent de la compétition frontale entre les deux maîtres d'œuvre Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space (cf. chapitre 4). Cette compétition, si elle peut servir une saine émulation, ne doit pas pour autant conduire à des pertes de marché à l'export, à l'image de ce qu'a pu connaître dans le passé la filière nucléaire, alors victime de ses conflits internes. **Le CoSpace a aussi pour vocation de fédérer une équipe France et rendre son offre complémentaire chaque fois que possible.**

Les satellites d'observation optique de la Terre sont ceux qui peuvent générer le plus de services dans l'aval de la chaîne. C'est ainsi que la famille des satellites SPOT/Pléiades a permis le développement d'un opérateur français de revente d'images. Cette activité est aujourd'hui portée par Airbus Defence & Space Geo qui, avec 400 personnes en France, est le deuxième acteur mondial derrière l'Américain Digital Globe. Mais son existence même est menacée par la politique d'« open data » adoptée par l'Union européenne pour des images bénéficiant d'une résolution de quelques mètres et, parallèlement, par les nouveaux modèles et acteurs économiques qui **transforment le marché de la donnée en marché des services**. La donnée, de plus en plus accessible, tend à perdre de sa valeur au

détriment des services apportés par son exploitation. La vente d'images reste malgré tout très complémentaire de la vente de satellites, car elle permet de fournir des données, en attendant le lancement d'un satellite vendu à un client export. Il faut en effet compter un délai d'au moins deux ans entre la signature d'un contrat et la réception des premières images par le client : la fourniture d'un service intérimaire à partir d'images recueillies avec des moyens tiers

permet en général de rendre ce délai plus acceptable, voire de compenser d'éventuels retards pendant le déroulement du contrat. Elle permet également de faciliter un service de commercialisation offert à des clients ayant acheté un satellite et soucieux de commercialiser une partie des images ainsi recueillies. Thales a indiqué sa volonté de se positionner et de se développer sur ce segment de marché, principalement *via* la société Telespazio.

> MARCHÉ DES DONNÉES D'OBSERVATIONS DE LA TERRE



Si l'augmentation de la résolution a longtemps été un critère primordial de compétitivité, les progrès technologiques et le renforcement de la concurrence américaine et asiatique, dans le domaine civil comme militaire, rendent désormais le coût des systèmes, la fréquence de rafraîchissement des images et leur qualité (corrections, précisions de localisation) tout aussi importants. Le maintien de la compétitivité de la filière spatiale française passe donc aussi par l'identification de technologies moins coûteuses, voire de concepts qui ouvrent la voie à de nouveaux usages, comme par exemple la capacité de réaliser des surveillances temps réel ou continues depuis l'Espace à des fins de sécurité et de défense. Afin de soutenir la filière spatiale française dans le domaine de l'observation, les leviers sont les mêmes que pour les télécommunications. **Le financement en amont de la R&T industrielle pour la mise au point de briques technologiques innovantes donne aux industriels un avantage compétitif pour le marché des satellites (optique adaptative, miniaturisation...)**. En aval, la filière doit aussi être consolidée *via* l'acquisition de satellites contribuant à un usage national, comme le programme militaire CERES notifié en 2015 qui apporte au Ministère de la Défense une capacité d'écoute électromagnétique. Parmi les acquisitions à envisager, les différents entretiens ont permis de mettre en avant **l'alerte spatiale¹, le satellite Microcarb** (cf. chapitre 2) **et la surveillance géostationnaire**.

Progressivement, la volonté des grands maîtres d'œuvre de se positionner sur les services dans le domaine de l'observation de la Terre pourrait aussi inciter l'Etat - voire l'Union européenne - à modifier la nature d'une partie de son engagement. Plutôt que de développer tous les systèmes en gestion patrimoniale, **la puissance publique et l'Union Européenne pourraient, dans certains cas, se positionner comme clients sur le marché des données et des services**, en incitant autant que possible les grands industriels à s'entendre avec des PME du domaine (CLS, Magellium, start-ups). C'est le schéma retenu par la NGA (National Geospatial-Intelligence Agency)

américaine avec Digital Globe : un contrat pluriannuel garantissant au moins 300M\$ par an, qui permet à cet industriel américain d'être aujourd'hui leader mondial. Cette visibilité à long terme lui permet d'assurer l'investissement dans les systèmes satellitaires et l'incite à rentabiliser cet investissement dans d'autres domaines. Cet enjeu est aussi au cœur des réflexions actuelles sur deux projets a priori divergents envisagés en parallèle par la filière française pour l'observation optique de la Terre. D'une part, le CNES promeut le programme **THR NG** (pour très haute résolution - nouvelle génération) dont une première étude de concept a été initiée en 2015 avec Airbus Defence & Space et Thales Alenia Space, qui vise à développer et acquérir un satellite dual exportable de 25 à 30 cm de résolution à partir d'un instrument fourni par Thales Alenia Space. Dans le même temps, Airbus Defence & Space a évoqué pendant la mission sa volonté **d'autofinancer un projet de constellation de 4 satellites** de très haute résolution, destinés à alimenter Airbus DS Geo. Les deux projets témoignent de modèles d'affaires différents et interpellent d'une part sur le risque de monopole français d'Airbus pour l'accès aux images et le développement des services associés et d'autre part sur le **rôle de l'Etat** face à deux industriels plus matures et prenant des initiatives financées sur fonds propres, y compris dans un domaine dont les applications concernent la défense et la sécurité. Il s'agit typiquement d'une situation où **le dialogue entre le CNES, la DGA et les deux entreprises devrait permettre de converger sur une solution commune**, préservant à la fois les intérêts stratégiques et les intérêts commerciaux de notre pays. La **constitution d'une société** projet entre Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space sur l'observation très haute résolution pourrait être une orientation susceptible de ménager les intérêts de la France ; le PIA pourrait d'ailleurs y contribuer. La suite dira si cette situation d'équilibre a été privilégiée, ce qui paraît tout à fait souhaitable sous peine de déstabiliser profondément la filière.

¹ Cette capacité de contribuerait indirectement à la dissuasion nucléaire en fournissant des moyens d'alerte en cas de tirs de missiles balistiques de puissances étrangères. Grâce à des

démonstrateurs, la France a démontré posséder les capacités techniques, mais ce programme a été régulièrement reporté en raison d'arbitrages internes au Ministère de la Défense.

Dans le domaine des satellites d'observation très haute résolution, clarifier la stratégie post-Pléiades et post-CSO entre les besoins militaires et civils – envisager la création d'une société projet dédiée entre Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space

Pour les projets les moins risqués techniquement, acquérir des données d'observations de la terre et des services associés auprès de sociétés fiables *via* des contrats long terme plutôt que des programmes nationaux patrimoniaux

Financer des projets d'acquisition de nouveaux systèmes satellitaires d'observation de la Terre pour des capacités stratégiques (alerte spatiale) ou nécessitant des développements risqués (surveillance géostationnaire)

Galileo : un système européen stratégique pour la navigation et la localisation

Le troisième segment de marché abordé concerne la navigation et la géolocalisation pour laquelle la Commission européenne et l'ESA ont développé une initiative volontariste, ce qui doit être encouragé. L'Union Européenne a en effet décidé en 1999 de lancer le programme Galileo pour se doter de son propre système de navigation par satellite, dans un contexte international où cohabitent trois systèmes, un américain, le GPS, le plus largement utilisé, ainsi qu'un russe et un chinois. Après une présérie fournie par Airbus Defence & Space, le contrat de production de la première tranche de 22 satellites a été attribué à l'Allemand OHB (associé au Britannique SSTL pour la charge utile), jugé mieux-disant par l'Agence spatiale européenne malgré la faiblesse de son expérience et de son expertise par rapport à Airbus Defence & Space et Thales Alenia Space. Le programme a connu de nombreux surcoûts et retards au cours des premières années de sa mise en œuvre (dans son

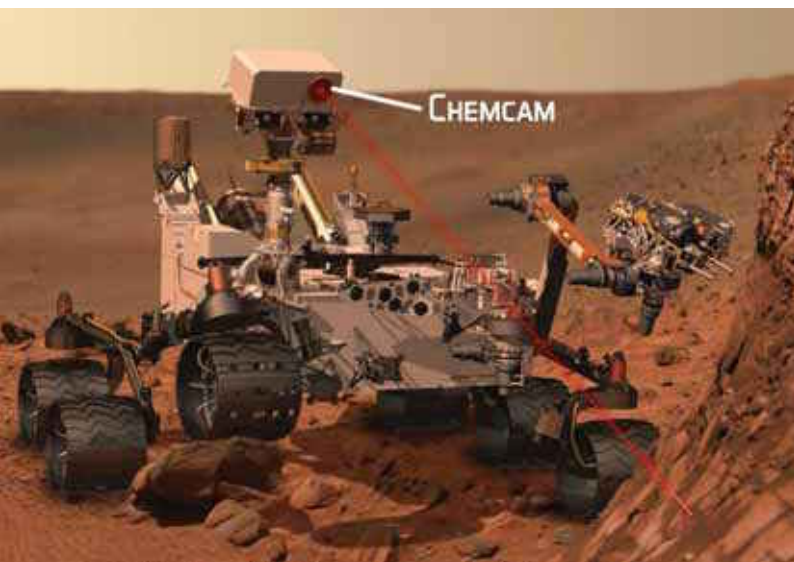
référé du 19 octobre 2015, la Cour des comptes constatait pour Galileo « un retard de 13 ans ») mais il semble aujourd'hui sur les rails avec un service initial envisagé avant la fin de l'année 2016, ce qui a été confirmé lors de la rencontre de la mission avec la commissaire européenne, Mme Bienkowska. La crédibilité acquise, après des débuts difficiles, par le programme Galileo et la qualité de services annoncée, sont confirmées par l'intérêt porté par la défense américaine à une redondance de son GPS grâce à l'utilisation de Galileo, ce que l'interopérabilité du programme rend possible.

Si le principe d'une compétition semble acté pour les huit derniers satellites en 2016/2017, les systèmes sont récurrents à cette constellation et OHB dispose désormais d'un net avantage compétitif grâce à l'expertise acquise par la réalisation de la première série. Un changement d'opérateur à ce stade pourrait même être considéré comme une prise de risque dans un marché dont les délais et les coûts doivent désormais être impérativement tenus. Une seconde source de satellites Galileo restera néanmoins utile pour sécuriser à long terme le programme.

Par ailleurs, d'autres systèmes spatiaux de localisation existent ou sont envisagés, comme le système Argos ou son dérivé Cospas-Sarsat russo-américain. Moins précis que les systèmes de navigation complexes comme Galileo, Argos permet avant tout de suivre des balises, dans un usage initialement environnemental mais désormais plus large. Ce système est mis en œuvre par CLS, « spin-off » du CNES de 550 personnes dont le siège est à Toulouse. L'enjeu est aujourd'hui d'en maintenir les capacités satellitaires en orbite. Les charges utiles Argos sont en effet jusqu'à présent embarquées sur d'autres satellites, en particulier sur ceux de la NASA, mais ces opportunités se raréfient. L'avènement des nanosatellites, dont le sujet sera abordé plus loin, pourrait compléter les capacités en orbite sur des plates-formes dédiées.

Science et exploration

Les satellites scientifiques et les sondes d'exploration sont en général conçus pour des usages uniques. Ils contribuent à la fois à des besoins de recherche, le plus souvent fondamentale et à l'attractivité du domaine spatial par le rêve, la curiosité et la fierté qu'ils peuvent susciter au sein du grand public (théories scientifiques, exploration spatiale, effet « pionnier »...). Le coût d'une mission significative dans le domaine scientifique, en particulier pour l'exploration, se chiffre en plusieurs centaines de millions d'euros. Dans un budget contraint, la recherche de partenariats au niveau européen, voire international, doit donc être privilégiée. **La mission Curiosity sur Mars peut, de ce point de vue, servir de modèle** : sur la période 2004-2018, la France n'aura dépensé que 50M€, dont 36M€ *via* le CNES, pour le développement de l'instrument **Chemcam** (caméra chimique) et le **laboratoire d'analyse SAM**, soit environ 2 % du coût total du programme. L'excellence de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie de Toulouse (CNRS et Université Paul Sabatier) et de ses équipes scientifiques qui ont co-développé l'instrument Chemcam très innovant avec un laboratoire américain, a engendré pour la France une contribution de l'ordre de 25 % du total des publications scientifiques liées à la mission Curiosity. Cela a permis aux mêmes équipes, avec des coopérations scientifiques et technologiques sur le territoire national, d'être retenues à nouveau par la NASA pour équiper le « Rover » qui sera lancé sur Mars en 2020 avec une nouvelle caméra, la SuperCam, grâce à laquelle la mission d'exploration de Mars peut produire des données précieuses pour approfondir notre connaissance de cette planète.



Le levier représenté par les missions scientifiques pour la filière industrielle ne doit pas être sous-estimé. La participation française à ces programmes doit donc non seulement cibler des équipements-clés pour les avancées scientifiques, mais elle doit aussi s'inscrire dans le développement de la filière nationale chaque fois que possible. Ces missions scientifiques dans l'espace s'appuient sur des équipements spatiaux réutilisables sur le marché commercial (viseurs d'étoiles, gestion de l'énergie, transmission des données, etc.), en repoussent parfois les limites technologiques existantes et offrent aux industriels une visibilité et une crédibilité précieuses à l'international. C'est le cas de la société Photonis, qui n'a pas hésité à communiquer sur sa présence à bord de la sonde JUNO de la NASA au moment où celle-ci s'approchait de l'orbite de Jupiter en juillet 2016.

Extrait du site internet de Photonis du 7 juillet 2016



Cela sera aussi le cas pour les différents systèmes technologiques de conception et fabrication françaises que l'astronaute Thomas Pesquet emportera avec lui dans la station internationale à la fin de l'année, comme le T-shirt connecté de la société Cityzen Sciences, qui rendra sa combinaison « intelligente », avec capacité de surveiller ses constantes vitales (Electrocardiogramme et fréquence cardiaque). L'astronaute italienne, Samantha Cristoforetti, lors de sa récente mission, n'a pas hésité à vanter les mérites d'une cafetière italienne spécialement conçue pour proposer un « espresso » dans un système en apesanteur ! Les images de ces cafés italiens dégustés à bord du vaisseau spatial ont fait le tour des réseaux sociaux et des médias et ont fait bondir les ventes de la société concernée. Il faut de la même façon saisir la formidable opportunité de

valorisation de la recherche et de l'industrie nationale offerte par la mission de six mois de Thomas Pesquet et de celles qui viendront après lui.

L'investissement français dans certaines niches liées à des missions scientifiques ou d'exploration peut aussi permettre de diffuser des innovations dans d'autres domaines que le spatial. C'est en particulier le cas pour **le support-vie des missions habitées** (maîtrise de l'environnement des astronautes : qualité de l'air, eau potable, nourriture, protection contre les radiations, bactériologie), pour lequel les compétences françaises sont au meilleur niveau mondial et qui justifient un investissement national dans les missions scientifiques. L'institut MEDES, à Toulouse, permet ainsi de développer un lien fort entre les vols habités et les innovations dans le domaine de la santé (imagerie osseuse, imagerie dentaire, télé-échographie). D'autres applications sont envisagées dans le domaine de la défense (protection nucléaire, radiologique, bactériologique et chimique, support-vie dans les sous-marins nucléaires, etc.), de l'énergie (maîtrise des radiations) ou du développement durable (traitement des eaux). Des débouchés commerciaux pourraient même être trouvés pour le tourisme spatial.

L'entretien avec le Président de l'Agence spatiale européenne, Johann Wörner, a permis de préciser l'ambition de son projet du « Moon village » (cf. chapitre 4) dont la presse s'est faite régulièrement l'écho depuis le début de l'année 2016. Plus que l'objectif de créer un village lunaire, l'enjeu est de fédérer un certain nombre de projets scientifiques et d'initiatives commerciales, tout en dépassant les limites atteintes de l'exploration (séjour de longue durée sur un autre astre que la Terre, poste avancé pour soutenir l'exploration de Mars ou autres). Tout reste à définir au regard des coûts associés, mais cette proposition ambitieuse ne doit pas être rejetée a priori. Au contraire, elle peut même être également le réceptacle de coopérations internationales avec la Chine, les Etats-Unis ou la Russie. **Au sein d'un tel projet, la France doit réfléchir aux axes prioritaires dans lesquels elle souhaite s'inscrire (support-vie ? robotisation ? orbiteurs ?), de la même façon**

qu'elle doit s'interroger sur son implication future ou non dans l'exploitation de la station spatiale internationale. Une des contreparties essentielle de l'implication de la France dans ces projets doit être la sauvegarde de la possibilité d'envoyer des astronautes français dans l'espace.

Enfin, la France aurait intérêt à porter un projet national significatif dans le domaine de la science ou de l'exploration pour ces quinze prochaines années. Un tel projet serait susceptible d'encourager les vocations scientifiques en misant sur la fierté nationale, sur l'audace et la prise de risques associées, ainsi que sur l'aspect pionnier et inédit de telles missions, à l'image du robot Philae porté par la sonde Rosetta sur la comète Tchoury en 2015. Cela s'anticipe : la mission Rosetta a nécessité plus de vingt ans de préparation préalable et fera l'objet d'analyses scientifiques pendant de nombreuses années. Le choix d'un tel projet doit être guidé par son intérêt scientifique, dans le domaine de la recherche fondamentale comme technologique, mais aussi par son impact médiatique et l'attractivité qu'il suscitera pour le spatial. La possibilité de faire appel à des sources de financement innovantes ne doit pas être écartée a priori dans le domaine scientifique, comme le montre le **projet « Twinkle »**, financé partiellement par l'Union européenne dans le cadre de son programme Exodata. Ce petit satellite doit être fabriqué par la société britannique SSTL, filiale d'Airbus, en partenariat avec des universités britanniques à partir de composants sur étagère et sera lancé en 2019 pour une durée de vie de 3 à 5 ans environ. Ce programme prévoit que les données captées par « Twinkle » puissent être revendues à divers pays ne disposant pas de capacités spatiales pour leur permettre de travailler à l'identification et l'analyse chimique des exoplanètes. Des recherches de financement participatif au niveau du grand public pourraient également être envisagées, si le projet est ambitieux : le Massachusetts Institute of Technology a réussi à récolter par ce biais 125 000\$ auprès de ses anciens élèves en un peu plus d'un mois pour une mission orbitale autour de la Lune.

Maintenir une participation française dans les programmes scientifiques internationaux en ciblant les instruments et les équipements avec de forts effets de levier sur les publications scientifiques et le renforcement de la filière industrielle

Investir dans des niches technologiques comme le support-vie où la France est reconnue et où les innovations peuvent diffuser vers d'autres secteurs

S'investir dans un projet scientifique national mobilisateur pour ces 15 prochaines années

3 -

Les nouveaux acteurs, nouvelles technologies et nouveaux usages : petits satellites, constellations et services en orbite

La baisse des coûts et des délais d'accès à l'espace, la miniaturisation de l'électronique et le développement du numérique permettent la viabilité de nouveaux modèles économiques mettant en œuvre des moyens spatiaux. Certains sont basés sur la mise en place de constellations pour profiter de l'effet série (Oneweb et dans une moindre mesure O3b), d'autres ciblent avant tout des usages dans lesquels le satellite n'est qu'un outil, en particulier dans le domaine de l'observation de la Terre. Ces nouveaux modèles économiques, apportés souvent par des acteurs qui ne viennent pas du spatial, bousculent l'industrie traditionnelle et la poussent à repenser ses méthodes de travail.

L'enjeu pour les industriels est de revoir leurs processus de développement et de fabrication habituels pour rester compétitifs et donc de passer du modèle de conception sur mesure au concept de la série. L'Italie, pour accompagner la mutation de son industrie, a ainsi investi 80M€ sur trois ans dans la conception d'une filière italienne de mini-satellites (100 à 200kg), pour des usages télécoms ou observation. En Allemagne, l'accent est mis sur les composants, avec un soutien public aux PME pour développer des produits dans ce domaine (« Komponenten Initiative »), et un budget - modeste - pour encourager des développements innovants. Ces initiatives nationales ne trouvent malheureusement pas de réelle coordination au niveau européen.

> CONSTELLATIONS DE PETITS SATELLITES FINANÇÉES SUR FONDS PRIVÉS

*LEO : orbite basse

*MED : orbite moyenne

*SSO : orbite polaire

*GEO : orbite géostationnaire

	COMSAT	EOSAT
CONSTELLATIONS IN OPERATION IN ORBIT	Iridium (LEO*) Globalstar (LEO) Orbcomm (LEO) O3b (MEO*)	RapidEye (SSO*)
CONSTELLATIONS UNDER DEPLOYMENT		Skybox Imaging (SSO) Planet Labs (LEO)
CONSTELLATIONS IN DEVELOPMENT (2)	OneWeb (LEO) Steam (LEO) LeoSat (LEO) + at least 4 filings at the ITU for non-GEO systems	UrtheCast (SSO) BlackSky (SSO) Spire (LEO) PlanetIQ (LEO)

Le principe des constellations existe depuis plus longtemps dans le domaine des télécommunications : **Iridium** (téléphonie par satellite, 66 satellites), **Globalstar** (téléphonie par satellite, 48 satellites) et **Orbcomm** (messagerie commerciale, 35 satellites) ont ainsi été initiées dès le début des années 90. L'exemple d'Iridium est symptomatique de l'évolution du marché. Cette constellation n'a pas connu le succès commercial espéré à son lancement et la société a dû déposer le bilan en 1999. Relancée par des investisseurs privés en 2001, elle compte aujourd'hui 800 000 abonnés et prévoit le remplacement de ses satellites avec la génération **Iridium Next**, tout comme **Globalstar** et **Orbcomm**. La baisse des contraintes d'accès à l'espace et les perspectives commerciales liées au besoin mondial de connectivité ont en effet relancé ses activités. Pour autant, si les conditions d'une rentabilité économique se sont nettement renforcées, plusieurs contraintes subsistent et devraient limiter le nombre de projets qui seront *in fine* déployés. Ces contraintes sont à la fois réglementaires (accès aux fréquences), opérationnelles (capacité de débit par satellite), techniques (antennes de réception) et commerciales (distribution).

Dans les télécommunications, la filière française a su remettre en cause ses schémas traditionnels. Airbus Defence & Space a ainsi été retenu comme fournisseur des 900 satellites du projet de constellation Oneweb, destiné à la distribution d'accès internet par satellites pour tous les habitants de la planète. L'investissement global nécessaire à la réalisation de ce projet est estimé à plus de 2,5Mds\$ et Airbus Defence & Space, qui a investi 150M€ dans le projet, devra produire jusqu'à deux satellites de 150kg par jour, à comparer à la douzaine de satellites de 6T qu'elle produit aujourd'hui par an. Le PIA, qui a financé mi-2015 un programme sur les constellations au profit d'équipementiers, a ainsi directement contribué au succès de **SODERN**, société française de 350 personnes, retenue par Airbus Oneweb pour fournir 1800 viseurs d'étoiles. Dans le cas de SODERN, le défi est ambitieux puisqu'il s'agit de passer d'une dizaine à deux mille viseurs d'étoiles, avec un coût divisé par 100 ! Une visite et des

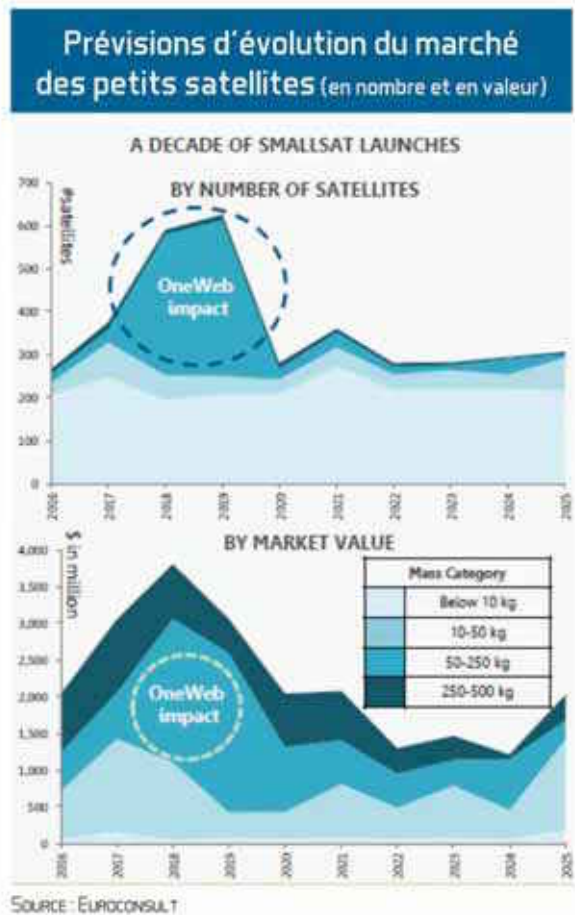
entretiens nous ont montré à quel point ce type de marché modifiait en profondeur et améliorerait la compétitivité de l'entreprise : conversion au « lean management », acculturation à un monde et des références nouvelles, formations associées du personnel... la motivation s'en trouve décuplée et ces marchés d'une nature tout à fait nouvelle bénéficient clairement à l'emploi et à la compétitivité tout en attirant de nouveaux talents.

Ces constellations peuvent aussi permettre à de nouveaux acteurs de rentrer sur le marché spatial : c'est le cas par exemple de l'entreprise **Teledyne UK**, aux compétences issues des télécommunications terrestres, sélectionnée pour le projet Oneweb malgré des propositions concurrentes d'acteurs déjà confirmés du domaine. **Thales Alenia Space** est de son côté présent sur d'autres constellations de télécommunications : **Globalstar, Iridium et O3b**, dont les enjeux sont aussi considérables (81 satellites Iridium Next commandés en 2010 pour 2,1Md\$, 6 satellites Globalstar commandés en 2012 pour 150M€, 8 satellites O3b supplémentaires commandés en 2015 pour 460M€). Initialement créée pour donner à trois milliards d'individus l'accès à internet, en Afrique, en Amérique latine ou en Asie, la constellation O3b (12 satellites aujourd'hui en orbite moyenne, avec une volonté d'aller jusqu'à 20 satellites) a finalement trouvé son marché dans le domaine des entreprises. La rentabilité qu'elle a obtenue avec seulement 42 clients lui permet aujourd'hui d'envisager de déployer une nouvelle génération de 16 satellites (commande estimée à plusieurs centaines de millions d'euros, avec une décision attendue en 2016). Thales Alenia Space travaille également avec **LEOSAT** à la conception d'un projet de constellation d'au moins 78 satellites en orbite basse : pour un coût d'investissement estimé à au moins 2,5Mds\$, LEOSAT apportera des services internet haut débit sur l'ensemble du globe mais concentrerait ses ventes sur quelques marchés ciblés comme la mobilité maritime, l'exploration gazière et pétrolière ou les cœurs de réseaux télécom.

Pour **l'observation de la Terre**, les projets de constellations de satellites sont dominés par l'initiative de l'Américain **Planetlabs**. Cette

société, créée en 2010, a racheté en 2015 la société allemande **Blackridge**, qui détenait une petite constellation **Rapideye** (5 satellites de 5m de résolution, conçus par SSL/MDA et produits par le Britannique SSTL). Elle déclare aujourd'hui avoir fabriqué et lancé plus de 100 nanosatellites (cubesats 3U de 3 à 5m de résolution) dont plusieurs dizaines seraient toujours fonctionnels pour une centaine de clients **dans le domaine de la cartographie, de l'urbanisation et de l'agriculture**. Les performances obtenues (résolution de moins de 5m, avec une période de revisite courte) sont finalement très complémentaires des systèmes traditionnels et **Planetlab** est un exemple des nouveaux modèles économiques dont le retour sur investissement est envisageable. La société a ainsi pu lever près de 183M\$ de fonds d'investissement privés entre 2010 et 2015. *Via* sa société **Terra Bella** (ex Skybox Imaging), **Google** s'est aussi investi dans ce domaine depuis 2014 : il dispose aujourd'hui de 2 satellites et envisage de déployer avant fin 2017 jusqu'à 21 satellites d'observation de 120kg chacun, fabriqués par Loral/MDA, pour commercialiser des images à moins d'un mètre de résolution et, surtout, les services associés permettant d'augmenter leur valeur ajoutée. Si les industriels français sont très présents dans le marché des constellations de télécommunications, ils paraissent étrangement absents des constellations de petits satellites dédiés à l'observation de la Terre, que ce soit sur les plates-formes ou sur les instruments, malgré la grande expertise dont ils disposent dans ces domaines par ailleurs. **Il s'agit donc d'une niche à creuser pour développer la filière aval et les emplois associés.**

De manière générale, **la France est en retard dans le domaine des nanosatellites**, là où les Américains et les Britanniques (Clyde Space), voire les néerlandais (ISIS) ou les Danois (Gomspace), ont une position déjà dominante. La taille de ce marché paraît aujourd'hui anecdotique, mais il est en très forte croissance. Il devrait aussi intéresser l'Etat comme utilisateur et permettre à des start-ups de se développer dans les usages.



L'exemple de **Nexeya** est, de ce point de vue, intéressant. Nexeya est une entreprise toulousaine de taille intermédiaire, avec 1000 salariés, présente notamment dans le domaine spatial (20M€ de chiffre d'affaires) depuis plus de 20 ans comme sous-traitant d'Airbus Defence & Space et de Thales Alenia Space. Son métier dans le spatial consiste à concevoir et produire des dispositifs pour les sous-ensembles électriques et mécaniques des satellites. Elle est présente dans les constellations d'Iridium et de Globalstar en sous-traitance de Thales Alenia Space et espère trouver une place dans la constellation OneWeb. Lors des entretiens

Soutenir la filière française *via* un programme de compétitivité pour le renouvellement des constellations télécoms

Mettre en œuvre des programmes de R&T nationaux pour investir dans la miniaturisation des charges utiles, en particulier pour l'observation de la Terre, et dans l'augmentation des cadences industrielles

réalisés pendant la mission, son Président a affirmé clairement son ambition de créer une filière industrielle française de nanosatellites en se démarquant de la concurrence par la fiabilité des nanosatellites produits. Un prototype a déjà été développé. Cette initiative est une opportunité pour la France, qu'il convient d'encourager avec davantage de volontarisme et de célérité. Le projet ELISE, dont 2,3M€ sur les 5,5M€ du projet total ont été financés par le Fonds Unique Interministériel permet à un consortium mené par Nexeya de concevoir une architecture de nanosatellites multi-missions. Pour que la démarche aboutisse, il manque désormais les projets permettant à Nexeya d'aller jusqu'à l'intégration de charges utiles et la démonstration en orbite de son savoir-faire. Cette référence domestique est la condition de son développement commercial à l'international. L'investissement nécessaire à la réalisation de ce démonstrateur est d'environ 3M€. Plusieurs projets sont envisagés au niveau national : l'installation de **balises Argos avec CLS** et la participation à des projets de start-ups comme **Earth^3**, des partenariats avec des centres spatiaux universitaires, etc. La puissance publique doit s'impliquer pour développer cette filière, par exemple en se positionnant comme client de services intéressant la défense, la recherche et le CNES. Comme l'a souligné Earth^3 pendant la mission, les programmes de démonstration en orbite (cf. chapitre 4) sont des opportunités de développer très rapidement à la fois la filière de conception et de production des nanosatellites et les fournisseurs de services. Le CNES pourrait utilement s'inspirer des initiatives mises en place au Royaume-Uni, à l'ESA ou à la NASA sur ce sujet. Le Royaume-Uni a déjà mis en place un programme de ce type *via* sa structure d'innovation Catapult (cf. chapitre 2) qui offrira 4 cubesats, avec les lancements correspondants d'ici la fin 2017, après un appel à idées. Le budget d'1,5M€ couvre la commande des cubesats auprès de l'Écossais Clyde Space, leur lancement sur ISS *via* la société américaine Nanoracks et la modernisation des moyens sols spécifiques au Royaume-Uni. De son côté, la NASA a mis en place un challenge (**Cube Quest Challenge**), doté de 5M\$, pour financer des équipes proposant des opérations avancées autour de la Lune avec des petits satellites. La NASA utilise aussi ces

nanosatellites pour démontrer de nouvelles technologies, comme par exemple la capacité de deux nanosatellites de 5 kg à coordonner leurs trajectoires en orbite pour *in fine* s'amarrer l'un à l'autre, ce qui pourrait préfigurer des applications futures de services en orbite (voir p.74). La visite réalisée par le Groupe des Parlementaires pour l'Espace aux États-Unis en juillet 2015 a permis de constater le développement de start-ups, parfois issues de la NASA, toute proche, dédiées aux nano-satellites ou « cubesats » pour des applications environnementales, agricoles, d'aménagement du territoire...

Comment rattraper le retard de la France dans ce domaine ? L'initiative de Nexeya pour la fabrication de nano-satellites, si elle mérite d'être davantage encouragée et accompagnée, n'est cependant pas suffisante. Pour se développer, les acteurs souhaitant mettre en œuvre des nano-satellites doivent aussi **s'appuyer sur des services de lancement spécifiques et sur des segments sol**. Arianespace ne s'est pas engagé pour l'instant dans le service de lancements de nanosatellites et ce sont aujourd'hui les agences (CNES, ESA) qui soutiennent les initiatives d'universités ou de start-ups. Pour se développer, l'écosystème des nanosatellites prévoit aussi la mutualisation des segments sol, avec les économies induites par la standardisation des équipements. De fait, quelques acteurs américains (Kratos, Space Flight Services) sont déjà présents sur ce secteur et Leaf Space (Italie) paraît à ce jour le mieux placé pour fédérer une filière au niveau européen. Le lancement par le CNES au Toulouse Space Show en juin 2016 d'un « club nano » est une première étape permettant de mieux connaître les acteurs français du domaine, qui avancent aujourd'hui en ordre dispersé. Pour pouvoir structurer la filière, cette initiative doit maintenant être soutenue financièrement et se traduire par des projets concrets à lancer avant 2017. Elle doit aussi identifier les capacités qui font aujourd'hui défaut : service de lancement, accès aux positions orbitales, segment sol, tout en encourageant les initiatives au niveau européen.

Développer l'écosystème français des nanosatellites *via* le financement d'appels à projets réguliers et de subvention de la R&T pour la miniaturisation des équipements

Susciter au niveau européen la création d'une filière industrielle de segment sol dédié aux cubesats, voire de services de lancement spécifiques, pour soutenir l'émergence de projets s'appuyant sur les nanosatellites

S'il ne s'agit pas stricto sensu de systèmes spatiaux, la question des pseudosatellites, ou pseudolites stratosphériques, ces plates-formes volant à des altitudes en général voisines de 20km, doit être considérée par les acteurs spatiaux en raison de leur complémentarité avec les satellites, à la fois dans certaines technologies (batteries solaires, charges utiles) et dans les usages. Parmi les projets les plus médiatisés, on peut citer le Stratobus (cf photo ci-dessous) de Thales Alenia Space, co-financé grâce au PIA à hauteur de 17M€, le Zéphyr d'Airbus Defence & Space et les ballons Loon de Google, projet auquel le CNES a contribué. Ces moyens pourront offrir des capacités locales et permanentes pour l'observation de la Terre et les télécommunications et seront utiles pour compenser des défaillances locales, par exemple en cas de perte d'un réseau de communications après une catastrophe naturelle. Ils offrent finalement une capacité intermédiaire entre les satellites en orbite - qui peuvent eux balayer

l'ensemble de la Terre - et les drones, disposant d'une capacité d'observation au plus près du terrain, mais avec une autonomie moindre.

Les services en orbite sont une nouvelle activité spatiale qui pourrait aboutir dans quelques années par la conjugaison des progrès technologiques et de l'émergence de nouveaux besoins. Les usages que l'on peut imaginer à ce jour concernent le remplacement de charges utiles ou le remplissage de carburant dans les satellites géostationnaires (besoins exprimés clairement par l'opérateur SES lors de la mission) et le changement d'orbite d'objets spatiaux permettant aussi la désorbitation de débris. Indirectement, ce domaine pourrait se développer dans le cadre de l'exploration martienne ou de l'exploitation de minéraux spatiaux ainsi que dans le domaine de la défense. Un certain nombre de verrous technologiques restent à lever, concernant les rendez-vous en orbite, collaboratifs ou non, l'automatisation, le développement d'une infrastructure logistique et d'un remorqueur spatial, etc. Si des usages commerciaux peuvent être envisagés, ces développements technologiques risqués ne pourront être initiés que grâce à des investissements publics ou institutionnels.

Afin de répondre à l'émergence des besoins institutionnels et commerciaux liés aux services en orbite, prévoir le financement des briques technologiques et de démonstrations en orbite avant 2025



4 -

Les segments sol, un enjeu à prendre davantage en compte

Les segments sol sont parfois négligés dans leur apport aux systèmes spatiaux, alors qu'ils sont incontournables : ce sujet a d'ailleurs été ignoré ou survolé lors de la plupart des auditions conduites dans le cadre de ce rapport. Les segments sol comptent pourtant de plus en plus dans la compétitivité de l'offre française en raison de leur complexité et coût croissants mais aussi à cause des optimisations nécessaires avec les systèmes orbitaux dans la conception d'un système complet.

Dans le domaine des télécommunications, la flexibilité accrue des satellites offre davantage de possibilités aux opérateurs et renforce l'importance des segments sol permettant de suivre, piloter et reconfigurer ces satellites pour adapter la qualité des services vendus. Ils permettent d'optimiser à chaque instant les revenus économiques associés. C'est l'objet du développement par Thales Alenia Space, dans le cadre du PIA, de son produit « Space Gate 5 ». D'autres acteurs français comme GE Satellite Tracking Systems ou Actia disposent de compétences dans ce domaine et les acteurs français devront chercher à consolider leur offre pour être compétitifs face au leader américain du marché, GD Satcoms. Pour les constellations en orbites basses ou moyennes, la performance du système et son coût sont aussi déterminés par l'implantation et le nombre des segments sols qui permettent l'interconnexion avec des réseaux terrestres (9 stations sol pour 12 à 20 satellites O3b).

En particulier, l'absence de liaisons inter-satellites dans certaines constellations contraint chaque satellite en défilement à réémettre vers le sol les éléments reçus : soit les territoires ciblés doivent être couverts de stations sol capables de suivre ces satellites, ce qui limite les possibilités sur l'océan ou les zones peu accessibles, soit les données sont stockées par le satellite et ne peuvent être retransmises qu'après plusieurs heures, comme le prévoit la constellation russe Gonets. Dans le domaine de l'observation, l'afflux de données captées par les satellites renforce les contraintes techniques de stockage et de traitement des informations et déplace les enjeux commerciaux du satellite vers le segment sol où se crée une grande part de la valeur ajoutée. Dans le domaine de la navigation, le segment sol permet d'améliorer les performances du système, *via* des recalages complémentaires : en Europe, il s'agit du système EGNOS, opérationnel depuis 2009 pour le GPS et prévu pour Galileo, qui dispose de 34 stations terrestres et d'une composante satellitaire additionnelle. A travers Galileo et EGNOS, l'Europe se dote de moyens de navigation par satellite autonomes et sécurisés. Ils permettront d'assurer à l'ensemble des utilisateurs (voitures, trains, avions, bateaux, missiles, etc.) qui utilisent aujourd'hui le GPS une autonomie d'action et une confiance accrue dans les informations de navigation qui leur sont fournies. La France, avec Thales comme industriel de référence, est maître d'œuvre du système EGNOS, maîtrise la Mission de Galileo et garantit la capacité du système à fournir un service sécurisé PRS (*Public Regulated Service*) compatible d'une utilisation militaire. Ce service de localisation PRS est essentiel dans la stratégie française pour l'autonomie vis-à-vis du GPS américain, la localisation de systèmes

Intensifier les efforts initiés par le PIA pour faire émerger une solution française de référence pour le segment sol de mission des systèmes satellitaires de télécommunications très haut débit

d'armes français et également la vente de systèmes d'armes à l'export.

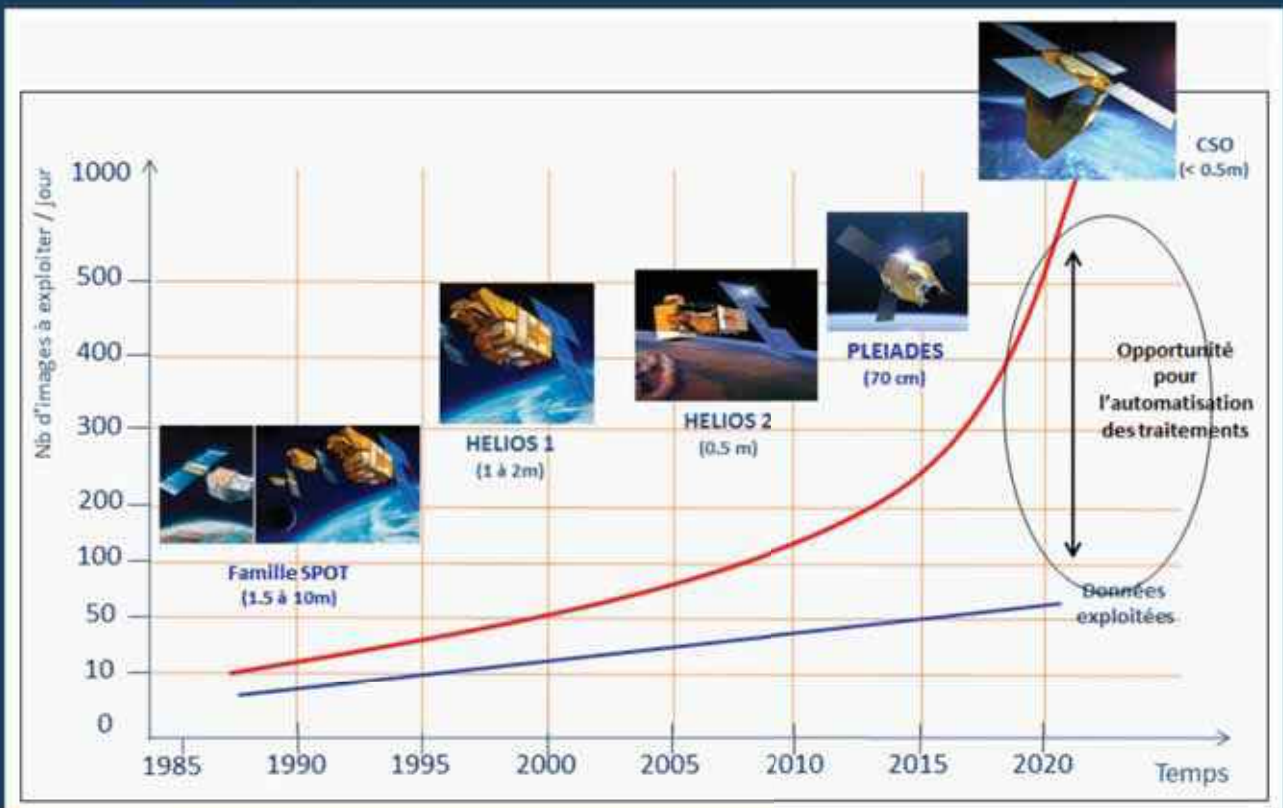
RECOMMANDATION

Dans le domaine de la navigation et pour les compétitions européennes à venir, soutenir les compétences françaises sur EGNOS et ses évolutions

Le segment sol « utilisateur » est l'élément-clé pour l'utilisation et le déploiement d'un système satellitaire, quel qu'il soit. Dans le domaine des télécommunications, c'est surtout à court terme un enjeu économique : le kit d'installation (antenne, tête d'émission/réception, modem, ...) coûte aujourd'hui plus de 400€ et l'objectif dans le cadre de la solution « *Space fiber* » est de réduire ce coût à 100€ environ pour le rendre acceptable, ce qui suppose de grands volumes.

Dans le plan « très haut débit », le segment utilisateur est subventionné par l'Etat et les collectivités pour rendre la solution plus accessible au grand public. Pour les constellations en orbite basse, l'enjeu est aussi technique, avec la nécessité de disposer d'antennes à balayage pour pouvoir suivre les satellites en défilement, plus complexes techniquement. Elles sont aujourd'hui peu répandues et plus coûteuses. A moyen terme, le maintien de la connectivité dans les mobilités, par exemple pour la voiture connectée, nécessite sans doute de faire émerger de nouvelles solutions technologiques améliorant l'ergonomie et le poids du segment sol pour faciliter son intégration¹. En dehors du développement spécifique de la puce électronique ASTRAGAN, réalisée dans le cadre du PIA par le CNES et la société franco-italienne STMicroelectronics, en partenariat avec Thales Alenia Space, aucun acteur français ne semble

> AUGMENTATION DU NOMBRE DE DONNÉES ISSUES DES SATELLITES D'OBSERVATION



Source : EUROCONSULT

¹ Des solutions de communications « on the move » existent dans le domaine militaire, à partir d'antennes mécaniques.

s'imposer sur le segment sol utilisateurs dans le domaine des télécommunications. Les enjeux identifiés par les acteurs du CoSpace sont pourtant considérables (500M€ de chiffre d'affaires associé au seul plan très haut débit français), ainsi que les perspectives de développement de marché liées à la mobilité. A titre d'exemple, la société américaine Kymeta, créée en 2011, qui conçoit et produit des antennes plates pour échanger avec des satellites de toutes orbites, a réussi à se développer très rapidement et a annoncé en janvier 2016 avoir levé 62M\$ lors d'un tour de table auquel a pris part Bill Gates, après avoir déjà levé 50M\$ en 2013. En Europe, seule la société belge Newtec paraît susceptible de concurrencer les leaders américains du secteur, dont certains, comme le leader mondial Viasat, se lancent désormais dans un rôle d'opérateur et de fabricant de satellites, en envisageant de rendre leurs systèmes totalement propriétaires.

Développer au niveau européen une solution économique et ouverte pour les segments sol utilisateurs dans le domaine des télécommunications très haut débit

Le programme Galileo a été lancé par la Commission Européenne pour limiter la dépendance européenne au système américain GPS. Dans ce domaine de la navigation, l'enjeu du segment sol est de convaincre les intégrateurs (fabricants de voitures, opérateurs de transport ferroviaire, etc.) d'utiliser ce service en même temps que celui du GPS, voire du système russe Glonass. Les promesses d'une meilleure performance sont là ainsi que la résilience engendrée par la redondance des systèmes : mais les débuts difficiles de Galileo pèsent encore sur son image qui peine à séduire les industriels et le grand public. Il faut donc redoubler d'efforts de communication grand public pour améliorer la perception d'un système de géolocalisation réellement prometteur. Ce constat avait déjà été fait par la Cour des comptes dans un courrier adressé au Premier Ministre Manuel Valls le 19 octobre 2015 : « Pour beaucoup de parties prenantes, les résultats actuels apparaissent

néanmoins insuffisants et justifieraient des approches marketing plus développées. En témoigne, par exemple, la faible utilisation actuelle d'EGNOS pour les applications autres que l'aviation civile (comme l'agriculture ou le transport terrestre), alors même que le service ouvert d'EGNOS est disponible depuis 2009 ». La commission européenne doit donc, **via l'agence GSA**, aujourd'hui présidée par Jean-Yves Le Gall, **chercher à rassurer et convaincre les intégrateurs de l'intérêt d'utiliser Galileo. Elle doit par exemple garantir la pérennité du système.** L'annonce faite par la société Qualcomm en juin 2016 d'intégrer la constellation européenne dans tous ses produits de téléphonie mobile, est le résultat de longues discussions avec la Commission Européenne. Dans d'autres cas, il faudra prévoir de l'imposer par la réglementation, comme l'envisage la Commissaire européenne Bienkowska, par exemple pour les réseaux critiques d'infrastructure liés à la sécurité. Elle se heurte toutefois aux hésitations de la commission européenne, dont certaines Directions Générales, notamment la DG concurrence (*DG Competition*), sont totalement soumises à une doxa libérale qui prône de laissez-faire « la main invisible » du marché, que d'ailleurs aucune autre grande nation ou groupe de nations développés - fussent-ils libéraux (Etats-Unis, Corée, Japon...) - ne respectent, leur priorité étant, à juste titre, la protection de leurs emplois et la promotion de leurs produits. Dans le domaine spatial, comme dans tous les secteurs stratégiques, la réalité est celle d'un marché où la concurrence n'est pas équitable, les Américains et les Russes n'hésitant pas à imposer leurs solutions nationales, par exemple pour les avions traversant leurs espaces aériens respectifs. La commande publique européenne doit aussi être un moyen de développement de l'usage de cette constellation, en imposant par exemple la compatibilité avec Galileo dans les cahiers des charges des appels d'offres émis par les pays membres ou la Commission européenne. En France, le Ministère de la Défense doit prendre à la fin de l'année 2016 des orientations pour l'avenir du programme Omega portant sur l'usage de Galileo dans les systèmes d'armes français.

Garantir la pérennité du système Galileo et encourager l'utilisation de Galileo dans les commandes publiques en Europe

Réglementer au niveau européen pour imposer le système Galileo pour les infrastructures critiques et dans les secteurs où les systèmes concurrents GPS et Glonass imposent leur standard

Pour l'observation de la Terre, le segment sol « utilisateur » couvre à la fois la commande en amont de nouvelles prises d'images (*tasking*) qui peut agréger les demandes de plusieurs utilisateurs et l'accès à ces images une fois qu'elles ont été prises et transmises par le satellite. Ce dernier point est au cœur des difficultés du programme européen Copernicus qui s'est trop longtemps focalisé sur les capacités des satellites Sentinel en délaissant les enjeux liés à l'accès aux images. Tant et si bien que les données de Copernicus, accessibles gratuitement et par tous *via* un portail de l'ESA ou d'autres portails nationaux, sont jugées difficilement exploitables en l'état par bon nombre de start-ups rencontrées pendant la mission. Les premiers utilisateurs de ces données sont aujourd'hui Amazon et Google, qui disposent des infrastructures nécessaires pour les exploiter et les revendre avec une plus-value. Ce constat a ainsi conduit la Cour des comptes, dans un référé du 28 avril 2016, à envisager la fin de la gratuité et de l'ouverture des données : « il est crucial que Copernicus serve en premier lieu le secteur aval européen et ses différentes communautés d'utilisateurs, par une adaptation constante et réactive de la production des données et informations à l'évolution de leurs besoins. Dans le cas contraire, une révision de la politique de diffusion libre et gratuite de ces données devrait s'imposer. »

La France a réagi dès 2015, à la suite d'une décision du CoSpace, en créant **la plateforme PEPS** destinée à rechercher, sélectionner et télécharger les données issues des satellites Sentinel. Le PIA, de son côté, a financé le projet SparkInData (cf. chapitre 2 pp.33 et 34). Pour la

France et pour l'Europe, l'enjeu consiste à tirer profit du potentiel économique lié à l'exploitation des données grâce à l'utilisation des nouvelles technologies du numérique exploitant le stockage et le calcul à distance des méga données - *cloud computing et big data* - et à structurer un nouvel écosystème autour des données de géoinformation, des producteurs aux utilisateurs. La France doit capitaliser sur les projets que la puissance publique a déjà soutenus dans ce domaine, tels les *boosters* mis en place par le CoSpace, l'IDEX Geosud et Théia ou SparkInData pour faire émerger des champions nationaux. Une forme de soutien, au-delà du soutien financier déjà apporté par l'Etat, pourrait être la généralisation du recours à ces plateformes pour l'ensemble des données publiques d'intérêt général, dans la dynamique initiée par la loi « Pour une République numérique ».

La Commission européenne est consciente de l'effort qui doit être fait dans ce domaine pour le reste de l'Europe et elle a initié des consultations pour faire réaliser des plateformes comparables à PEPS et SparkInData (*Copernicus integrated ground segment*). Elle semble encore hésiter entre plusieurs modèles économiques. Les audits tant du CNES que des SSII, start-ups et PME concernées amènent à préférer une solution s'appuyant sur une société de services. Pour développer un marché européen et, singulièrement français, il nous paraît vertueux de rendre les données réellement accessibles et utiles, en confiant cette tâche à une SSII dont c'est le métier, plutôt que de développer des moyens et logiciels en interne à la Commission européenne. Le contexte concurrentiel, l'avance des GAFAs et le potentiel du marché obligent à l'efficacité, à la rapidité et à l'agilité.

Fixer à l'Union européenne l'objectif de mettre en place un service de stockage et de traitement des données Copernicus, avant la fin de l'année 2016 : les appels d'offres devront s'appuyer sur des solutions existantes, éprouvées et ouvertes

Les segments sol doivent aussi être envisagés comme un moyen de répondre au besoin croissant d'intégration des données spatiales avec d'autres sources, qu'il s'agisse de connectivité, d'observation ou de localisation. Dans les télécommunications, le consortium **HbbTV**, né en 2009 de la fusion d'un projet français (**H4V**) et d'un projet allemand (**German HTML profil**), promeut ainsi une plus grande interconnexion entre le spatial et le terrestre, *via* des services de télévision hybridés dans une interface commune. Dans l'observation de la Terre, la complémentarité des capteurs, entre résolution et couverture globale, permet d'envisager des applications variées : l'Institut national de l'information géographique et forestière (**IGN**) diffuse sur son portail des données pouvant provenir soit de l'observation satellitaire, soit de prises de vues aériennes. C'est

aussi l'intérêt de la solution « **SparkInData** », suffisamment ouverte pour pouvoir intégrer différents types de données (données du BRGM, données fournies par objets connectés pour croiser l'information satellitaire dans le domaine de l'agriculture, etc.). Dans le domaine de la localisation et de la navigation, diverses possibilités viennent compenser l'absence temporaire ou incomplète de signal satellitaire, *via* l'utilisation de senseurs inertiels, de pseudo-satellites, voire d'objets connectés. A tous points de vue, les segments sol sont donc au cœur de l'ouverture du spatial vers d'autres domaines, que ce soit en amont (capteurs, données) ou en aval (services, utilisateurs). **Le renforcement de la filière spatiale française passe donc par des développements de l'industrie française ou, à défaut, européenne dans ce domaine au potentiel de développement très élevé.**

5 -

Synthèse

La fabrication de satellites est aujourd'hui le domaine spatial qui offre le plus fort effet de levier de création d'emplois par les investissements publics. Ces investissements permettent en effet à l'industrie d'accéder aux marchés commerciaux, en particulier dans le domaine des télécommunications, ou institutionnels, en Europe ou à l'export (observation, communications sécurisées...). Pour autant, ces marchés sont aussi très concurrentiels, avec une avance américaine et asiatique, ce qui limite les marges des industriels du secteur et leurs capacités à autofinancer la R&T nécessaire au maintien de leur compétitivité. Les succès de l'année 2015 sont en particulier le fruit des investissements réalisés par le PIA sur la propulsion électrique. **Si la France veut conserver sa position enviable dans ce secteur à une échéance de 10 à 20 ans, elle doit poursuivre et amplifier ses investissements.** C'est ce que font les pays voisins, comme l'Allemagne et le Royaume-Uni, c'est ce que font à une échelle encore plus grande les Etats-Unis, mais aussi, dans une moindre mesure, des pays comme Israël, l'Inde, la Corée, le Brésil...

Car si la situation actuelle des deux maîtres d'œuvre français, Airbus Defence & Space et Thales Alenia Space, paraît très bonne, avec des prises de commandes exceptionnelles en 2015, une croissance confirmée du chiffre d'affaires et l'annonce de plus de un millier de créations d'emplois en 2016, l'avenir est très incertain pour la filière française à partir de 2018, pour les lanceurs (fin d'Ariane 5 difficile en attendant Ariane 6) comme pour les satellites. D'abord, parce que la France est le pays d'Europe qui a accepté le plus grand effort financier pour le développement d'Ariane 6 (52 % des 3Mds€ nécessaires d'ici 2020), ce qui réduit durablement ses capacités de financement de la R&T pour les satellites. Ensuite, parce que la politique industrielle de l'ESA privilégie aujourd'hui le principe

du retour géographique aux trois autres critères définis dans sa Convention (efficacité économique, renforcement de la compétitivité internationale, recherche de compétitions ouvertes). Ce constat, associé à la faible capacité de la France de contribuer financièrement dans le domaine des satellites, fragilise les compétences françaises et pousse à la création de nouvelles compétences dans les pays contribuant moins aux lanceurs comme le Royaume-Uni (aucune participation à Ariane 6) ou l'Allemagne (23,5 % de participation à Ariane 6). Les conséquences industrielles du retour géographique appliqué par l'ESA sont soit le rattrapage d'acteurs jusque-là moins développés (OHB) au détriment des champions européens existants, soit l'intégration verticale poussée d'Airbus Defence & Space et dans une moindre mesure de Thales Alenia Space, *via* des acquisitions dans les pays où les investissements sont les plus forts. Enfin, la concurrence que se livrent TAS et ADS oblige la puissance publique française à systématiquement rechercher une équité de traitement entre les deux groupes, ce qui conduit à un certain nombre d'inefficacités (duplication d'investissements R&T, doubles productions pour les sous-traitants, plates-formes hétérogènes pour le programme COMSAT NG...).

D'ici 10 ans, le développement des segments sol devrait lui aussi présenter un fort effet de levier, grâce au développement des applications en aval des systèmes satellitaires qu'il permettra. Ce sujet, trop souvent passé sous silence, doit désormais être mieux pris en compte dans les feuilles de route liées à l'espace.

L'enjeu pour la France est donc, d'une part de **rééquilibrer les dépenses entre les lanceurs et les systèmes de satellites** en déployant des moyens nouveaux pour les satellites et les segments sol, et, d'autre part, **d'inciter fortement l'ESA à revoir ses règles**

d'attribution des marchés (retour géographique) pour en limiter les conséquences dommageables, qui faussent la compétition entre les maîtres d'œuvre et les incite à la verticalisation de leurs activités. Par ailleurs, le développement des technologies clés, pour nécessaire qu'il soit, n'est toutefois pas suffisant : le renforcement de la puissance et de la compétitivité de la filière spatiale française

passé aussi par le développement de la chaîne aval, au contact du marché et des besoins, dont les usages tireront les commandes technologiques. Cette transformation du domaine spatial, qui interroge l'État d'une façon nouvelle, en tant qu'utilisateur, doit être saisie par lui et accompagnée, encouragée et accélérée par l'ensemble des acteurs publics comme privés.



CHAPITRE 4

LES POLITIQUES PUBLIQUES À IMPULSER
POUR RELEVER LE DÉFI DE LA COMPÉTITIVITÉ
DE LA FRANCE EN EUROPE

LE POINT SUR LES RAPPORTS EUROPÉENS ET DOCUMENTS STRATÉGIQUES SUR L'ESPACE ET LES POLITIQUES SPATIALES



La Commission européenne, de plus en plus engagée dans le spatial, doit formaliser sa stratégie pour les années à venir d'ici la fin de l'année 2016. Pour la définir, elle a décidé de s'appuyer sur une consultation publique¹ à laquelle les Etats membres ont répondu en lui adressant un document définissant leurs attentes vis-à-vis de la Commission et de la Stratégie spatiale européenne. Cette démarche de type *bottom-up*, qui renforce la pertinence des programmes et leur acceptabilité par les états-membres, est à encourager.

Les documents dont il est fait état ci-dessous - études, rapports ou éléments de stratégie transmis au cours des entretiens menés dans le cadre de la mission - ont permis de vérifier les convergences et complémentarités, mais aussi de mesurer certaines incohérences, entre les politiques spatiales envisagées par les Etats européens les plus engagés, ainsi qu'entre les mesures et dispositifs préconisés pour rendre l'Europe et ses Etats-membres plus compétitifs. Les initiatives et priorités portés par nos voisins européens peuvent aussi être des sources d'inspiration et de bonnes pratiques, à transposer sur le plan national.

1. Rapport parlementaire anglais

« **Satellites et espace** » : *Satellites and space*, House of Commons, Science and Technology Committee, Third Report of Session 2016-17

Ce n'est que récemment que le Royaume-Uni a décidé de structurer sa politique spatiale : l'agence spatiale United Kingdom Space Agency a été mise en place en 2012 et la première stratégie spatiale publiée en décembre 2015. Suite à cette publication, le Comité science et technologies du parlement britannique a décidé de faire un point sur les politiques spatiales britanniques passées et à venir en s'appuyant notamment sur une consultation écrite des acteurs du Royaume-Uni. Le rapport formule 25 recommandations regroupées en trois grandes thématiques :

- **Innovation et croissance** : cet axe développe les atouts et les points d'attention à avoir sur les programmes emblématiques du gouvernement. Il met en avant la qualité du programme *Space for Smarter government*, plaidant pour qu'il devienne un véritable programme interministériel. Le comité Science et technologie, auteur du rapport, demande cependant au gouvernement de justifier les options

¹ *Public consultation on a Space Strategy for Europe*, ouverte du 19 avril 2016 au 12 juillet 2016

stratégiques prises concernant le projet de port spatial britannique *UK Space Port*. Il souligne enfin l'importance des programmes de communication vers le grand public pour susciter des vocations chez les jeunes.

• **Obstacles à la croissance future** : cet axe souligne les réformes structurelles à entreprendre pour soutenir la croissance du secteur spatial. Tout d'abord, la pénurie de compétences numériques impacte le secteur spatial et appelle un plan d'action. Sur la question des financements, le rapport approuve la création du fonds d'investissement en capital, Seraphim, spécialisé dans le financement des start-ups du spatial, co-abondé par de grands industriels à hauteur de 83 M€. Les parlementaires demandent que le programme « démonstrateur en orbite » soit davantage soutenu et que les promesses de financement pour les développements technologiques soient tenues dans des délais convenables. Ils souhaitent également qu'une réflexion soit menée pour financer les projets dès le stade amont, afin de favoriser les innovations de rupture. Enfin, les parlementaires soulignent l'importance de l'évolution du cadre réglementaire et législatif, trop contraignant pour les entreprises privées et alertent sur le conflit actuel entre les besoins terrestres et satellitaires pour l'attribution des fréquences.

• **Regarder vers l'avenir** : cet axe concerne les questions de stratégie spatiale. Les parlementaires proposent que soit étudiée la mise en place de programmes spatiaux purement nationaux, débattus au Parlement. Enfin, ils demandent que la stratégie nationale soit clarifiée et déclinée sous forme d'objectifs concrets.

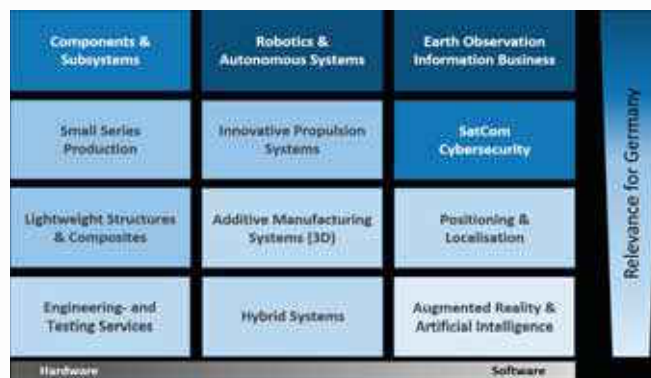
2. Etude allemande new space : "*NewSpace - Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft. Chancen für Deutschland und Europa in einer vernetzten Welt*" ie. *New space - modèles économiques à l'intersection de l'aérospatial et de l'économie numérique. Les chances pour l'Allemagne et l'Europe dans un monde en réseau.*

Réalisée par un cabinet de conseil allemand à la demande du ministère fédéral allemand de l'Économie dans le cadre de la préparation de la stratégie spatiale, cette étude a pour objectif d'identifier les opportunités et les menaces que

représente le *new space* pour l'économie allemande. Le rapport estime que, même si le modèle américain n'est pas directement transposable en Allemagne et en Europe, l'industrie allemande peut bénéficier de cette dynamique pour peu que le pays accepte quelques évolutions, synthétisées en quatre points principaux :

- promouvoir davantage l'**esprit d'entrepreneuriat**, en identifiant et en répondant aux nouveaux marchés, dans un esprit d'écoute des besoins des clients/utilisateurs
- favoriser la **continuité dans la chaîne de financement**, notamment par l'investissement en capital, de l'amorçage au développement
- s'inspirer des **pratiques du secteur du numérique** dans le développement des produits technologiques
- assurer un **cadre réglementaire** favorable à la compétitivité de l'industrie allemande.

Les domaines technologiques sont priorisés selon leur opportunité économique et leur pertinence pour l'industrie allemande :



3. Contribution italienne à la stratégie spatiale européenne

Dans sa contribution à la stratégie européenne, telle qu'exposée à la mission lors des entretiens avec les acteurs politiques et institutionnels (Ministre de l'Éducation, de l'université et de la recherche, conseiller auprès du Premier ministre, directeur de l'Agence Spatiale Italienne, l'ASI) comme industriels (Thales Alenia Space Turin et Rome, Avio, Télésazio...), l'Italie a d'abord confirmé la volonté du gouvernement italien d'amplifier l'engagement national, public et privé, dans le domaine du spatial, considéré comme porteur pour le pays, en s'appuyant sur les compétences de son agence. Dans cet esprit, le soutien aux grands programmes de l'Union européenne a été réaffirmé ainsi que la

volonté nationale d'encourager le développement des applications aval et de la R&T amont. Le lanceur Vega dans ses différentes déclinaisons, d'une adaptation en éventuel micro-lanceur évoquée par Avio à la version plus proche d'A62, Vega-E, est considéré à la fois comme une réalisation nationale à valoriser et une contribution à l'offre européenne des lanceurs.

Pour développer les **applications en aval**, l'Italie préconise que l'Union européenne et ses Etats membres soutiennent les applications liées à l'observation de la Terre et à la navigation, en lien avec les programmes Copernicus et Galileo, par la commande publique ainsi que par des moyens réglementaires ou financiers. Sur le programme Copernicus, l'Italie prône une responsabilité institutionnelle - et un financement de la commission européenne - pour la conception de l'architecture, de l'infrastructure *big data* et des applications à usage institutionnel. L'Italie défend à la fois une fédération des segments sol et une autonomie des Etats pour développer ses applications, en respectant des interfaces standard.

Pour l'Italie, l'Europe doit aussi se doter d'une **infrastructure stratégique de surveillance de l'espace**. Même si elle constate que le consortium SST (cf. p.119) n'empêche pas l'individualisme et la compétition entre ses membres, l'Italie encourage pour autant son renforcement, voire son élargissement encadré à d'autres nations, piloté par l'Union et soutenu par elle.

L'Italie souhaite également que l'Union européenne investisse fortement dans la **R&T spatiale** (*techno-push*), en particulier dans le cadre de H2020, pour développer des briques technologiques (robotique, propulsion électrique, instruments scientifiques, satellites télécommunications très haut débit), assurer l'autonomie stratégique en technologies critiques et soutenir l'écosystème lié aux constellations.

L'accès à l'espace indépendant est considéré comme une capacité stratégique et l'Italie souhaite un soutien significatif de l'Europe dans son lanceur Vega, pour en améliorer les performances et pour en décliner une version « mini-lanceur ». L'Italie souhaite également qu'un port spatial soit créé sur le « vieux continent », permettant le tir d'un mini-Vega pour la mise en orbite de mini-satellites de moins de 300 kg. Si l'ouverture à la concurrence des services de

lancement pour Ariane et Vega, aujourd'hui confiés à Arianespace, a été évoquée lors d'un entretien institutionnel, les entretiens conduits en Italie et notamment avec Avio ont semblé écarter cette possibilité.

4. Synthèse de la contribution française à la stratégie européenne

La Note des Autorités Françaises (NAF) transmise récemment à la Commission européenne est une préfiguration de la formalisation de la stratégie spatiale française souhaitée par la mission, au moins dans la mesure de son inscription dans une stratégie spatiale européenne.

La France souhaite que la stratégie spatiale européenne réponde à la globalisation du secteur spatial mondial et sa mutation rapide. Elle devra pour cela renforcer le spatial en maintenant un soutien politique et financier important, se doter d'outils pour faire face au double défi des pays émergents et du new space et réaffirmer le rôle central des acteurs publics, comme financeurs, clients et régulateurs.

La politique spatiale européenne doit avoir pour objectifs d'assurer l'autonomie stratégique en prenant en compte les réalités internationales, de préserver l'équilibre entre les secteurs amont et aval, de compléter la logique d'offre technologique par une logique d'offres de services dans le domaine des applications, de promouvoir la compétitivité industrielle européenne en responsabilisant les acteurs privés, de contribuer à la connaissance et à l'excellence scientifique et d'assurer une cohérence institutionnelle en articulant les rôles de la Commission, de l'ESA et d'EUMETSAT. Les programmes prioritaires proposés par la France - Galileo, Copernicus, l'accès à l'espace, les initiatives duales et la compétitivité industrielle - devront permettre d'atteindre ces objectifs.

Cette NAF pose les attendus de la France vis-à-vis de la stratégie européenne, en donnant une vision des objectifs stratégiques et une esquisse des raisons de ces positions, en ligne globalement avec ce que la mission a pu dégager. Elle laisse implicitement le soin à la Commission de décliner ces objectifs en stratégie opérationnelle.

En conclusion, les stratégies présentées lors des entretiens institutionnels, avec les agences nationales ou formulées dans les contributions à la Commission européenne, font à la fois écho à la démarche entreprise par cette mission et à la tradition culturelle des pays qui les portent : l'Allemagne conclut sur une stratégie technologique, l'Italie se concentre sur sa gamme de lanceurs, le Royaume-Uni sur les services et les télécommunications tandis que la France indique les grands axes de sa politique spatiale et réaffirme l'importance du continuum sur la chaîne de valeur, de la recherche au produit commercial et du lanceur aux

applications. Elles reflètent bien les interrogations sur les choix à faire et les orientations à définir, dans un contexte de plus en plus concurrentiel sur le plan international, mais aussi de plus en plus porteur d'enjeux scientifiques, économiques, sociétaux, comme le démontre l'intérêt croissant des acteurs de l'économie digitale. Ces nouveaux arrivants dans le domaine spatial, dont la culture bouscule bien des certitudes, ont un mérite : **ils obligent les acteurs nationaux et européens à s'interroger, à définir précisément leur stratégie et à mettre en place rapidement les moyens et plans d'actions correspondants.**

1 -

Clarifier les rôles et les responsabilités public/privé

Une organisation de l'Etat lisible tournée vers l'open space

Le domaine spatial est un domaine complexe aux enjeux multiples : économique, de cohésion nationale, de souveraineté, de sécurité et de défense, de rayonnement et *soft power*. De ce fait, les parties prenantes du secteur sont nombreuses et leur vision des priorités sont très diverses. La problématique spatiale pourrait se rapprocher de la problématique numérique : les deux domaines sont d'ailleurs, comme cela a été décrit, de plus en plus intimement liés et se caractérisent par leur transversalité, plus visible pour le numérique, mais tout aussi réelle pour le spatial.

Pourtant, malgré l'importance et l'effet diffusant de ce secteur, il n'existe pas de ministre de l'espace au sein du gouvernement. Depuis 2014, la Ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche¹ a dans son portefeuille la compétence Espace qu'elle délègue au Secrétaire d'Etat en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche². Mais cette compétence n'est pas mentionnée explicitement dans l'intitulé ministériel. Cela n'a pas toujours été le cas dans la Vème république : de 1962 à 1969, la compétence apparaissait dans le titre ministériel, sous la formulation « recherche scientifique et questions atomiques et spatiales ». De 1969 à 1977, le spatial fait partie des compétences du ministère de l'industrie,

mais n'est plus mentionné dans le titre. Il réapparaît en 1988, dans le gouvernement Rocard 2, sous la forme d'un ministère des Postes et télécommunications et de l'espace, avec une alternance de rattachement à ce ministère, avec mention de l'espace, ou au ministère de la recherche, sans mention explicite de l'espace bien qu'il soit confié dans la période à Hubert Curien, astrophysicien renommé. Et le « père d'Ariane », comme on l'a surnommé, devra attendre 1992 pour être désigné comme ministre de la recherche et de l'espace ! Depuis, l'espace n'a plus jamais été mentionné dans les intitulés ministériels, à l'exception d'un ministère de la poste, télécommunications et espace de 1995 à 1997. Même Claudie Haigneré, première Française à aller dans l'espace, scientifique confirmée, n'a pas pu bénéficier du titre de ministre de l'espace en tant que ministre de la recherche de 2002 à 2004. Cela n'est pas anecdotique et la mention explicite de l'espace, secteur de souveraineté et d'exploration, de science et de technologie, s'il était inscrit dans un titre ministériel, favoriserait l'appropriation par les décideurs publics et privés comme par les médias et le grand public des grands enjeux de ce secteur essentiel mais méconnu. Cette recommandation faisait d'ailleurs partie des préconisations du rapport de Catherine Procaccia et Bruno Sido « *Les enjeux et perspectives de la politique spatiale européenne* », publié en 2012 par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

¹ voir le décret n° 2014-402 du 16 avril 2014 relatif aux attributions du ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche

² Voir le décret n° 2015-818 du 6 juillet 2015 relatif aux attributions déléguées au secrétaire d'Etat chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche

Mentionner explicitement l'espace dans un portefeuille ministériel du Ministre ou du Secrétaire d'Etat à l'Enseignement supérieur et à la Recherche

Pour prendre au plus vite toute la mesure stratégique de ce secteur et articuler ses différentes composantes au sein de l'Etat prescripteur et utilisateur, une structure interministérielle légère pourrait être mise en place de façon provisoire et placée aux côtés du CoSpace. Dirigée par une personnalité qualifiée extérieure au spatial, cette *Mission Espace* ou MEspace, inspirée du modèle Etalab, serait composée de quelques représentants mis à disposition par les administrations concernées. Elle aurait pour objectifs de recueillir ou faire émerger les besoins au sein de l'Etat et de ses administrations en contribuant ainsi efficacement à la préparation de l'avenir de la politique spatiale française. Cette structure aurait vocation à disparaître dès que l'acculturation au spatial de la fonction publique sera effective. Elle pourrait s'appuyer sur un conseil d'orientation composé de personnels du CNES, d'industriels, de représentants de start-ups et d'acteurs du digital ainsi que d'économistes, de juristes, de membres de France Stratégie, de *Think tanks*, etc.

Mettre en place une Mission Espace auprès du CoSpace, la MEspace, souple et réactive, pour diffuser la culture du spatial au sein de l'Etat et de ses administrations

Une stratégie spatiale nationale claire et opérationnelle

Le dernier document finalisé sur la stratégie spatiale française a été écrit en 2011¹ et publié début 2012. Après une introduction sur les enjeux de l'espace, le document présente les quatre *grandes lignes directrices* : jouer un rôle moteur au sein de l'Europe de l'espace, maintenir l'indépendance technologique et d'accès à l'espace, accélérer le développement d'applications et services à haute valeur ajoutée et mener une politique industrielle ambitieuse. Enfin, il présente les *champs d'applications* de cette politique spatiale : formation, culture scientifique et communication ; recherche scientifique et technologique ; accès à l'espace ; télécommunications et navigation, observation de la Terre ; défense et sécurité ; exploration spatiale. Chacun de ces paragraphes est conclu par une série d'*objectifs*, certains très pragmatiques et immédiatement opérationnels (« pérenniser EGNOS et mettre en service au plus vite un système Galileo à 30 satellites avec une double source d'approvisionnement pour les systèmes de lancement »), d'autres plus globaux (« veiller au renouvellement des ressources humaines de la filière spatiale sans perte de compétence-clé »).

Le document est une bonne analyse des enjeux d'une politique spatiale et beaucoup de ces constats sont encore d'actualité. Cependant, il n'a pas trouvé l'écho qu'il aurait dû rencontrer et peu d'acteurs le connaissent, comme cela a été constaté par la mission. Le manque de convergence entre les acteurs français publics et privés constaté en 2012, quelques mois avant le Conseil Ministériel de l'ESA à Naples, témoigne d'ailleurs du peu d'appropriation de ce document par les principaux intéressés. Une raison peut être

¹ http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Politique_spatiale_francaise/09/8/Strategie_spatiale_francaise-mars-BD_211098.pdf

avancée : le document, en jonglant avec les niveaux stratégiques, politiques et opérationnels, se rapproche davantage d'un rapport d'analyse et de propositions que d'un document stratégique articulant la vision d'avenir, les objectifs à moyen terme, les actions à court terme et les moyens à mobiliser pour y arriver. Par ailleurs, l'actualité dense, l'accélération de la concurrence internationale pour les lanceurs comme pour les satellites, nécessitent des réponses opérationnelles immédiates, notamment concernant la nouvelle répartition des responsabilités entre industriels et agences pour faire aboutir la décision d'un nouveau lanceur. **Ce contexte particulier a favorisé, à juste titre, depuis 2012, des actions pragmatiques de remise en ordre de marche et de fédération d'une équipe France, plus cohérente et plus influente dans sa contribution à une politique européenne assurant l'avenir proche de la filière. Cette séquence, qui était incontournable, doit maintenant se prolonger avec la formalisation d'une stratégie nationale ambitieuse et prospective, soumise au débat et davantage connue et appropriée par les acteurs concernés comme par les citoyens.**

Le sujet de la politique spatiale devrait donc être examiné et débattu régulièrement, à l'image du livre blanc de la Défense dont l'élaboration a été initiée en début de mandat par le Président de la République ou de la stratégie nationale de l'enseignement supérieur (StrANES) et la stratégie nationale de la recherche (SNR), inscrites dans la loi du 22 juillet 2013, qui prévoit la présentation d'un livre blanc correspondant au gouvernement et au parlement tous les cinq ans, avec une évaluation et une actualisation associées. La stratégie spatiale pourrait être renouvelée de la même manière, sur demande du Premier ministre, au début de chaque mandature et présentée par le gouvernement au parlement, avec un débat spécifique, ce qui permettrait d'en améliorer la connaissance et l'appropriation par le

plus grand nombre. C'est un élément constitutif de la démocratisation de l'accès à l'espace.

Présenter au parlement, dans l'année qui suit chaque début de mandature, une stratégie spatiale claire et pragmatique portée par le gouvernement

RECOMMANDATION

Une Agence spatiale agile au service de la compétitivité française

Le Centre national d'études spatiales (CNES), agence spatiale française, a pour principale mission de « proposer [au gouvernement] et mettre en œuvre la politique spatiale de la France »¹ sur cinq domaines stratégiques : les lanceurs, la science, l'observation, les télécommunications (y compris la navigation) et la défense - à noter que ne sont mentionnés explicitement ni les services en orbite, ni la surveillance de l'espace et la gestion des débris. C'est une agence puissante dont les missions sont larges (cf. annexe 6). Elle porte des compétences fortes, qui sont reconnues en France², dans l'Europe et dans le monde entier, comme le montrent les récentes nominations du président du CNES à la tête de l'International Astronautical Federation et de l'european Global navigation Satellite systems Agency (GSA). Ces compétences, qu'il est essentiel de maintenir, sont un atout précieux pour la souveraineté et le rayonnement de la France.

Pour envisager l'avenir, il faut rappeler le chemin parcouru. A la création du CNES en 1961, la France est une économie en rattrapage technologique, notamment vis-à-vis des Etats-Unis. Pour réaliser de grands projets et permettre à la France de se doter de centrales nucléaires et de lanceurs spatiaux, l'Etat français a lancé de grands programmes nationaux, placés sous son entière

¹ Contrat d'objectif et de performance du CNES

² Rapport d'évaluation du Centre National d'Études Spatiales - CNES, HCERES, janvier 2015

responsabilité, financière comme stratégique, qui ont tiré la croissance exceptionnelle des Trente glorieuses (cf. chapitre 1). Le programme de conquête spatiale, rendu possible par la qualité de l'agence issue de ce volontarisme politique, a permis de créer, de porter et de faire grandir l'industrie française en maturité et en qualité : le secteur privé spatial français est aujourd'hui l'un des plus performants au monde.

Depuis quelques années, l'économie de l'innovation s'est peu à peu imposée et les politiques industrielles doivent s'adapter à ce changement de paradigme. La puissance publique doit continuer d'accompagner cette recherche et cette industrie puissantes, issues de son histoire et construites au fil des années sur la base d'avancées technologiques et de programmes spécifiés par les agences ou les institutions. Mais elle doit aussi reconnaître que le secteur privé est, par construction, plus agile et que sa proximité avec les besoins du marché et les clients nourrit son innovation et sa créativité. Le dialogue entre l'Etat - par l'intermédiaire de son agence- et le secteur privé doit entrer dans un nouvel âge et prendre acte de cette transition. Les auditions réalisées ont démontré que chacune des parties avait d'ailleurs bien identifié la spécificité de l'autre comme essentielle pour le rayonnement de la filière française. L'accélération de la concurrence internationale comme les évolutions technologiques, culturelles et économiques amenées par le numérique et ses nouveaux acteurs rendent d'autant plus nécessaire une adaptation des missions de l'agence nationale et de ses relations avec les acteurs privés comme institutionnels sur le plan français, européen et international.

Dans cet esprit, pour servir au mieux l'intérêt national et européen, il est nécessaire de clarifier les **rôles de l'Etat et du CNES dans ses différentes missions** :

- **l'agence spatiale** à proprement parler, qui assure la **conduite des programmes spatiaux**, prépare l'avenir technologique par le biais de financements de projets de R&T et développe la

filière par un soutien stratégique aux acteurs de la filière,

- **Le centre de compétences scientifiques et technologiques,**
- **l'opérateur de la base de lancement de Kourou**

Affirmer les rôles de l'Etat stratège et de son agence, bras armé, sur les missions régaliennes et stratégiques de la politique spatiale, tout en anticipant l'avenir

RECOMMANDATION

Comparaison des moyens des principales agences spatiales européennes

AGENCE	NBRE D'EMPLOYÉS	BUDGET ANNUEL
ASI	250	750 M€ (dont 400 pour l'ESA)
UKSA	75	350 M€ (environ 420 M€)
CNES	2400 (sans les intérimaires, ni les doctorants)	2,1 Md€ (dont 800 M€ pour l'ESA)
DLR	Environ 2000 (dont 250 pour l'agence)	1,35 Md€ (dont 800 M€ pour l'ESA, 200 pour le programme national et 100 pour la R&D)
ESA	2250	5,2 Mds€

Tout en voyant réaffirmés les moyens de suivre de façon opérationnelle la politique spatiale, le CNES doit aussi gagner en agilité pour s'adapter, accompagner et même anticiper la transformation économique du secteur. En opérant, sur une dynamique concertée et à horizon de dix ans, une mutation des modes d'action de son agence, l'Etat bénéficiera d'une agence positionnée de façon claire comme acheteur stratégique, bras armé et chef d'orchestre de la politique spatiale et industrielle du gouvernement. L'objectif serait d'adapter progressivement le niveau d'intervention direct de l'agence sur les programmes pour optimiser la part du budget du CNES redéployée vers l'industrie et de prôner, comme l'ESA, que « pour l'exécution de ses programmes, l'Agence fait appel au maximum à des contractants extérieurs, dans la mesure compatible avec le

maintien de la capacité interne mentionnée à l'article VI, 1. »¹. De fait, environ 85 % des budgets ESA hors UE sont redistribués vers les acteurs économiques des pays membres.

De même, chaque orientation de programme doit être justifiée par une analyse socio-économique prenant en compte les besoins immédiats, en termes scientifiques, technologiques, de politiques publiques ou de marché et présentant la vision d'une valorisation sociétale et économique à plus ou moins court terme. Son périmètre et ses spécifications doivent de plus être partagés par tous les acteurs impliqués : l'agence, les scientifiques, les industriels et les futurs clients. Les programmes de grande ampleur ont une dimension politique qu'il convient de restaurer. Si un programme dépasse une taille critique (100M€), les orientations possibles doivent être présentées de façon objective à la tutelle afin qu'elle puisse orienter la politique spatiale, lui redonnant le statut de politique publique.

Même un programme scientifique peut à terme créer de la valeur directe et un programme industriel doit être pensé pour - et avec - les industriels. La valorisation économique doit être l'issue naturelle des connaissances produites par le CNES centre de compétences scientifiques. Depuis la loi sur l'enseignement supérieur et la recherche de juillet 2013, cette mission de valorisation fait d'ailleurs partie intégrante de la mission des établissements d'enseignement supérieur et des organismes de recherche.

Faire porter par la tutelle politique les décisions d'engagement portant sur chaque programme spatial dont le montant dépasse 100M€, à partir de scénarios techniques et économiques proposés par le CNES

Clarifier les missions, les objectifs et les moyens du CNES comme soutien à la filière industrielle

Un CoSpace ouvert sur l'économie émergente

> LE COSPACE

Il s'agit d'un comité de concertation entre l'Etat et l'industrie dans le domaine spatial, installé en septembre 2013 par la ministre en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche en association avec le ministre de la défense et le ministre de l'économie pour fédérer une « équipe France » du spatial. Pour préparer les réunions avec les ministres qui ont lieu environ une à deux fois par an et orienter les travaux des différents groupes de travail, le Comité de pilotage, co-présidé par MM. Jean-Yves Le Gall, président du CNES et Jean-Loïc Galle, président de la Commission Espace du GIFAS et président-directeur général de Thales Alenia Space, réunit quatre fois par an les représentants des ministères en charge de l'enseignement supérieur et de la recherche, de la Défense, des affaires étrangères, de l'industrie et de l'environnement, de l'ONERA ainsi que les industriels dans leur diversité, intégrateurs comme Airbus Defence & Space, Air Liquide ou Thales Alenia Space, équipementiers tels Safran, Sodern, Sofradir ou Axon Cable, l'opérateur de lancement Arianespace et des entreprises représentant les clients pour les services et applications comme Eutelsat ou Magellium.

Des groupes de travail spécifiques ont été mis en place, dès le lancement du CoSpace, en fonction des priorités opérationnelles identifiées, tous co-animés par des acteurs institutionnels et industriels : benchmarking international pour l'état de l'art de la concurrence, applications/services, feuille de route technologique, ressources humaines/formation initiale et continue.

Créé à la suite du conseil interministériel de l'ESA à Naples en 2013, le CoSpace (cf. encadré supra) est une instance importante de concertation et de dialogue, qui permet à l'Etat de s'appuyer sur les grands industriels pour orienter la politique spatiale de manière à soutenir efficacement la

¹ Extrait de l'Article VII - Politique industrielle de la Convention de l'ESA

filrière. Il a montré son efficacité et recueille l'assentiment général de ses participants. Quelques évolutions pourraient être envisagées, trois ans après sa mise en place, pour amplifier son ouverture sur les nouveaux enjeux : par exemple, dans le sillage des pratiques *d'open innovation*¹ qui sont en train de se développer un peu partout dans le monde, des représentants de l'économie numérique et des start-ups pourraient être utilement intégrés, pour une acculturation réciproque et l'émergence de nouveaux projets.

RECOMMANDATION

Inclure dans la composition du CoSpace des représentants du numérique et des start-ups

Un totem à afficher : Toulouse, Capitale européenne de l'espace

Les acteurs français de la filière spatiale sont répartis sur l'ensemble du territoire, à l'image des trois pôles de compétitivité qui traitent directement de ces sujets - SAFE en PACA, ASTech en Ile de France et Aerospace Valley en Occitanie et Aquitaine. Cette diversité, signe de vitalité du secteur et de ses pôles régionaux, complique cependant l'action coordonnée et la lisibilité de la filière à l'international.

D'autres pays, par pragmatisme face à la globalisation, ont fait le choix d'un territoire totem clairement identifié : le Royaume-Uni a désigné Harwell comme Portail de l'espace (*Space Gateway*), créant de toutes pièces, à proximité d'Oxford, en pleine campagne, un pôle de ressources pour la recherche et le développement économique tiré par l'installation du centre ESA pour les télécommunications et du *Catapult Centre* (cf. chapitre 2). Tant l'agence

spatiale (une centaine de personnes) que *Catapult SA* font appel aux ressources existantes sur l'ensemble du territoire britannique en termes de recherche, de capacité d'industrialisation ou de services, tout en gardant l'objectif d'accueillir à Harwell une véritable pépinière d'entreprises. Ce parti initial a été largement tenu moins de trois ans après la mise en place de ce pôle.

Afin d'incarner la filière et de la porter à l'international, un équilibre doit être trouvé entre la lisibilité d'une tête de réseau et la vitalité de ses différents pôles régionaux. A l'heure du transfert, porté par la loi NOTRe, des compétences économiques aux Régions en lien avec les métropoles, l'Etat a besoin de s'appuyer sur un territoire « totem » qui puisse porter une équipe France à l'international et assumer auprès des autres centres d'excellence un rôle de tête de réseau, dans un souci de respect de la diversité et la richesse des différentes initiatives territoriales. Une telle démarche aurait le mérite de concilier la visibilité et l'efficacité du « totem » ainsi que la créativité et le dynamisme d'un réseau décentralisé.

Toulouse, par ses implantations industrielles, institutionnelles et académiques, incarnerait naturellement la capitale européenne de la filière spatiale. Cet état de fait économique est assumé par le territoire et les collectivités rencontrées au cours de la mission : la métropole et la région Occitanie sont alignées sur cet axe de promotion. Confirmer au niveau national et européen Toulouse comme capitale de l'espace permettrait d'une part de clarifier la promotion internationale de notre filière et d'autre part de responsabiliser Toulouse comme tête de pont, animatrice du réseau des centres d'excellences comme Cannes et Bordeaux (cf. encadré sur l'Aerocampus Aquitaine du chapitre 2), des initiatives de développement d'expertises spécifiques à haute valeur ajoutée comme *l'Intelligence Campus* de Creil pour la surveillance et la défense et

¹ portées au sein de l'Etat par l'Alliance pour l'innovation ouverte : www.alliance-innovation-ouverte.fr

d'interconnexion avec les autres secteurs comme les *boosters* (cf. chapitre 2). Cette proposition devrait rassembler l'assentiment des collectivités correspondantes, à condition que la capitale régionale toulousaine joue bien le jeu du réseau et en perçoive l'intérêt pour son propre développement. **Face à une concurrence mondiale croissante, les rivalités entre territoires nationaux méritent d'être dépassées, en lien avec l'échelon européen qui donne la taille critique.**

RECOMMANDATION

Affirmer Toulouse comme la capitale (hors lanceurs) de l'espace.

Au niveau européen, des responsabilités claires avec un leadership assumé par la France

La politique spatiale européenne se construit sur trois piliers principaux : les Etats membres¹, l'ESA et l'Union européenne.

- En plus de leur programme national, les Etats membres interviennent dans le cadre des programmes ESA et communautaires, qu'ils peuvent influencer directement - par la participation financière dans le cadre des programmes facultatifs - ou indirectement, en étant force de proposition, de conviction et en prenant part au vote de validation.
 - L'ESA anime la collaboration multilatérale de ses Etats membres et assure la maîtrise d'ouvrage des programmes ainsi décidés. Elle assure également la maîtrise d'ouvrage déléguée pour le compte de l'UE sur les programmes spatiaux communautaires.
 - L'Union européenne possède, depuis l'entrée en vigueur du traité de Lisbonne en 2009,

une compétence spatiale partagée avec les Etats membres: "afin de favoriser le progrès scientifique et technique, la compétitivité industrielle et la mise en œuvre de ses politiques, l'Union élabore une politique spatiale européenne. A cette fin, elle peut promouvoir des initiatives communes, soutenir la recherche et le développement technologique et coordonner les efforts nécessaires pour l'exploration et l'utilisation de l'espace"². La confirmation de ce troisième acteur offre une dimension politique à l'activité spatiale européenne et accentue son côté supranational. Elle vient également complexifier le paysage, d'autant que les procédures communautaires sont souvent considérées comme lourdes, complexes et lentes à mettre en œuvre.

Le parlement européen, dans son rôle de représentation des citoyens européens, a constitué l'intergroupe Ciel&Espace - dont Franck Proust, député européen français, est vice-président - et s'empare ponctuellement des questions relatives à l'espace et à ses usages : par exemple, la résolution *European Parliament resolution on space market uptake* a été adoptée le 8 juin 2016. Cependant, les responsables de l'intergroupe nous ont fait part de la marge de progression des parlementaires français dans un secteur encore trop souvent considéré comme réservé à des *happy few* passionnés (on évoque souvent « la famille du spatial ») et dont la nature stratégique et la force de levier pour l'emploi, *via* l'industrie, les applications et les services, sont encore trop méconnus des administrations et parlements de l'Europe comme de ses Etats-membres.

On peut compléter ce paysage par des agences spécifiques, soit communautaires comme la GSA qui assure la mise en œuvre de Galileo, soit intergouvernementale comme l'Agence Européenne de Défense, dont le rôle essentiel est de fédérer les besoins et d'articuler les actions en matière de défense et de sécurité des pays européens, souverains dans ces domaines.

¹ Le périmètre de l'UE et de l'ESA en termes de pays adhérents ne sont pas concordants.

² Article 189 du traité de Lisbonne

Dans le cadre des programmes spatiaux de l'Union européenne, la Commission doit être garante des besoins de l'Union, de ses États-membres et de ses citoyens. Son rôle commence donc par la définition du juste besoin, en fonction de l'ensemble des enjeux de l'Union et de manière efficiente, en s'appuyant sur les agences spécialisées dont le rôle est justement de faciliter l'expression et l'harmonisation des besoins : naturellement l'ESA, mais aussi l'Agence européenne de Défense, quand il s'agit de partager des moyens de communication institutionnelle (**GOVSATCOM**) ou **FRONTEX** pour mettre en place une politique de suivi des flux de migrants. Puis la Commission fait appel à l'ESA comme agence contractante. C'est alors un binôme Commission/ESA qui, avec l'appui d'expertises spécifiques fournies par les agences nationales, supervise le bon déroulement des contrats et valide les solutions techniques définies par les industriels, assumant ainsi son rôle stratégique et politique.

Ce paysage, installé depuis le début de la décennie, cherche son équilibre, chaque institution marquant sa spécificité. Les échanges se normalisent peu à peu et la publication par la Commission européenne d'une stratégie spatiale à l'automne 2016, quelques semaines avant le Conseil ministériel de l'ESA, devrait servir de test et, comme nous pouvons l'espérer, de catalyseur à la convergence. La France devra bien sûr porter un message constant sur la nécessité du retour à un fonctionnement en bonne intelligence et montrer l'exemple en assurant une parfaite articulation avec les programmes européens - la mise en cohérence des programmes de mesure du CO₂ atmosphérique Microcarb, porté par la France avec Carbonsat, porté par l'ESA, aurait été plus efficiente si elle avait été réalisée *a priori*.

¹ Constat notamment énoncé dans le rapport de la mission sur l'évaluation de la contribution française aux programmes cadre de recherche et développement technologique.

Clarifier les responsabilités des différents acteurs européens (Union européenne / ESA / Agences nationales mieux définies dans leurs fonctions respectives de maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'ouvrage déléguée et d'expertise) pour augmenter l'efficacité de l'action européenne ; limiter les doublons et encourager la Commission européenne à s'appuyer sur les agences spécialisées pour fédérer et harmoniser l'expression des besoins européens

RECOMMANDATION

Le niveau européen, encore plus que tous les autres, est un niveau d'influence et de taille critique. La complexité des mécanismes aboutissant aux décisions communautaires nécessite une organisation solide, palliant la faible inclination des acteurs français au lobbying, dans le secteur spatial comme dans d'autres¹ domaines où la France peut s'appuyer, sans arrogance mais avec confiance, sur son positionnement de chef de file européen avec le soutien, à Bruxelles, de la représentation permanente.

Mettre en place une action efficace pour développer la présence de représentants français dans les institutions européennes traitant du spatial

RECOMMANDATION

Les niveaux d'influences sont nombreux, au sein des instances communautaires et des agences européennes. Les programmes se préparent en amont, au sein des plates-formes de l'UE spécialisées, des groupes de haut niveau et des différents groupes d'experts. Ils répondent d'autant mieux aux attentes que les acteurs nationaux sont mobilisés, rôle que les Points de contact nationaux (PCN) peinent à tenir. Sur ces points d'animation de l'influence, une comparaison européenne pourrait nous permettre de dégager les bonnes pratiques.

QUELLES CONSÉQUENCES DU BREXIT DANS LE DOMAINE SPATIAL ?



Le referendum ayant conduit les Britanniques à se prononcer sur la sortie de l'Union européenne le 23 juin 2016 a suscité beaucoup d'interrogations en Europe sur l'avenir des relations avec le Royaume-Uni, en particulier dans le domaine spatial où les coopérations industrielles et institutionnelles entre les pays sont fortes. **Les échanges avec les différents acteurs européens rencontrés à Bruxelles le jour-même et le lendemain du vote ont montré que ce résultat n'avait pas réellement été anticipé.**

Les Britanniques s'étant systématiquement refusés à cotiser au développement des lanceurs européens, leur départ de l'Union européenne sera sans douleur pour Ariane 6 et Vega-C. En revanche, le Royaume-Uni contribue aux principaux programmes spatiaux commandités par la commission européenne, à savoir Galileo, Copernicus, SST et GOVSATCOM. Le BREXIT réduira mécaniquement le budget général européen, dont le Royaume-Uni est le 4^{ième} contributeur, pour environ 10 % : l'avenir de ces programmes spatiaux dépendra donc de la décision ou non des autres pays européens de compenser cette réduction. Si ce n'était pas le cas, des arbitrages devraient être effectués. Le programme Galileo doit rester la priorité absolue : la constellation est en cours de déploiement et la crédibilité européenne comme le développement de ses usages passent par la réaffirmation de la tenue

des objectifs que l'Union européenne s'est fixés. Ensuite, le programme Copernicus doit se concentrer sur la mise en place urgente d'un segment sol efficace et ouvert (cf. chapitre 3 - Segments sol) ; le développement et le lancement de nouveaux satellites envisagés devront être ensuite étudiés au cas par cas, en fonction des usages (sécurité, environnement) pour évaluer l'opportunité de certains reports ou d'étalements de projets. **Sur Galileo comme sur Copernicus, l'avenir des infrastructures de sécurité hébergées au Royaume-Uni devra être discuté.** Sur le projet SST de surveillance de l'espace (cf. p.119), en revanche, l'Union européenne doit profiter du BREXIT pour remettre à plat les initiatives dans ce domaine et construire un véritable programme fédéré. Enfin, le projet **GOVSATCOM** n'en est qu'au stade préliminaire et devrait pouvoir être facilement réorienté en excluant le Royaume-Uni des réflexions. Pour d'autres projets, plus modestes, de nature industrielle ou scientifique, l'Union européenne accompagne le Royaume-Uni : ils devront être réévalués. Dans les réponses aux appels à projet européens, il paraît également prudent que les organismes français (laboratoires, industriels ou autres) choisissent désormais avec précaution d'éventuels partenaires britanniques.

En tant que membre de l'Union européenne, le Royaume-Uni bénéficie aussi des retours industriels sur les grands programmes spatiaux européens. Le point le plus sensible porte sur le programme Galileo, pour lequel la France et le Royaume-Uni peuvent partager des positions communes. L'impact du BREXIT sur les intérêts français devra être évalué dans le cadre des négociations sur l'accord séparé que devra signer le Royaume-Uni avec la Commission européenne sur ses modalités d'accès à Galileo.

Le BREXIT signifie aussi un réajustement de la politique industrielle de « préférence européenne » à appliquer par l'Union européenne pour ses programmes liés à l'espace et dont le périmètre pourrait désormais exclure les industriels britanniques. Ceci devra aussi être valable lorsque ces contrats de l'Union européenne passeront par l'ESA, dont le Royaume-Uni restera membre de plein droit, comme la Suisse et la Norvège.

La première conséquence constatée du BREXIT est la chute de la livre sterling de 10 à 15% face à l'euro, ce qui, si elle est durable, augmentera d'autant la compétitivité relative des entreprises britanniques par rapport aux sociétés de la zone Euro. A terme, la remise en place de frais de douanes avec le Royaume-Uni pourrait partiellement compenser ces gains sur le marché européen. Les incertitudes sur l'avenir du Royaume-Uni hors de l'Europe (et les velléités de l'Ecosse ou de l'Irlande du nord de s'émanciper) inquiètent par ailleurs à la fois les investisseurs et les industriels qui disposent d'une filiale au Royaume-Uni (comme Airbus avec SSTL). Elles devraient aussi limiter dans un premier temps les investissements envisagés et réduire l'attractivité britannique : **pour le spatial, les conséquences pourraient concerner l'avenir du projet de UK Space port ou l'attractivité de sociétés à Harwell.**

2 -

Soutenir et responsabiliser les acteurs économiques pour développer l'emploi

Un financement public agile, adapté à la cible et qui fait levier sur le financement privé

> PROGRAMMES RAPID DGA

La Direction Générale de l'Armement (DGA) investit environ 50 M€ par an pour soutenir l'innovation duale dans les PME *via* le dispositif RAPID (Régime d'Appui à l'Innovation Duale), un régime de subvention adapté au cycle de vie des PME et ETI. Ce dispositif réactif, qui autorise des dépôts de projet « au fil de l'eau », permet de réduire à quatre mois le délai entre le dépôt de la demande de financement et le démarrage du projet. Ce sont plus de 350 projets innovants qui ont été soutenus depuis 2009, avec une montée en puissance ces deux dernières années. Le financement de la DGA peut atteindre 80 % de la somme globale. À titre d'exemple, les 70 projets soutenus chaque année obtiennent un financement allant de 700 000 à un million d'euros.

Une fois retenus, les projets bénéficient d'un accompagnement par des experts jusqu'à leur commercialisation, donnant de la visibilité aux besoins défense et ouvrant le dialogue avec des partenaires industriels. Enfin, les PME et ETI innovantes ont accès aux donneurs d'ordre grâce notamment au « Club Rapid », qui réunit toutes les PME pilotes d'un projet RAPID autour de deux objectifs : le partage d'expériences réussies et la valorisation auprès des grands donneurs d'ordre.

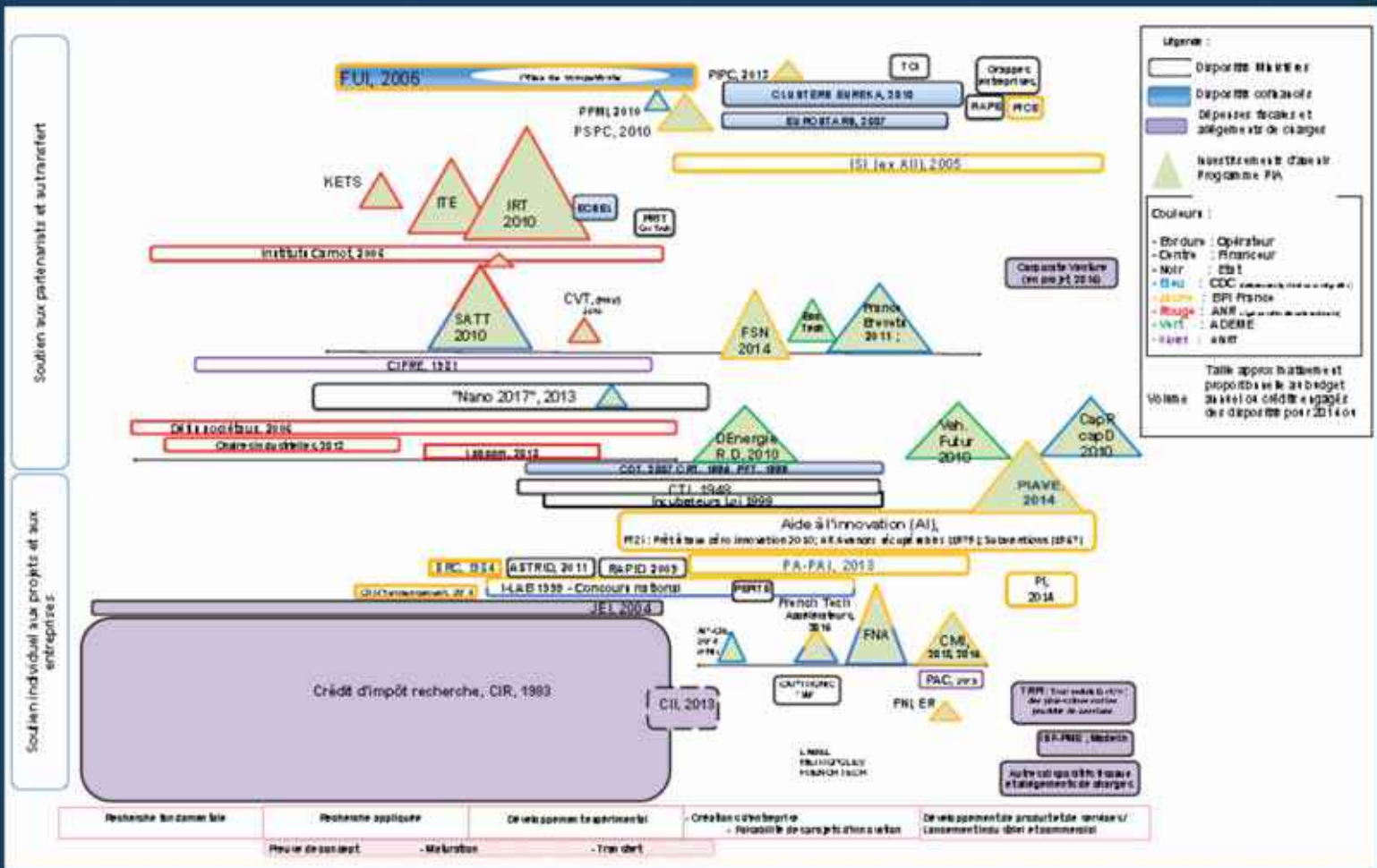
Les projets spatiaux innovants (démonstrateurs technologiques, satellites scientifiques, lanceurs, etc.) possèdent quelques particularités : des temps de

développement longs, un besoin de qualité très élevé et des exigences de tests poussées dues à l'environnement extrême et à l'impossibilité de maintenance ou de ravitaillement une fois le vol effectué (pour l'instant du moins...), **des dépenses d'investissement importantes, un risque d'échec technologique significatif**. Les **satellites commerciaux produits en grande série** ou quasi-récurrents ont des **cycles de développement plus rapides** et présentent des **risques de nature différente**, mais **ils nécessitent également en amont des investissements de R&T lourds**. Le soutien financier aux projets spatiaux doit prendre en compte toutes ces particularités.

En France, les aides publiques au financement de projet sont nombreuses et peu coordonnées. Dans le domaine spatial, des guichets sont ouverts auprès de la DGA, du CNES, des opérateurs de l'Etat (ANR, Bpifrance, ADEME) et des collectivités territoriales. Les types de financement varient également : achat de prestations, subventions, avances remboursables, prêts plus ou moins bonifiés, montage de sociétés de projet, prises de participations, achat public, etc.

Ce foisonnement a largement été souligné dans de nombreux rapports, dont « Quinze ans de politiques d'innovation en France », publié en janvier 2016 par France Stratégie, le *Think Tank* du gouvernement, dont est extrait le schéma ci-après : il se suffit à lui-même pour exprimer toute la complexité que rencontre une PME ou une start-up à la recherche de financements. Il existe un besoin général de rationalisation et d'articulation entre les financements amont et

> PANORAMA DES DISPOSITIFS NATIONAUX DE SOUTIEN À L'INNOVATION 2014-2015



SOURCE : 15 ANS DE POLITIQUES D'INNOVATION EN FRANCE, FRANCE STRATÉGIE, JANVIER 2016

aval, de soutien à l'innovation de rupture ou incrémentale, aux start-ups et aux grands comptes. Mais dans cette rationalisation nécessaire, il est primordial de maintenir et d'adapter les outils de financement de l'innovation aux spécificités du secteur spatial.

En attendant la rationalisation de ces aides et des guichets, dans un esprit de pragmatisme, la MEspace pourrait se voir confier un rôle d'orientation et d'articulation des guichets sur la filière, avec pour missions :

- de tenir à jour un registre des aides possibles, au niveau territorial, national et européen, pour les entreprises de la filière spatiale
- de soutenir la préparation d'appels à projets « spatial », de veiller à leur pertinence, à l'adéquation avec la spécificité de la filière et à leur articulation avec les autres initiatives,

- de veiller à ce qu'un même projet ne soit pas financé deux fois, en tenant un registre des projets aidés,

- de faciliter, sur la base d'un registre qualitatif, le recours à un expert ou une personnalité qualifiée qui puisse soutenir la puissance publique dans l'évaluation d'un projet ou la constitution d'un jury. Il conviendra de veiller dans cette démarche à assurer la transparence sur les liens des experts avec les laboratoires publics et les entités privées, tout en évitant une appréciation excessive des conflits d'intérêt qui pourrait conduire à faire réaliser des expertises par des personnes déconnectées des entreprises et des besoins du marché.

Confier à la MEdspace un rôle d'articulation des aides publiques

Encourager le risque et l'innovation de rupture

Le soutien public en France est caractérisé par son aversion au risque : un projet dont le risque n'est pas maîtrisé ne sera pas financé. Pourtant, le développement des technologies de rupture est par nature incertain. Ne pas le soutenir peut priver la France et l'Europe d'avancées sociétales majeures, de nouveaux usages, de nouveaux marchés, donc de possibilités de maintien ou de créations d'emplois. Cette culture n'est pas seulement la conséquence du principe de précaution inscrit dans la Constitution. Initialement conçu comme un principe d'action, il a dérivé progressivement, au fil de jurisprudences successives, vers une attitude de frilosité et d'« ouverture de parapluie ». Elle trouve aussi ses racines dans notre éducation, avec une pédagogie, certes en évolution, mais encore trop basée sur la performance individuelle et la sanction de l'erreur, plutôt que l'encouragement à l'initiative. Or le risque suppose l'acceptation de l'erreur et/ou de l'échec, à condition qu'ils servent à rebondir. De plus, l'acceptation collective du risque est liée à la pratique du travail collaboratif qui crée une solidarité et une responsabilité partagée, donc acceptée.

Aux Etats-Unis, les capitaux-risqueurs ont même inversé la logique et font de l'expérience d'un échec un critère positif pour sélectionner les porteurs de projets qu'ils vont financer. Lors de la mission de représentants du Groupe Parlementaire de l'Espace aux Etats-Unis fin

juillet 2015, le sénateur et la députée présents¹ ont pu constater que, quinze jours après le crash d'un lanceur Falcon 9 par SpaceX, dans le cadre d'une commande publique, leurs homologues du Congrès américain considéraient que cet échec était « inhérent à la démarche d'innovation et permettrait de progresser ». Ni les politiques, ni les médias n'ont formulé de critiques à l'encontre de l'entreprise responsable du lancement ou de son PDG, pas plus qu'à l'encontre de la NASA qui avait déjà payé près de 90 % du lanceur. On imagine que, dans une situation analogue, les choses se seraient passées différemment en France...

Les Sociétés d'Accélération de Transfert de Technologie (SATT), mises en place dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir pour favoriser la transformation des inventions du monde académique en innovations commercialisables par une entreprise, sont d'ailleurs un exemple de structures dont la construction même réduit la prise de risques. Pour tenir l'objectif de rentabilité à dix ans qui leur a été fixé, qu'aucune structure de valorisation au monde n'a d'ailleurs été en mesure de tenir - pas même aux Etats-Unis ou en Israël, pourtant les plus agiles et expérimentés dans ce domaine - elles ne peuvent se permettre de financer que les projets peu risqués et *risquent* - justement - de passer ainsi à côté d'innovations disruptives. Or le retour sur investissement d'une innovation de rupture (*disruptive innovation*) est en moyenne sept fois supérieur à celui d'une innovation incrémentale.

On voit bien le manque à gagner en termes de parts de marché et d'emplois lié à cette insuffisance dans la prise de risques. Récemment, au cours d'une table ronde commune organisée par un quotidien économique² à Paris, le directeur général honoraire de l'ESA, Jean-Jacques Dordain, incitait lui aussi l'ensemble des acteurs à une prise de risques accrue, en particulier dans les segments de marché émergents, « condition indispensable à la conquête de nouveaux marchés ». Il a même indiqué à cette occasion que la performance de

¹ Alain Gournac, sénateur et Geneviève Fioraso, députée.

² Paris Air Forum, organisé par la Tribune le 21 juin 2016 à Paris

72 lancements d'Ariane de suite sans incident était en elle-même révélatrice d'une prise de risques peut être insuffisante...

> LES MOONSHOTS DE GOOGLE

Ce sont des projets d'innovation de rupture développés dans le laboratoire Google X.

Ils répondent à trois critères :

- ils partent d'un problème dont la résolution est enthousiasmante
- ils doivent proposer une solution de rupture, qui n'a jamais été tentée
- la science et la technologie peuvent permettre d'atteindre l'objectif.

Parmi les projets emblématiques de Google X on peut citer les lunettes de réalité augmentée, la voiture autonome ou le réseau de ballons pour assurer une connexion à internet. Le CNES est d'ailleurs impliqué dans cette dernière initiative.

Les budgets de soutien public doivent pouvoir réserver une enveloppe à ce type de projets que Google appelle les *Moonshots* (cf. encadré supra). Ces projets seraient accompagnés en plusieurs phases afin de gérer le risque induit et seraient spécifiquement évalués par un jury sensibilisé aux enjeux des innovations de rupture. Ce dispositif d'aides, classique dans sa forme, pourrait être accompagné d'un fonds spécialement dédié aux innovations de ruptures (cf. ci-dessous). Une action complémentaire consisterait à inscrire le spatial comme l'une des ambitions¹ du Concours mondial d'innovation lors de son renouvellement.

Un fonds d'investissement sensible aux spécificités de la filière

Seraphim Capital est une société de gestion anglaise, labellisée par le *Department for Business Innovation & Skills* pour gérer des fonds d'investissement en capital partiellement public. Seraphim a ouvert en 2015 le premier fonds spécialisé dans les *space tech*, les technologies pour le spatial, issues du spatial ou utilisant des données satellitaires. Ce fonds *multicorporate* a été abondé à hauteur de 83 k£ par 7 grandes entreprises du secteur : Airbus, Thales Alenia Space, Avanti Communications, Surrey Satellite Technology, Telespazio, Com Dev et e2v. Le fonds est également soutenu par l'agence spatiale britannique UKSA ainsi que par l'ESA avec laquelle il a signé un partenariat en août 2015. Le fonds vise en priorité des séries A, c'est-à-dire l'entrée au capital de sociétés dont le produit est finalisé et commence à avoir les premières validations du marché.

Son *Advisory Board* est composé de représentants expérimentés du secteur spatial issus des secteurs public et privé : David Williams, CEO d'Avanti Communications, Stuart Martin, CEO du Satellite Applications Catapult, Amnon Ginati, directeur des applications intégrées et télécommunications de l'ESA et Justin Hill, associé du cabinet d'avocats Olswang, expert en propriété intellectuelle.

Seraphim se définit comme un fonds de *smart capital*, c'est-à-dire qu'il entend s'appuyer sur l'expérience de son *Advisory Board* pour que le potentiel de croissance des start-ups financées s'exprime pleinement. Des actions de mentorat associées sont encouragées et organisées.

Le capital-risque est comme on le sait une activité d'investissement en capital dans les sociétés non cotées en Bourse et pas encore rentables. L'Association Française des Investisseurs pour la Croissance (AFIC) préconise

Mettre en place une enveloppe innovation de rupture au niveau des agences (CNES et ESA) et de la Commission Européenne

Faire figurer le spatial parmi les ambitions du Concours mondial d'innovation

Faire évoluer les objectifs des SATT pour les mobiliser sur les innovations de rupture liées au spatial

¹ Les ambitions du Concours mondial d'innovation, au nombre de 8, sont les thématiques abordées par les entreprises candidates.

d'employer le terme *capital-innovation* pour traduire l'esprit du *capital venture* anglo-saxon et éviter de mettre l'accent sur le risque avec sa connotation parfois rédhibitoire évoquée précédemment.

Les projets technologiques de la filière spatiale ont des particularités de temps de développement et de besoins en investissement initial qui les rendent difficilement compatibles avec les modèles d'investissement des fonds généralistes, plus habitués à financer des *écotechs*, des *medtechs* ou des entreprises de *big data* que des *space techs*. Les équipes d'investisseurs, dont le métier est de gérer les risques pris pour le compte des institutions qui ont souscrit des parts dans leur fonds, ne sont pas non plus habituées aux étapes d'évolution des développements des technologies spatiales - le principe d'un démonstrateur en orbite est en soi exotique - et ne connaissent pas toujours les marchés adressés. Ceci constitue clairement un handicap pour l'éclosion de start-ups technologiques.

Pour celles qui sont porteuses d'applications innovantes à partir de données satellitaires, la complexité de la source de données, mélange entre des données d'origine spatiale et terrestre, les incertitudes sur leur continuité et l'absence de marché existant, représentent des obstacles lorsqu'il s'agit de convaincre les équipes d'investisseurs. La définition du mode opératoire de l'*open data*, pratique de données accessibles gratuites ou non, et les questions de propriété intellectuelle associées ne sont pas stabilisées, ce qui là encore n'incite pas le capital-innovation à s'engager. **Pourtant, le marché est considérable. Il serait dommageable pour l'emploi d'attendre que le modèle soit mature pour s'engager car l'avance de pays plus audacieux ou imprégnés de la culture où l'on « avance en marchant » dans un esprit entrepreneurial sera alors irréversible.**

Une alternative pour ces jeunes entreprises serait de s'adresser :

- à un **fonds corporate**, c'est-à-dire porté par une grande entreprise, comme celui mis en place tout récemment par Airbus en Californie, avec la volonté confirmée lors de l'entretien avec son PDG Tom Enders d'en faire bénéficier l'Europe et, singulièrement, la France
- ou **multicorporate**, c'est-à-dire porté par plusieurs entreprises qui co-investiraient, comme le Space fund de Seraphim Capital (cf. p.101).

Mais ce choix ne correspond pas toujours à la stratégie de la start-up. En ce cas, seul un **fonds de capital-innovation** indépendant spécialisé et sensibilisé aux enjeux de l'innovation de rupture pourra répondre à cette exigence de *smart capital*.

Mettre en œuvre dès 2017 un fonds de capital-innovation avec une équipe d'investisseurs dédiée aux enjeux du secteur spatial et sensibilisée à l'innovation de rupture

RECOMMANDATION

> TELESPACE PARTICIPATION

Créée en janvier 1998, Telespace Participation a pour objectif de gérer un portefeuille de participations pour favoriser l'émergence de nouveaux usages du spatial ainsi que leur développement. Filiale à 100 % du CNES, ce holding financier soutient les start-ups et les sociétés en développement, en apportant des garanties dans le cadre du plan d'investissement de la société ou en intervenant directement en qualité d'investisseur. Telespace Participation est géré administrativement par la Direction financière en collaboration avec la nouvelle DIA, qui est en train de travailler sur la doctrine d'intervention pour pleinement s'appropriier l'outil et mieux le faire connaître aux porteurs de projets de start-ups.

La puissance publique comme client de référence pour les applications satellitaires innovantes

Une entreprise qui développe un projet innovant a certes besoin de financements pour développer son projet, mais également d'un accès aux marchés et aux clients. Pour le dire plus simplement, elles ont avant tout besoin de commandes et de références sur le marché domestique pour pouvoir plus facilement rayonner à l'international ou démarcher de nouveaux secteurs. **La puissance publique peut être précurseur dans l'adoption d'une innovation (les anglo-saxons parlent d'*early adopter*) et tenir le rôle de client de référence**, cela d'autant plus facilement que les données satellitaires ont de réelles applications dans la conduite de nombreuses politiques publiques, au niveau européen, national, régional et métropolitain.

Malgré son intérêt partagé, cette position de premier client n'est pas assez prise en compte par les acheteurs publics, pour des raisons de sécurité juridique, d'objectivation de leur performance sur le court terme et de manque de connaissance des mécanismes qui supportent l'achat public d'innovation (cf. encadré sur le partenariat d'innovation p.103). Elle n'est pas non plus poussée par les politiques publiques, par manque de connaissance des possibilités offertes par le domaine spatial¹ : il y a un réel problème de manque d'acculturation aux applications existantes comme potentielles permises par le spatial.

¹ Le Catapult centre sur les applications satellitaires a identifié, dans le cadre du programme « Space for Smarter Government », les freins à l'utilisation des applications satellitaires : les perceptions du risque et du coût, vues comme supérieures à la réalité, la méconnaissance des techniques et des offres satellitaires et leur complexité réelle, l'absence de « temps réel ».

> LE PARTENARIAT D'INNOVATION

Le partenariat d'innovation² introduit par décret dans le code des marchés publics pour prendre en compte la nouvelle directive Marchés publics³, est un nouveau type de marché qui permet à la personne publique de financer le développement d'un produit innovant et son acquisition dans le cadre d'un seul marché, donc sans que la phase d'acquisition fasse nécessairement l'objet d'un nouveau marché et d'une nouvelle mise en concurrence. Cette nouvelle procédure a pour objectif de promouvoir l'achat public innovant et de soutenir l'utilisation stratégique des marchés publics pour stimuler l'innovation.

Il existe donc deux orientations à suivre pour favoriser le recours à l'achat de produits ou services innovants issus des données spatiales par les puissances publiques (Etat, établissements publics et collectivités territoriales) : d'une part, informer et sensibiliser celles-ci à l'intérêt qu'elles y trouveront et, d'autre part, faciliter l'acte d'achat.

Au niveau des ministères et en coordination avec le CoSpace, l'action de sensibilisation pourrait être réalisée par la MEdspace. La mission animerait la communauté des utilisateurs de données satellitaires, accompagnerait les ministères dans l'identification des besoins qui pourraient être couverts par ces applications de manière efficace : couverture numérique et Plan très haut débit, usages de données satellitaires pour les politiques publiques territoriales, enseignement par pédagogie numérique, Cela faciliterait le lien avec le secteur économique : soutien à la rédaction du cahier des charges, appui aux acheteurs dans le cas d'un recours au partenariat d'innovation, promotion de l'action de la mission auprès des écosystèmes.

² <http://www.economie.gouv.fr/daj/parteneriat-innovation>

³ Directive 2014/24/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics et abrogeant la directive 2004/18/CE

Afin de rendre plus fluide l'accès immédiat des personnes publiques (Etat, Collectivités territoriales, ...) à des offres définies, qualifiées et packagées, l'UGAP¹, centrale d'achat public active dans l'achat-revente de solutions innovantes, pourrait constituer un relais efficace et rapide. L'UGAP a d'ailleurs échangé sur ce sujet avec l'association InSpace, qui regroupe quelques acteurs des applications sur le pôle toulousain.

RECOMMANDATION

Donner comme objectif à la MEspace d'encourager l'usage des solutions spatiales à valeur ajoutée dans les politiques publiques

> L'ESPACE POUR UN PROGRAMME DE GOUVERNEMENT PLUS INTELLIGENT AU ROYAUME-UNI

Space for Smarter Government Programme (SSGP) est un programme porté par le Catapult Centre dont les objectifs sont, d'une part, d'inciter le gouvernement à utiliser les technologies et données spatiales pour soutenir les aspects opérationnels des politiques publiques de façon innovante, efficiente, en utilisant des investissements existants et, d'autre part, d'encourager les pouvoirs publics à devenir un client de référence pour amorcer la croissance de produits et d'applications et leur permettre de conquérir les marchés internationaux.

L'équipe du SSGP aide le gouvernement britannique à identifier les domaines sur lesquels l'impact sur les politiques publiques sera le plus grand, en termes de coût, d'efficacité, de précision et de réduction des risques.

Elle identifie les barrières qui freinent l'utilisation des données satellitaires et évalue les actions correctives, établit des relations de long terme avec les administrations pour comprendre leurs besoins et leurs priorités, fait appel aux acteurs industriels pour démystifier l'usage des satellites, soutient les projets dans leur recherche de financement auprès de l'ESA et de l'UE. Sur l'année 2015-2016, l'agence spatiale britannique UKSA a lancé un concours pour accélérer des projets mettant en relation les politiques publiques et la donnée spatiale. Treize projets ont été accompagnés à hauteur de 80k€ pour une première phase de faisabilité de 5 mois. Ces projets sont autorisés à candidater pour la phase 2 qui soutiendra les plus prometteurs en soutenant le développement du démonstrateur par un financement à hauteur de 500 k€.

¹ Voir par exemple : <https://www.ugap.fr/actualites/innovation/detection-et-qualification-dune-offre-innovante.170659.html>

Une politique industrielle européenne et nationale au service de la compétitivité de la filière

Comme nous l'avons vu, le domaine spatial associe en permanence et de manière indissociable le secteur public et le secteur privé. **Pour structurer la filière, les politiques à mettre en œuvre dépendront donc largement des dispositifs et leviers publics, tout en encourageant les initiatives et dynamiques du secteur privé.**

■ La politique industrielle de l'ESA : Le retour géographique, un dispositif qui doit évoluer

Le mécanisme du retour géographique de l'ESA est détaillé en Annexe V de la convention de l'ESA. Il consiste à affecter les contrats passés par l'ESA aux industriels de chaque pays en proportion de la contribution de ces pays au budget de l'ESA. Le coefficient de retour global d'un État membre est défini comme le rapport entre le pourcentage des contrats qu'il a reçus, calculé par rapport au montant total des contrats passés dans l'ensemble des États membres et son pourcentage total de contribution.

Pour le calcul des coefficients de retour, le montant de chaque contrat est pondéré en fonction de son intérêt technologique : plus l'intérêt technologique est grand, plus le coefficient est proche de 1. Par exemple, les travaux de recherche et développement technologiques ainsi que le développement d'infrastructures spatiales sont pondérés à 1, la production des lanceurs à 0,75, l'achat de lancement, le support en ingénierie ou la maintenance des installations techniques sont pondérés à 0,25. Les dépenses de personnel ESA, les bâtiments et services non techniques sont pondérés à 0, c'est-à-dire qu'ils ne comptent pas dans le retour géographique.

La convention stipule que « la répartition des contrats passés par l'Agence doit tendre vers

une situation idéale dans laquelle tous les coefficients de retour global sont égaux à 1. ». Afin d'introduire un peu de souplesse, les objectifs sont de 0,84 sur chaque programme, 0,90 sur chaque domaine et 0,91 comme objectif global, audité lors d'une revue formelle qui a lieu tous les 5 ans, la dernière ayant eu lieu en 2014.

La question du dispositif de retour géographique de l'ESA et de son impact sur la compétitivité des entreprises européennes du spatial a été évoquée à plusieurs reprises au cours de la mission. Le sujet n'est pas tabou pour l'ESA mais si chacun voit bien les effets pervers d'un système de redistribution sur le manque d'intégration donc de compétitivité industrielle et commerciale, la crainte d'ouvrir « une boîte de Pandore » et de déstabiliser voire d'amoinrir la motivation des États membres a également été exprimée. Des inflexions paraissent cependant indispensables car le système actuel crée trop de déséquilibres entre les industriels, à commencer par Airbus Defence & Space et Thales Alenia Space. Avec les règles d'approvisionnement et de retour géographique de l'ESA, Thales Alenia Space évalue à près de 2,8 Md€ les contrats perdus depuis 5 ans, sa filiale française n'ayant notamment plus gagné de compétitions majeures depuis 2009. Son application systématique peut aussi conduire à ne pas recourir aux meilleures expertises existantes, portant ainsi tort à la compétitivité et la qualité de la conduite des projets concernés. C'est ce souci d'amélioration du dispositif, sans révolution, qui a guidé notre analyse et nos propositions.

L'agence spatiale européenne confie, après sélection sur appel d'offres, les travaux aux universités, instituts et industriels des pays membres, en assurant un équilibre entre les quatre piliers de la politique industrielle de l'ESA : répondre aux besoins des programmes spatiaux de manière efficiente économiquement, soutenir la compétitivité de la filière européenne, faire participer de manière équitable les pays membres aux différents programmes et, si cela est compatible avec les trois autres piliers, procéder à une mise en concurrence.

Le premier pilier, en simplifiant à l'extrême, indique que l'agence est attentive au rapport qualité-prix des offres. Le second pilier, tel qu'il est précisé dans l'article 7 de la Convention, représente ce que nous avons coutume d'appeler la politique industrielle, c'est-à-dire de soutien et d'organisation de la filière : « améliorer la compétitivité de l'industrie européenne dans le monde, en maintenant et développant la technologie spatiale et en encourageant la rationalisation et le développement d'une structure industrielle appropriée aux besoins du marché, en utilisant en premier lieu le potentiel industriel déjà existant de tous les États membres ». Quant au troisième pilier, il est en pratique mis en œuvre par la règle du retour géographique : les dépenses de l'agence dans chaque pays sont à peu de choses près affectées au *pro rata* de la contribution, comme précisé dans l'encadré.

Les règles du retour géographique, prises strictement, contreviennent aux trois autres piliers de la politique industrielle européenne : elles peuvent conduire à choisir une solution plus chère ou moins performante, à créer *ex nihilo* des compétences déjà présentes dans un autre pays de l'ESA et *in fine* à biaiser la mise en concurrence. Elles favorisent les industriels disposant d'une large empreinte européenne, leur permettant d'optimiser leur participation en fonction de celle des États membres. Elles encouragent enfin la concentration et l'intégration verticale des grands groupes du secteur, le tout au détriment de l'emploi et de l'innovation.

Si le principe du retour géographique est important pour faciliter la collecte auprès des États membres qui peuvent ainsi justifier les dépenses « spatiales » au sein de leur gouvernement et auprès de leurs parlements lors des débats budgétaires, une souplesse pourrait être apportée à certaines règles, sans pour autant remettre en cause le principe du retour équitable. L'ESA, sollicitée par la mission à ce sujet, est d'ailleurs en train de réfléchir à une évolution de ses règles d'approvisionnement pour assurer un meilleur équilibre entre les piliers de sa politique industrielle.

Par exemple, le retour géographique sur les programmes obligatoires, qui touchent les programmes scientifiques et d'exploration, aujourd'hui abondés à la hauteur du PIB d'un pays, est extrêmement difficile à atteindre, d'autant que certains éléments du programme, tels les instruments des charges utiles, ne sont pas comptabilisés dans le retour géographique. Il faudrait donc pouvoir **à la fois limiter l'exigence du retour géographique pour ce type de programmes et en augmenter l'assiette**. De même, ne **conserver qu'un calcul général et relâcher la contrainte qui pèse sur chaque programme, moduler les coefficients de pondération ou limiter la part de chaque programme dévolue au même industriel** seraient des pistes à explorer pour redonner un équilibre vis-à-vis de l'ensemble des priorités de la politique industrielle soutenue par l'ESA sans remettre en cause le principe de la collecte.

Réaffirmer l'ESA comme un outil de politique industrielle européenne en faisant évoluer les règles d'approvisionnement pour réduire l'impact négatif du dispositif de retour géographique

RECOMMANDATION

■ La préférence européenne

La préférence européenne est en revanche très explicite dans la politique industrielle menée par l'ESA. Elle est intrinsèque au troisième pilier de la politique industrielle de l'agence spatiale européenne qui indique clairement : « pour l'exécution de ses programmes, l'Agence donne, dans toute la mesure du possible, la préférence aux industries de l'ensemble des États membres, qui reçoivent les plus grandes possibilités de participer aux travaux d'intérêt technologique entrepris pour son compte ». Ceci est malheureusement loin d'être le cas pour les autres acteurs européens, à savoir les États membres, les agences et la Commission européenne. Les interlocuteurs publics et privés européens ont mentionné à plusieurs reprises à la mission l'impact dévastateur de satellites

institutionnels européens lancés par un opérateur américain, comme cela a été le cas pour un satellite militaire allemand, exemple le plus souvent communiqué. Et ce d'autant plus que la réciprocité n'est pas vraie, puisque le marché américain est protégé par le *Buy American Act* de 1933, mesure protectionniste qui impose l'achat de solutions produites sur le territoire américain pour toute dépense fédérale.

La France n'a pas les moyens d'imposer la préférence européenne à ses voisins européens, tout au plus peut-elle continuer à faire des efforts d'influence auprès de la Commission européenne comme des Etats membres de l'ESA. **Notre pays doit faire entendre plus fortement sa voix pour imposer des pratiques de préférence européenne à Bruxelles, qui doit clairement afficher des règles d'achat et de financement d'entreprises européennes** dont les investissements se font sur le territoire européen : une filiale de vente européenne d'un produit entièrement américain ne devrait pas pouvoir répondre à des appels d'offres. Par exemple, la mission considère que l'achat dans le cadre de Copernicus de données à l'américain Digital Globe, qui double les capacités européennes avec, qui plus est, une qualité insuffisante, est une erreur stratégique qui ne devrait pas se reproduire.

La préférence européenne doit également se traduire par l'utilisation des investissements déjà réalisés : les puissances publiques européennes ne peuvent pas imposer aux industriels de concevoir des systèmes compatibles avec Galileo mais elles peuvent en revanche imposer que tous les marchés publics concernant des produits et services utilisant du GNSS (trains, voitures, réseaux intelligents, etc.) demandent explicitement, à travers leur cahier des charges, une compatibilité avec le système Galileo.

■ La politique industrielle française : quelle harmonisation avec deux maîtres d'œuvre nationaux dans le domaine des satellites ?

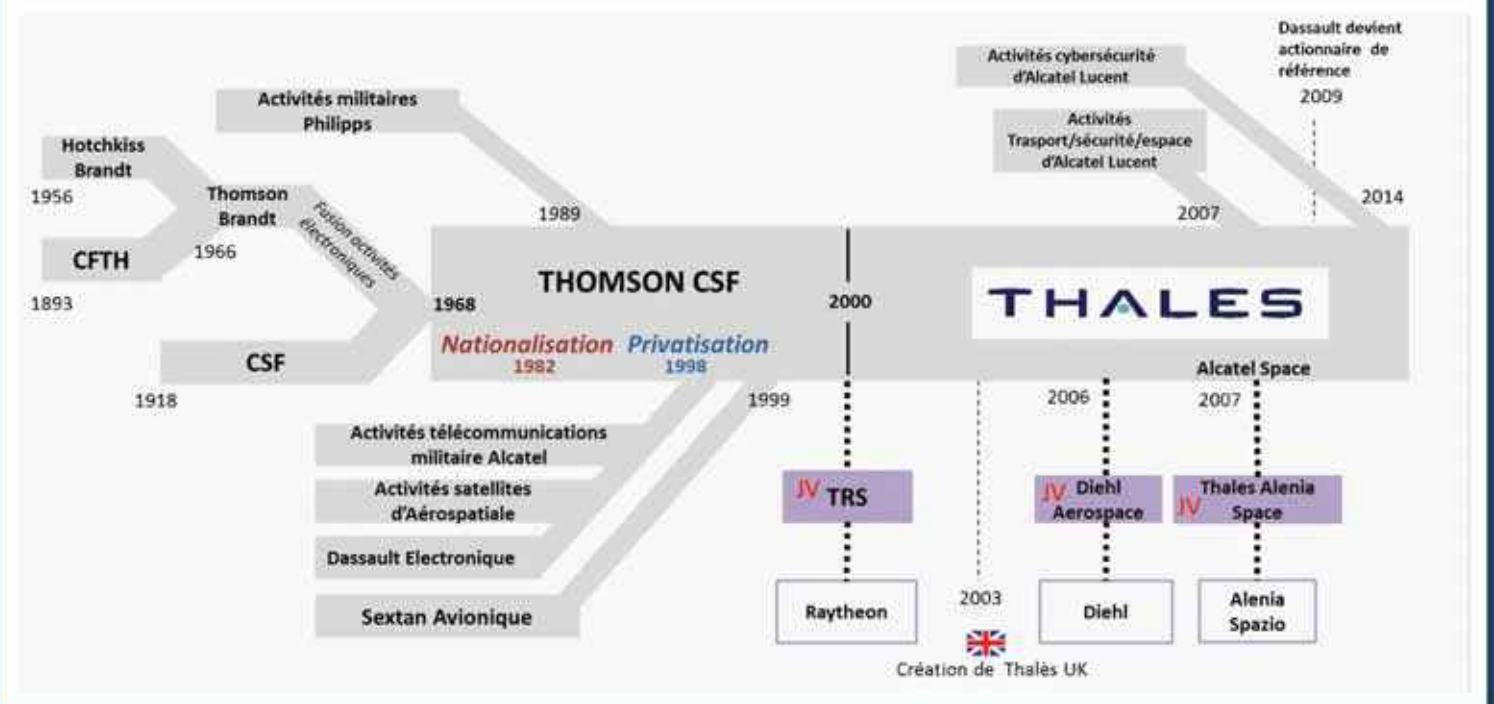
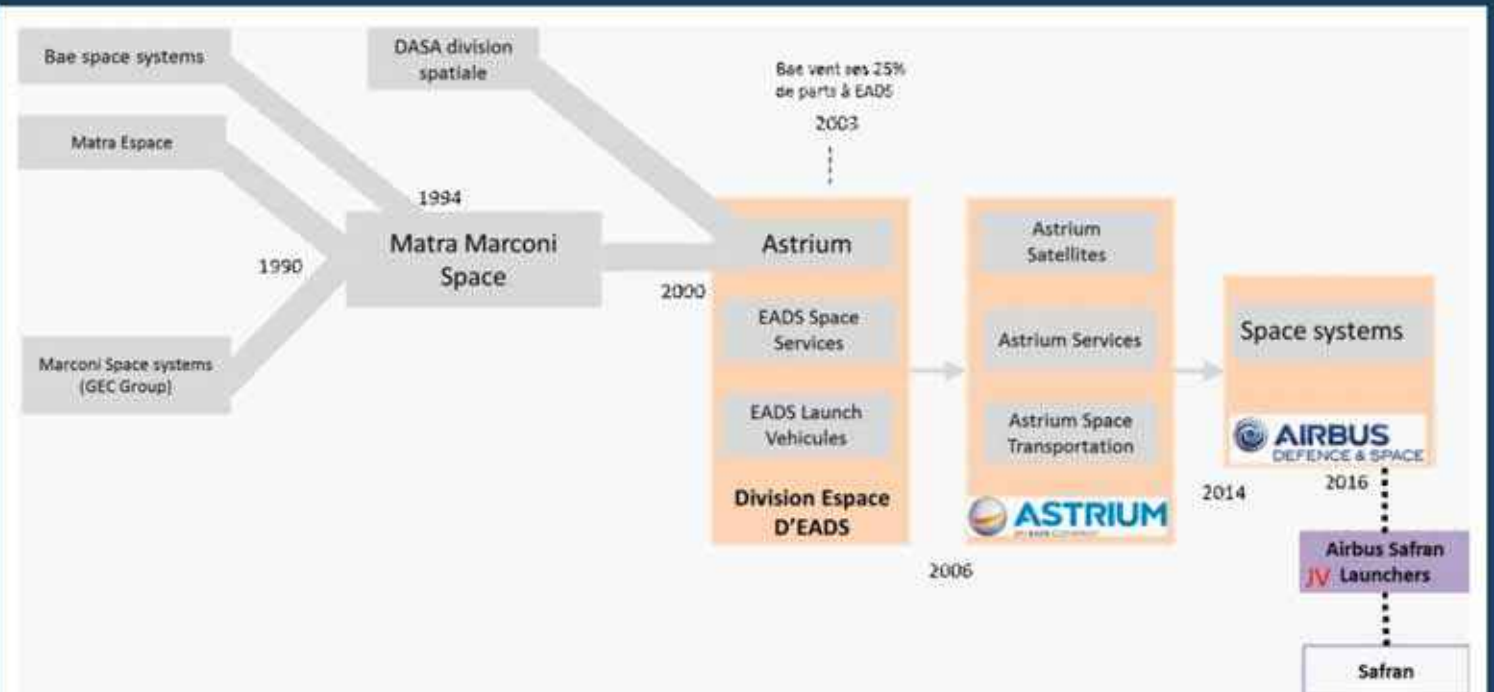
Les deux maîtres d'œuvres « nationaux » - en pratique, européens - sont issus de deux processus de rationalisation des compétences françaises et européennes. Si Airbus Defence & Space est aujourd'hui équilibré entre la France, le Royaume-Uni (depuis le rachat de SSTL en 2008) et l'Allemagne (depuis l'intégration de DASA en 2000), Thales Alenia Space est de son côté surtout établi en France et en Italie.

La concurrence que se livrent Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space place, quand il s'agit de politique industrielle, la puissance publique dans un rôle d'arbitre qu'elle se refuse à jouer. **Cette recherche d'équité peut avoir un impact dommageable pour l'utilisation optimisée des fonds publics comme pour notre compétitivité industrielle globale, notamment à l'export.** D'abord, elle nécessite le plus souvent de dupliquer les investissements de R&T, comme cela s'est produit pour l'adaptation des plateformes de Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space à la propulsion électrique. Ensuite, elle réduit fortement l'effet série sur les commandes nationales. Par exemple, le programme COMSAT-NG de communications sécurisées du Ministère de la Défense prévoit deux satellites : l'un sera équipé d'une plateforme Thalès Alenia Space et l'autre d'une plateforme Airbus Defence & Space. Enfin, cette rivalité franco-française est exacerbée à l'export, notamment sur les marchés institutionnels où le soutien de l'Etat est indispensable. Chaque prospect dans le domaine de la Défense coûte ainsi à la DGA des efforts très importants pour identifier et négocier les conditions de mise en place d'une offre française unique, qui peut s'avérer in fine moins optimale que chacune des deux solutions industrielles prises séparément. Dans leur principal segment de marché, celui des satellites de télécommunications commerciaux, la concurrence va s'intensifier avec de nouveaux

acteurs issus des pays asiatiques : ce combat fratricide entre les deux entreprises devient alors perdant-perdant. Cette situation fragilise aussi l'ensemble de la filière de sous-traitance française, car chacun des deux maîtres d'œuvre industriels souhaite se différencier et toute tentative de mutualisation est rejetée. Plus

préoccupant encore, les deux maîtres d'œuvre cherchent à s'intégrer verticalement et préfèrent dans certains cas rechercher des compétences à l'étranger plutôt que de recourir à des sociétés nationales jugées trop proches de leur concurrent.

> ORIGINES DES SOCIÉTÉS AIRBUS DEFENCE & SPACE ET THALES ALENIA SPACE



LA FILIÈRE FRANÇAISE DE SOUS-TRAITANCE INDUSTRIELLE POUR LA FABRICATION DE SATELLITES

Le CNES recense dans une base unifiée les industriels français des technologies spatiales (petites et moyennes entreprises ou entreprises de taille intermédiaire). Cette liste permet notamment de s'assurer que l'ensemble des compétences nécessaires à la fabrication de satellites est couverte par un industriel : elle gagnerait sans doute à être régulièrement consolidée avec celle d'autres acteurs, qu'ils soient industriels (maîtres d'œuvre) ou étatiques (DGA), pour partager des plans d'action visant à protéger les entreprises porteuses de compétences uniques ou critiques.

Le CNES répartit les sous-traitants de satellites dans 3 grands domaines de compétences, avec une indication des effectifs dédiés :

Equipements et ingénierie bord

- SOFRADIR (détecteurs infrarouges, environ 350 personnes),
- SAFT (batteries, environ 300 personnes),
- SODERN (viseurs d'étoile, plans focaux et instruments de bord, 280 personnes),
- NEXEYA (ensembles électriques / mécaniques, 220 personnes),
- Air Liquide (systèmes cryogéniques, 150 personnes - dont une partie sur les lanceurs)
- et une vingtaine d'autres sociétés (Z Marine, Latelec, EREMS, Codechamp, Steel Electronic, M3 systems, COMAT, Boostec, etc.).

Composants et matériaux

- THALES Electron Devices (horloges atomiques et sources radiofréquences, 550 personnes),
- E2V (détecteurs visibles, 100 personnes),
- ST Microelectronics (composants électroniques, circuits intégrés, 100 personnes),
- Eurofarad (collecteurs électriques, potentiomètres, condensateurs spatiaux, 70 personnes)
- et une douzaine d'autres acteurs (TRAD, Axon cable, Radiall, Systronic, MAP, etc.).

Informatique spatiale et segment sol

- THALES Services SAS (360 personnes),
- CS (300 personnes) et ATOS (200 personnes) pour l'ingénierie et les segments de contrôle de mission,
- ELTA (conception, réalisation d'équipements électroniques, 100 personnes)
- et d'autres (Magellium, Hygeos, ACRI ST, Noveltis, etc.).

La notion de PME « indépendante » a été plusieurs fois mentionnée lors des entretiens, car elle conditionne un certain nombre de traitements différenciés par l'administration (financements, appel d'offres). L'actionariat ne doit pas être le seul critère de jugement, car certaines entreprises comme SOFRADIR ou SODERN se positionnent sciemment comme fournisseurs non exclusifs, seule façon pour eux de survivre, et ne souhaitent pas favoriser tel ou tel client, quand bien même il serait son actionnaire. De fait, les règles envisagées pour soutenir les PME ou lutter contre la verticalisation doivent tenir compte de ces enjeux et s'ouvrir à des critères plus pertinents (interprétation du code du travail, par exemple).

Pour autant, la majorité des acteurs rencontrés plaident en faveur du maintien des deux maîtres d'œuvre français. Au-delà de la crainte pour les emplois français, la principale justification réside dans le risque d'une réaction de la Commission européenne, qui ne verra dans une telle initiative que la création d'un monopole au niveau européen. Il est donc probable que la Commission s'empressera alors de favoriser l'émergence d'un nouvel acteur européen (par exemple autour de l'Allemand OHB), ce qui ne règlera rien au problème de compétitivité de l'Europe sur le marché mondial et portera atteinte à l'emploi national.

Si un rapprochement de type fusion ne paraît ni souhaitable ni réaliste à court terme, la politique industrielle nationale doit s'adapter sans attendre. **Le modèle à suivre est celui de la coopétition**, bien connu dans le monde de la micro-électronique. Pour pouvoir lutter sur le marché international, Thalès Alenia Space et Airbus Defence & Space peuvent à la fois rester concurrents, tout en mettant en commun des ressources mutualisées, pour rester tous les deux compétitifs au niveau mondial. La France doit encourager cette politique industrielle en luttant contre la verticalisation des deux acteurs et en les incitant à investir ensemble sur des projets communs, voire à étudier la création d'une société de projet commune qui fédérerait leurs initiatives dans des domaines spécifiques, comme par exemple dans l'observation de la Terre (cf. chapitre 3). On l'a vu précédemment, il s'agit d'abord de **faire évoluer les règles de l'ESA sur le retour géographique**, qui ont grandement contribué à la situation actuelle et à cette compétition qui nuit à l'intérêt général. Cette politique industrielle doit aussi renforcer et fédérer la filière française de sous-traitance, ainsi que les laboratoires de recherche, en **rééquilibrant les financements en R&T des maîtres d'œuvre vers leurs sous-traitants**, ce qui contribuera à leur compétitivité. Pour partager cette base commune d'équipementiers et bénéficier tous les deux des effets-série associés, Thalès Alenia Space et Airbus Defence & Space auront intérêt à **rechercher la standardisation** d'un certain nombre

d'interfaces. La commande publique peut être un moyen incitatif direct et fort qu'il ne faut pas hésiter à utiliser. Un autre levier d'incitation directe pourrait être par exemple de **conditionner, avec discernement, les aides financières à l'export (COFACE) à des objectifs quantitatifs et qualitatifs pour les entreprises françaises en sous-traitance**. Les plans de portage de PME que les deux entreprises présentent suite à leur signature du « Pacte PME » ne sont aujourd'hui malheureusement pas suffisamment incitatifs. Enfin, cette politique industrielle doit aussi être assumée par l'Etat-actionnaire, présent au capital de chacune de ces sociétés.

Mettre en œuvre une politique industrielle française de coopétition entre Thalès Alenia Space et Airbus Defence & Space, pour limiter leur verticalisation, ie. la réintégration en interne de compétences préalablement confiées à des sous-traitants, et renforcer une filière commune d'équipementiers et de laboratoires de recherche

Renforcer significativement les investissements et subventions pour la R&T des sous-ensembles par rapport aux programmes complets

RECOMMANDATION

■ Les composants critiques, une filière industrielle à préserver

La question de l'autonomie stratégique de la France est primordiale pour assurer sa capacité à exporter. Les blocages de fournisseurs étrangers, pour des raisons politiques ou industrielles, ont créé à plusieurs reprises des difficultés pour la France. Cette autonomie a toutefois un coût qui nuit à la compétitivité de nos industriels. L'Etat a donc un rôle important à jouer dans ce domaine pour identifier les éléments concernés (composants, colles, filtres...), rechercher d'éventuelles doubles sources, en particulier en Europe et, le cas échéant, reconstituer en France des filières indépendantes et ouvertes.

Le Secrétariat Général à la Sécurité et à la Défense Nationale a expliqué, dans le cadre de cette mission, que ces différentes étapes étaient précisément en train d'être déroulées. Les entretiens, en particulier avec le Ministère de la Défense, ont toutefois identifié une forte fragilité dans la micro-électronique, avec les difficultés globales non résolues à ce jour de STMicroelectronics, tant sur le plan de la gouvernance que de la feuille de route stratégique, malgré la participation de deux Etats actionnaires à hauteur de 27 % au total. Or cette société qui compte plus de 10 000 emplois directs en France est le dépositaire de l'autonomie stratégique française pour des composants sensibles utilisés notamment dans le Spatial et la Défense. **La gestion de la société STMicroelectronics, qui est passée de la 3^{ème} à la 11^{ème} place mondiale en quelques années doit faire l'objet d'une action commune à la France et l'Italie pour assurer l'avenir et la pérennité que l'excellence de son expertise mérite par ailleurs.**

RECOMMANDATION

Aller au bout de la feuille de route sur les composants critiques mise en œuvre par le SGDSN

Assurer la pérennité de STMicroelectronics, acteur-clé pour l'autonomie stratégique de la France, dans le domaine des composants destinés à l'aéronautique, au spatial et à la Défense

■ Une approche globale du soutien à l'export

Le soutien de l'Etat à l'export présente de multiples facettes, qui doivent être toutes exploitées pour former un ensemble cohérent et efficace.

Les satellites de télécommunications et d'observation sont classés en France comme des matériels de guerre, ce qui signifie qu'ils relèvent du dispositif de contrôle de la commission interministérielle pour l'Etude des Exportations des Matériels de Guerre. La première mesure de

soutien, demandée en particulier par Airbus, est de disposer d'un contrôle efficace, c'est-à-dire qui se prononce rapidement sur les demandes qui lui sont transmises et dont les critères de décision puissent s'adapter aux évolutions rapides du marché.

La promotion directe par l'Etat des systèmes spatiaux français à l'export est surtout utile pour les marchés institutionnels : elle doit se faire à la fois aux niveaux politique et administratif. Au niveau politique, **parce que le spatial est, au même titre que la Défense, un enjeu de souveraineté** et que la relation de confiance entre deux Etats compte presque autant que la qualité et le coût du produit vendu. Au niveau administratif, parce que le spatial est aussi un sujet technique et que les pays acquéreurs de systèmes sur étagère n'ont pas nécessairement toutes les compétences pour évaluer la pertinence des propositions qui leur sont faites. Le CNES, qui entretient des relations bilatérales avec de nombreuses agences mondiales, peut-être de ce point de vue une aide précieuse. Le choix des coopérations internationales développées par l'Agence doit davantage prendre en compte les perspectives commerciales, à l'image de l'action de la DGA dans le domaine de la Défense. Plus indirectement, le rôle clé de l'Agence Nationale des Fréquences pour négocier auprès de l'Union Internationale des Télécommunications (cf. chapitre 3) des positions orbitales et des fréquences peut aussi être un atout pour faciliter des discussions avec des pays peu au fait de ces procédures complexes.

Le soutien à l'export peut aussi être financier, via des outils utiles pour encourager les industriels à s'internationaliser. Ces outils doivent être maintenus, sinon renforcés, dans les moyens qu'ils mettent en œuvre. Parmi ces outils, la COFACE est très appréciée des industriels car elle garantit un certain nombre de risques susceptibles d'entraver le développement commercial. En particulier, **le CoSpace avait évoqué dès 2014 l'adaptation prévue du système d'aide à l'export de la Coface pour l'améliorer encore.** Il est encore trop tôt

Veiller à l'efficacité du contrôle des exportations des satellites et des images

Soutenir activement à l'export les solutions françaises lorsqu'elles sont organisées en équipe France, aux niveaux administratif et politique

Maintenir les outils financiers de soutien aux exportations

toutefois pour en tirer un véritable retour d'expérience. L'article 90 pourrait aussi être un levier efficace, notamment dans le cadre des constellations, car il permet, via des **avances remboursables**, de partager avec l'Etat le risque lié à l'industrialisation d'un produit.

3 -

Offrir un cadre propice au développement des innovations dans le domaine spatial

L'émergence d'un écosystème favorable à la création de start-ups

Pour favoriser l'émergence d'un écosystème, la puissance publique dispose d'outils qui complètent les outils financiers. Dans le domaine des *spacetech*, plusieurs dispositifs peuvent être mis en place, confortés ou orientés spécifiquement vers le secteur, pour susciter la création de start-ups et les accompagner tout au long de leur développement.

Il existe des initiatives réparties sur le territoire français pour aider et fédérer les entreprises naissantes et en croissance. Dans le secteur numérique, cette dynamique est portée par la French Tech, qui a su, en trois ans, imposer une marque et trouver un écho territorial et international. Pour les applications issues du spatial, les start-ups sont portées par l'initiative *booster*. Ces deux dynamiques sont pour l'instant parallèles alors qu'elles devraient se conjuguer pour articuler leurs spécificités et optimiser leur efficacité.

RECOMMANDATION

Inscrire la démarche *booster* au sein de l'initiative French Tech.

> ActInSpace

En 2014, le CNES et l'ESA Bic Sud France lancent ActInSpace, concours inspiré du Space App Challenge de la Nasa. Les candidats constituent des équipes de 2 à 5 candidats, aux compétences diversifiées, pour concevoir en 24 heures un projet innovant et réaliste à partir de défis proposés par les acteurs du spatial (CNES, ESA, Airbus Defence & Space). Ces défis s'appuient sur la technologie d'un brevet spatial mais doivent servir de base à une application en dehors du domaine de l'espace. Au cours des 24 heures, les équipes bénéficient de l'encadrement de coachs, par exemple des ingénieurs du CNES ou issus de l'industrie. Quatre start-ups ont été ainsi créées à l'issue de l'édition 2014. L'accompagnement des projets, par un ESA BIC par exemple, s'est fait indépendamment du classement au concours.

L'édition 2016 (20 et 21 mai 2016) s'est déroulée en partenariat avec l'ESA qui a souhaité étendre la manifestation aux pays européens : le concours est organisé en simultané dans 13 pays (dont le Brésil et le Maroc) et 27 villes (dont 12 françaises), sur la base des 70 propositions de défis, dont près de la moitié sont proposés par le CNES. Cette deuxième édition devrait permettre la création de 10 à 20 start-ups.

■ Une idée, une équipe

Un projet développé dans un hackathon¹, tout comme une start-up, naît de l'alchimie entre une idée et une équipe. Les concours, hackathons, bootcamps ou start-up week-ends, s'ils ne

week-end) pendant lequel des équipes se forment et tentent de répondre à un défi en développant une solution inédite.

¹ Hackathon, contraction de hack et de marathon, désigne un événement qui se déroule sur un temps réduit (le plus souvent un

débouchent pas toujours sur la création d'entreprises, permettent aux entrepreneurs potentiels de se mettre en situation de création en équipe pluridisciplinaire. Parfois, l'idée qui a émergé de ce concours présente un véritable cas d'affaires et peut déboucher sur une création de start-up.

Dans le domaine spatial, il existe déjà des exemples réussis, comme ActInSpace, concours technologique organisé par le CNES avec le soutien de l'ESA (voir p.113), ou le Copernicus Master, concours d'applications utilisant les données spatiales organisé par l'ESA.

> ESA-BIC

Le Technology Transfer Programme Office (Bureau du Programme des transferts de technologie) de l'ESA coordonne les Business Incubation Centres (ESA-BIC) européens pour offrir aux start-ups incubées une combinaison de l'expertise technique liée au spatial et l'accompagnement personnalisé « classique » offert par un incubateur.

En France, l'ESA BIC Sud France regroupe six incubateurs des régions Aquitaine, Occitanie et PACA. Chaque incubé bénéficie, outre les services de son incubateur, d'un soutien technique du CNES de 80 heures par projet, d'un soutien spécifique du pôle de compétitivité et d'un financement sous forme de subvention, l'ESA abonde à hauteur de 25 000 € un financement à hauteur de 25 000 € de Bpifrance..

Favoriser l'organisation de hackathons et de concours éphémères afin de stimuler l'envie d'entreprendre dans le domaine spatial

■ L'incubation

Une fois l'idée et l'équipe identifiée, la start-up a besoin de se concentrer sur la maturation de son projet en s'appuyant sur une équipe spécialisée dans l'incubation d'entreprises. L'ESA a mis en place un réseau d'incubateurs labellisés ESA BIC (cf. encadré ci-contre). Les localisations de l'ESA BIC français sont concentrées dans le sud de la France. Dans la dynamique « Toulouse Capitale de l'Espace », les antennes de l'ESA BIC pourraient être multipliées, mises en réseaux et animées par la tête de pont toulousaine, interlocuteur de l'ESA, en s'appuyant aussi sur les structures existantes, comme le pôle de compétitivité Aerospace Valley.

Transformer l'ESA-BIC sud France en ESA BIC France, multiplier les antennes sur le territoire national et assurer leur coordination depuis Toulouse

RECOMMANDATION

■ L'accélération

Une fois prêtes à adresser les marchés, les plus prometteuses des jeunes pousses auront besoin de conseils pour gérer leur croissance et attaquer les marchés internationaux. Elles auront besoin d'un accélérateur, structure qui soutient l'hypercroissance des entreprises par un coaching rapproché et une mise en relation avec les futurs clients et les investisseurs. L'Etat pourrait choisir de financer, *via* le fonds French Tech accélérateur par exemple, une structure de ce type, spécialisée dans l'accélération de start-ups *space tech*.

Labeliser et financer un accélérateur French Tech - Space tech pour les start-ups du spatial

RECOMMANDATION

> Space mission UK

Space mission UK est un accompagnement, mis en place par Chinwag¹ et sponsorisé par Innovate UK et UK Trade & Investment, à l'attention des start-ups britanniques spécialisées dans les technologies spatiales et les applications satellites. Les start-ups, sélectionnées pour leur potentiel de croissance et leur capacité future d'affronter les marchés internationaux, participent à une mission d'étude aux Etats-Unis, organisée autour d'un événement du secteur : la première mission, centrée sur la thématique des petits satellites, a emmené 9 start-ups britanniques à la *Small Satellite Conference* en Utah, puis dans la *Silicon Valley* et à Los Angeles en août 2015. La seconde mission, centrée sur les applications aval, a emmené 5 start-ups à Houston en novembre 2015. La prochaine mission devrait être lancée en novembre 2016.

En plus des visites des grands noms du secteur, des incubateurs et des accélérateurs spécialisés, le programme inclut des masters class de *pitch*², du conseil en gestion de propriété intellectuelle et de ressources humaines ainsi que du soutien aux stratégies à l'exportation. Un support marketing et relations publiques est également mis à disposition des participants. Une participation est demandée à hauteur de 2000 £.

Un accès à l'espace pour les démonstrateurs

> Programme démonstrateur en orbite (*In-Orbite demonstration programme*)

Ce programme, porté par SA Catapult centre, sélectionnera 4 start-ups qui développent des charges utiles pour nano-satellites et leur proposera la mise à disposition, entre fin 2016 et début 2018, d'une plate-forme 3U fournie par Clydespace et lancée par Nanoracks depuis l'ISS.

Ce programme est subventionné par Innovate UK et la contribution demandée aux start-ups n'est que de 100 k£ environ, le prix de marché étant supérieur à 500 k£. Ce dispositif permet aux start-ups un accès à l'espace organisé et facilité et à Clydespace, qui développe la charge utile, de s'imposer comme acteur de référence.

Pour démontrer l'intérêt et la robustesse des technologies spatiales, l'étape du démonstrateur en orbite est cruciale, d'autant plus que l'entreprise est jeune et ne peut pas s'appuyer sur ses performances antérieures. L'accès à l'espace pour des démonstrateurs est un des principaux freins identifiés par les start-ups qui investissent le domaine des nanosatellites : sans démonstrateur, ces entreprises ne sont en position de démarcher ni clients, ni investisseurs. Cette mise en orbite nécessite en effet des moyens financiers importants (de l'ordre de 700 k€), des délais et un réseau de relations adéquat : pour atteindre l'espace, le nanosatellite doit souvent se positionner en passager supplémentaire, intégré à un lancement classique ou dans un cargo de ravitaillement de la station spatiale internationale (ISS). Si la puissance publique ne se positionne pas rapidement pour jouer les facilitateurs sur ce sujet, nos start-ups risquent de se délocaliser vers des écosystèmes plus avantageux (notamment les Etats-Unis et le Royaume-Uni, voir encadré).

Afin de traiter ce problème et de stabiliser les start-ups sur le territoire, il pourrait être proposé **une offre intégrée de mise en orbite des démonstrateurs, mise en place par le CNES** et soutenue spécifiquement par la puissance publique, sous forme d'un concours auquel pourraient participer les start-ups et PME qui souhaitent faire la démonstration de leur produits et services.

¹ Chinwag est une société britannique qui accompagne la transition digitale des entreprises et offre des prestations d'accélération, notamment vers l'international (US, Chine).

² Présentation synthétique d'un projet, par exemple d'une startup devant des investisseurs

Mettre en place un concours « démonstrateur en orbite » destiné à valider des briques technologiques et à soutenir des start-ups

Normalisation et standardisation, leviers de compétitivité

La norme et le standard sont deux types de référentiel commun et documenté destiné à harmoniser l'activité d'un secteur. La norme est publiée par un organisme de normalisation officiellement agréé par un État ou au niveau européen, alors que le standard est généralement déterminé soit par un industriel pionnier ou en position dominante sur un marché, soit par une association professionnelle ou un consortium d'acteurs industriels.

Le 15 janvier 2015, la Déléguée interministérielle aux normes remettait au Ministre de l'économie un rapport intitulé « Politique nationale de normalisation et stratégie pour la compétitivité de notre économie ». Elle y rappelle les enjeux majeurs d'une stratégie nationale de normalisation tournée vers la compétitivité : renforcer la capacité à créer et à développer l'activité en assurant aux entreprises françaises un leadership dans les domaines d'avenir et un ancrage fort sur les marchés mondiaux, libérer les énergies en mobilisant la normalisation dans la simplification de l'environnement réglementaire des entreprises. La standardisation permet également de maximiser la compatibilité et l'interopérabilité des systèmes, d'assurer la qualité constante des produits et de faciliter l'industrialisation des process.

Dans le domaine spatial, les enjeux de normalisation/standardisation sont grands. Par exemple, pour le secteur des télécommunications, l'industrie des télécoms par satellite

doit se positionner pour être reconnue comme vecteur possible dans la norme 5G. Dans le domaine des technologies, l'absence de standard entre les plates-formes et les briques des charges utiles interdit aux sous-traitants d'adresser avec un même produit l'ensemble des donneurs d'ordre. Ce manque d'interopérabilité favorise la verticalisation du secteur, ce qui limite la montée en puissance des sous-traitants français au niveau international et oblige l'industrie française à dupliquer l'intégralité de ses développements (cf. p.124).

Décliner de la « politique nationale de normalisation et stratégie pour la compétitivité de notre économie » une stratégie de normalisation et standardisation pour le secteur spatial et la mettre en œuvre

Organiser un colloque sur le droit de l'espace pour mettre à profit la dimension économique et stratégique du droit et anticiper les évolutions de la réglementation

La loi, outil stratégique de développement économique

Si la France est une puissance spatiale de rang mondial, elle est aussi une puissance de droit spatial, puisque, au-delà d'un savoir-faire juridique reconnu internationalement, notre pays s'est doté en 2008 d'une loi relative aux opérations spatiales (LOS) qui est la deuxième loi la plus utilisée au monde. Pourtant, la dimension stratégique et économique du droit est trop souvent négligée.

La dimension de stratégie économique du droit a été notamment illustrée par l'exemple américain. En votant le *Commercial Space Launch Act* en 1984 (cf. encadré p.117), loi qui autorise notamment les vols suborbitaux en se contentant d'imposer aux entreprises qui les commercialisent d'assurer la sécurité des biens et des personnes, les autorités américaines ont

envoyé un message clair. La sécurité juridique du tourisme spatial a été assurée bien avant qu'il soit envisageable, ce qui a libéré les initiatives sur le territoire, permis aux ports spatiaux commerciaux et aux véhicules de lancement privés de voir le jour et a donc en un sens été à l'origine du *new space*.

Le nouveau *Space Act* de 2015 autorise quant à lui l'exploitation minière extraterrestre : si cela peut sembler aussi futuriste que pouvait l'être le tourisme spatial en 1984, cette loi assure encore une fois une sécurité juridique aux entrepreneurs et aux investisseurs et indique à l'écosystème le soutien de la puissance publique américaine au développement de leurs projets dans ce domaine. Quatre licences ont déjà été accordées par l'Etat américain et, une fois les technologies développées, les entreprises seront en mesure d'imposer des standards, instaurant ainsi des barrières fortes à l'entrée des entreprises non américaines sur ce marché

> La réglementation américaine

Le *Commercial Space Launch Act* de 1984 est une loi fédérale des États-Unis qui autorise la commercialisation de l'accès à l'espace et des technologies spatiales. La loi reconnaît au secteur privé américain la capacité de développer des lanceurs commerciaux, des satellites orbitaux et d'exploiter des sites et des services de lancement privés.

Le *Spurring (i.e. stimulant) Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship Act of 2015*, plus connu sous le nom de *Space Act*, spécifie que les « citoyens américains peuvent entreprendre l'exploration et l'exploitation commerciales des « ressources spatiales », incluant l'eau et les minéraux, mais excluant la vie. Elle précise cependant que « les États-Unis n'affirment pas [par cette loi] leur souveraineté, règne ou droits exclusif ou prioritaire, ni la possession, d'aucun corps céleste ». La loi inclut également l'extension jusqu'à 2025 du dispositif de garantie des lancements (qui devait s'éteindre en 2016) et étend jusqu'en 2025 la « période d'apprentissage » qui limite la possibilité pour la

FAA (Federal Aviation Administration, c'est-à-dire l'aviation civile) de prendre des mesures réglementaires pour assurer la sécurité des vols spatiaux.

La communauté internationale s'est émue de l'initiative américaine, qui peut être considérée comme un retour sur le principe fondamental de non appropriation de l'espace, principe concédé en pleine guerre froide et sur lequel se base le droit international de l'espace. En Europe, seul le Luxembourg s'appête à emboîter le pas aux États-Unis et prévoit de faire passer une loi spatiale autorisant les activités d'exploitation des ressources spatiales.

La France doit reprendre l'initiative du débat, s'affirmer comme une grande puissance juridique en repartant de la dimension stratégique du droit : la réflexion doit être menée en collaboration avec l'ensemble des acteurs, afin d'anticiper les évolutions technologiques et de sécuriser juridiquement toute initiative porteuse de croissance sur des sujets aussi divers que l'exploitation des ressources minières, la miniaturisation des satellites et des lanceurs, les procédures d'immatriculation, les données spatiales, les débris, les vols habités, la création de propriété intellectuelle dans l'espace ou la standardisation du droit spatial international.

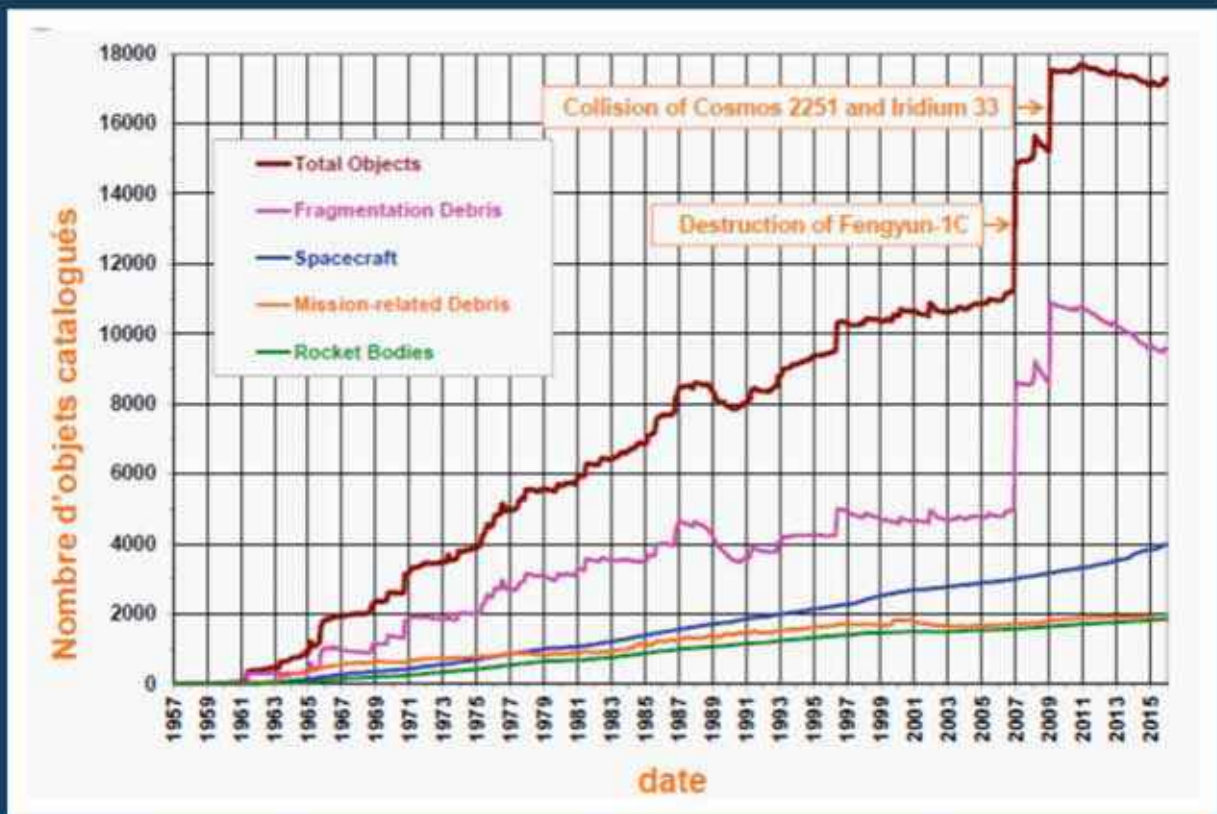
Organiser un colloque sur le droit de l'espace pour initier les travaux et anticiper les évolutions de la réglementation

RECOMMANDATION

L'Europe, en pointe pour garantir le caractère durable de l'accès à l'espace

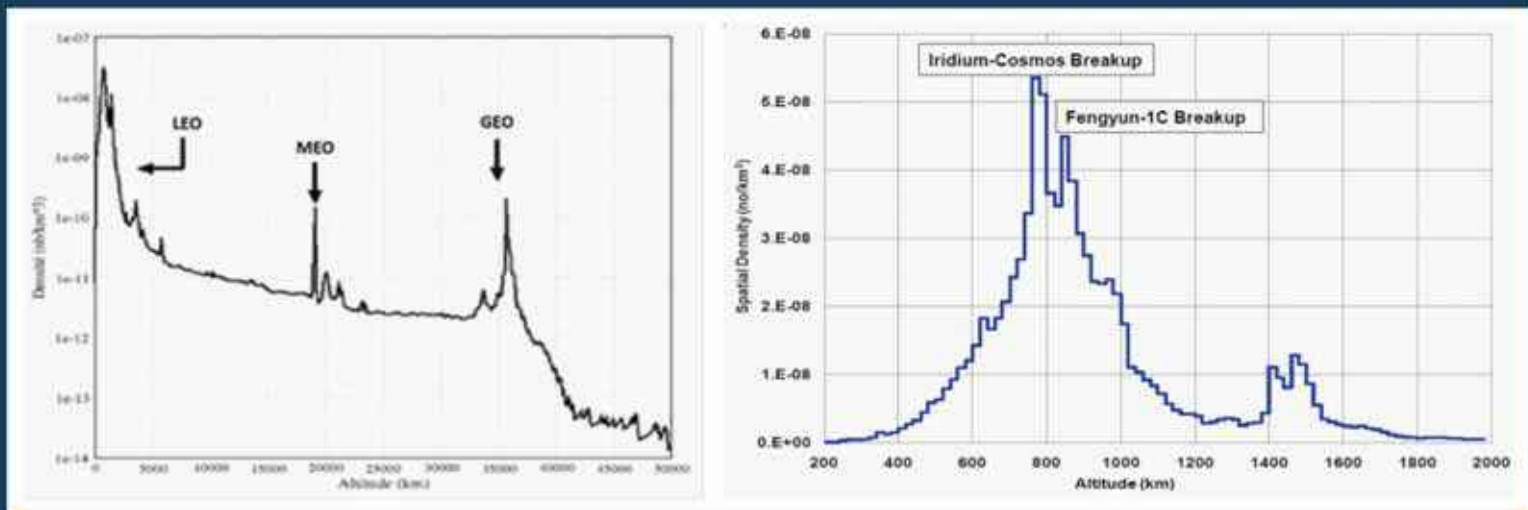
La baisse des coûts d'accès à l'espace a accéléré le nombre d'acteurs, publics ou privés,

> NOMBRE D'OBJETS OFFICIELLEMENT CATALOGUÉS PAR LES ETATS-UNIS



SOURCE : NASA

> DENSITÉ DES DÉBRIS SELON LES ORBITES BASSES (LEO), MOYENNES (MEO) OU GÉOSTATIONNAIRES (GEO)



SOURCE : CNES ET NATIONS UNIES (COPUOS)

susceptibles de mettre en œuvre des systèmes orbitaux. Le nombre d'objets actuellement en orbite croît régulièrement et la multiplication des projets de constellation et de lanceurs risque d'accélérer ce phénomène.

On évalue entre 500 000 et 700 000 le nombre d'objets supérieurs à 1 cm actuellement en orbite, dont seule une petite partie (20 000 objets) est officiellement suivie : leur vitesse (supérieure à 8 km/s) est telle que l'impact d'un tel objet sur un satellite, un lanceur ou la station internationale rendrait inopérant le système

touché. Des blindages existent qui permettent de résister à l'impact d'un débris mesurant jusqu'à 2 cm uniquement. La collision la plus connue entre deux objets spatiaux a eu lieu le 10 février 2009 et impliquait un satellite Iridium avec un satellite russe hors service : elle aurait généré elle-même plusieurs milliers de débris. En 2007, un test chinois de destruction de satellite par un missile avait déjà produit plusieurs milliers de débris. Les manœuvres de satellites sont aujourd'hui régulières pour réduire les risques d'impact.

A titre d'exemple, au mois d'avril 2016, l'astronaute britannique Tim Peake prenait la photo ci-dessous d'un impact constaté sur la coupole d'observation de la station internationale. D'un diamètre de 7 mm, cet éclat aurait été créé, selon les agences européennes et américaine, par un débris de quelques millièmes de millimètres seulement !



Les risques associés à ces débris concernent non seulement les systèmes fonctionnels en orbite, mais aussi les retombées sur terre. La plupart d'entre eux brûleront dans l'atmosphère, mais certains éléments dans des matières plus résistantes peuvent retomber au sol.

Le premier levier pour ne pas mettre en péril la poursuite à moyen terme de l'activité spatiale **est de responsabiliser les acteurs, via des réglementations internationales**. Mais les tentatives n'ont à ce jour abouti qu'à des recommandations non contraignantes, pas toujours appliquées par les principaux acteurs internationaux. La **France**, avec la loi relative aux opérations spatiales (**LOS**), a initié une démarche vertueuse incitant, pour les opérations tirées

depuis la France, à désorbiter les objets spatiaux. Cette démarche n'a toutefois que peu de poids si la France l'applique seule et, lors des déplacements au Royaume-Uni, en Italie ou en Allemagne, les réglementations envisagées sur le sujet ont semblé à la mission plus timides. Cette discussion doit être conduite au moins entre l'Europe et les Etats-Unis pour être pertinente. D'ici là, la LOS peut parfois être un frein au développement économique de l'activité dans le domaine spatial dans notre pays : c'est le cas par exemple pour les petits lanceurs pour lesquels certains pays sont prêts à réduire les contraintes réglementaires afin d'attirer des opérateurs (cf. chapitre 3).

Pour être crédible dans ces discussions sur les réglementations internationales, l'Europe doit se doter de capacités autonomes de surveillance de l'espace. A quoi bon imposer des règles si elle ne maîtrise pas les moyens de vérifier qu'elles sont respectées ? L'Europe est aujourd'hui en retard sur la surveillance spatiale et dépend presque totalement des informations transmises par les Etats-Unis. Seule la France dispose depuis 2005 d'une capacité autonome de détection de débris avec le démonstrateur **GRAVES** mis au point par l'ONERA. Ce moyen utile, financé pour 30M€ seulement par la DGA, ne permet toutefois que des détections de gros objets (quelques dizaines de centimètres) en orbite basse, lorsqu'ils passent au-dessus de la France.

L'ESA s'est dotée d'un **centre en Espagne** pour coordonner les initiatives européennes, tandis que l'UE avait encouragé un consortium européen dit SST (Space Surveillance and Tracking) à lui fournir une capacité de détection autonome. Les budgets modestes ainsi mis en place ont été répartis entre ces pays (France, Royaume-Uni, Italie, Allemagne et Espagne) pour améliorer dans un premier temps les capacités existantes. Deux ans après la signature de cet accord, il ressort des entretiens dans plusieurs de ces pays que l'initiative souffre d'un manque de coordination et semble s'orienter vers des capacités européennes à la fois parcellaires et redondantes.

Le **BREXIT** pourrait être une opportunité de remettre à plat les initiatives dans ce domaine et **relancer un programme européen**, financé par

L'Union européenne, qui apporterait une cohérence d'ensemble aux capacités développées. Ce programme pourrait avancer par étapes progressives de performance (taille des objets, orbites), s'appuyer sur des moyens variés (radars, télescopes, systèmes spatiaux) dont les données bénéficieraient aux Etats membres. Dans un deuxième temps, forte de sa meilleure connaissance de l'environnement spatial, l'Union Européenne pourrait alors envisager le financement de programmes de désorbitation active de débris, sur lesquels des levées de risques technologiques restent à conduire (cf. chapitre 3). La France dispose d'atouts et d'expertise de bon niveau pour proposer des solutions juridiques et technologiques sur cet enjeu d'impact environnemental des activités spatiales, qui risque de mobiliser défavorablement l'opinion publique si rien n'est fait.

L'innovation est par essence une rupture dans le quotidien et elle naît de façon privilégiée à la frontière des cultures : les innovations d'usages du secteur spatial sont nées de la rencontre entre ce secteur d'excellence expert dans le « sur-mesure » et les pratiques industrielles qui prônent l'adoption de techniques et technologies « sur étagères ». C'est ainsi qu'Airbus Defence & Space va s'appuyer sur le projet OneWeb¹ pour redynamiser ses méthodes de conception et de fabrication, entraînant dans son sillage tout un écosystème qui participera à la dynamique. L'exemple le plus frappant est celui de la société Sodern : pour produire à un coût compétitif (100 fois moins cher) les 1800 viseurs d'étoiles - au lieu de la dizaine produite jusqu'alors par an - qui équiperont la constellation, la société a mobilisé toutes ses équipes pour en repenser intégralement la conception et la production, en s'appuyant sur des méthodes de *lean management*.

De même, la révolution des services est en train d'émerger à la frontière entre le secteur spatial et les secteurs applicatifs. C'est cette rencontre que veut susciter le *Catapult Centre SA* (cf. chapitre 2), grâce à une démarche consistant à rencontrer les entreprises de secteurs extérieurs au spatial pour déclencher de nouvelles opportunités. C'est dans cet esprit que le CoSpace a pris l'initiative des *boosters*, en ouvrant le spatial à des domaines applicatifs diversifiés.

RECOMMANDATION

Lancer au niveau de l'Union européenne un véritable programme européen de surveillance de l'Espace

Rechercher l'harmonisation en Europe de la réglementation sur l'utilisation de l'Espace, notamment pour la gestion des débris, de façon cohérente avec les réglementations américaine, voire chinoise, pour ne pas nuire à la compétitivité européenne tout en favorisant un espace durable

L'innovation, une révolution culturelle

Nous avons proposé un ensemble de dispositions qui peuvent offrir un cadre propice à encourager l'évolution des entreprises vers l'économie de l'innovation et l'*Open space*. Mais elles ne seront effectivement utilisées que si la culture d'innovation diffuse au sein de l'économie.

Favoriser la mixité des cultures dans toutes les actions de soutien à la filière spatiale.

Pour que l'innovation soit ensuite portée vers le marché par le secteur économique, il faut que toutes les parties prenantes de l'entreprise, l'ensemble des ressources humaines, du salarié

RECOMMANDATION

¹ Airbus Defence & Space a été choisi pour fournir les 900 satellites de OneWeb, qui seront en majorité fabriqués par OneWeb satellite, la JV ADS/OneWeb.

au dirigeant, l'ensemble des financeurs, prêteurs et investisseurs, **acceptent le risque proposé comme une opportunité**. Si cette culture du risque se révèle dans la pratique assez orthogonale à la nôtre, on peut commencer par objectiver le risque pour le rendre acceptable et permettre une analyse coût/bénéfice sur laquelle l'esprit cartésien pourra se reposer.

RECOMMANDATION

Faciliter l'évaluation du risque technologique et financier en mettant en place au sein de la MEspace une méthode d'audits structurés, portés par des experts du secteur spatial

Par exemple, le domaine spatial est perçu comme très risqué et peu rentable, alors qu'en réalité sa rentabilité peut atteindre 10 % et qu'Ariane 5, à ce jour, a réussi 72 lancements consécutifs, ce qui en fait le leader mondial incontesté.

Ces transitions prennent du temps et elles doivent être portées au-delà de l'entreprise : dans les écoles, par les médias, dans les politiques publiques. C'est tout notre rapport au risque qui doit être ré-envisagé : un échec ne doit pas signifier une fin, mais fait au contraire partie du processus normal d'apprentissage. Ne jamais subir d'échec sous-entend souvent qu'on est resté dans sa *zone de confort*, qu'on ne s'est pas dépassé, qu'on n'a pas assez innové.

4 -

Faire de la carrière spatiale une carrière d'excellence, d'innovation et de passion

La gestion des ressources humaines est au cœur de l'approche stratégique de toute filière. Elle doit permettre d'assurer la continuité des compétences dans la filière spatiale. Pour que les carrières spatiales soient toujours attractives et attirent les générations dites Y et Z¹, il faut pouvoir assurer à la fois la diversité dans les missions et le sens que l'on peut donner aux tâches quotidiennes, tout en rencontrant les besoins de l'industrie comme des utilisateurs finaux. Les grandes entreprises et institutions ne doivent pas négliger ni se résigner devant le phénomène de fuite des talents vers les start-ups et les structures plus agiles parce qu'elles n'ont pas su répondre à leurs aspirations ni soutenir les innovations qu'ils portaient.

Si l'on veut efficacement changer la culture de la filière en l'ouvrant vers les pratiques du monde numérique et les usages sectoriels, la planification, la formation, le recrutement et la mobilité sont des sujets qui doivent être appréhendés de manière structurée.

De nouvelles compétences pour la filière

La gestion prévisionnelle des compétences, comme cela a été rappelé par l'ensemble des organisations syndicales rencontrées par la mission, doit répondre à la question suivante : quelles compétences pour répondre à quels besoins et dans combien de temps ? C'est un élément de programmation stratégique essentiel au niveau d'une entreprise, d'un territoire et d'une

filiale. Pourtant, il est difficile de mobiliser les forces pour réfléchir à ces sujets et le CoSpace qui, initialement, avait mis en place un groupe de travail sur le sujet, l'a rapidement abandonné. Il s'agit pourtant d'un sujet stratégique pour l'avenir de la filière.

Il est vital que les entreprises se réapproprient le sujet pour pouvoir accélérer leur **ouverture aux autres cultures et leur transition vers l'open space**. La gestion prévisionnelle des compétences devra alors englober l'ensemble des compétences dont l'industrie aura besoin, les compétences technologiques et numériques bien sûr, mais aussi achats et logistique, juridique, design, marketing, commerciales, etc. Et comme la députée en charge de cette mission l'a rappelé à plusieurs reprises : « **Osez les femmes !** ». S'il est admis que l'innovation passe par la diversité, pourquoi se priver de la compétence des femmes ? Car le bilan est là, au terme d'une centaine d'auditions : pas ou peu de femmes dans les comités de direction des organismes et des établissements, quelques « perles » entendues dont l'une, même prise au second degré, reflète assez bien la réalité « à salaire égal, les femmes ont plus de responsabilité dans le spatial ». Des initiatives ciblées doivent être menées dès le collège, avant les choix d'orientation, pour inciter les filles à se diriger vers ces métiers passionnants du spatial et du numérique, les deux mondes étant de plus en plus liés... et ayant en commun un nombre beaucoup trop faible de femmes. Il s'agit vraiment de changer les représentations culturelles dès le plus jeune âge. A quand les albums pour enfants ayant pour héroïne une astronaute, une directrice

¹ C'est-à-dire ceux qui ont actuellement moins de 35 ans, voir sur le sujet l'intervention d'Emmanuelle Duez au Positive Economy Forum

du Havre, reprise par exemple dans Challenge.fr : *Comment les générations Y et Z voient le monde de l'entreprise*

de laboratoire de recherche, une « geek », une PDG de start-up ? Cette non-mixité est un frein réel à la créativité et certaines entreprises, comme Thales (qui a inscrit la féminisation des équipes dans les objectifs des cadres dirigeants), Airbus, Eutelsat l'ont bien compris, qui encouragent en interne le recrutement de femmes et soutiennent des initiatives ou **réseaux de femmes du spatial et de l'aéronautique** (« **Elles bougent** » par exemple, réseau rencontré par la mission). Mais la marge de progression reste grande...

Une formation initiale tournée vers l'adaptabilité

Le monde est en mutation, voire en *métamutation*, puisque nous sommes en train d'évoluer vers un monde où la mutation est la norme.

Les étudiants actuels seront amenés à changer de technique, de domaine et même de métier un nombre de fois beaucoup plus important que les générations précédentes. Aussi, s'il est primordial qu'ils soient formés aux pratiques actuelles, ils doivent surtout être plongés dans une culture d'agilité, de créativité et d'ouverture, où la formation se fait principalement par l'échange et l'expérimentation. Par l'expérience de l'échec également, qui doit être considéré comme faisant partie du cheminement vers la réussite d'un projet. Plus que jamais, les étudiants doivent apprendre à apprendre, pour être pleinement acteurs de leur parcours professionnel.

> ISAE-SUPAERO

Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace, est un institut de statut universitaire (EPSPC Grand Etablissement) placé sous la tutelle principale du ministère de la Défense issue de la fusion entre l'ENSICA et SUPAERO. Chaque année, 650 étudiants sortent de l'école, dont un quart vers le spatial et ses applications.

Sans renoncer au très bon niveau de formation technique, l'ISAE-SUPAERO a su adapter sa formation aux besoins de l'industrie spatiale et

aux aspirations d'ouverture des étudiants : les doubles cursus sont la norme, 30 % des étudiants sont étrangers, deux tiers des heures d'enseignement sont dispensés par des intervenants qui viennent de l'extérieur dont la moitié de l'industrie. L'école propose une grande variété de thématiques plus ou moins appliquées et accompagne les étudiants du master jusqu'au doctorat (240 doctorants inscrits). Un cursus d'entrepreneuriat a été mis en place en 2015, permettant aux étudiants de se confronter aux enjeux de la création d'entreprise dans le cadre de leurs études avec un accompagnement de leurs professeurs, à l'image du statut d'étudiant-entrepreneur mis en place en 2014 par le ministère de l'enseignement supérieur et la recherche. L'ISAE-SUPAERO est également membre fondateur du CSU de Toulouse, lancé en juin 2016.

> Les centres spatiaux Universitaires (CSU)

Ce sont des plates-formes technologiques dépendant des universités dont la vocation est de fédérer les activités autour des nanosatellites sur les campus universitaires. La mission des CSU est centrée sur la formation d'étudiants dans le domaine des technologies spatiales par la pratique et peut également couvrir les domaines du support à la recherche et à l'ingénierie. Ils proposent aussi des prestations de services et d'expertise. Les CSU privilégient les partenariats avec les entreprises, la pratique de l'alternance et sont ouverts aux sciences humaines et sociales (économie, droit, sociologie des usages...).

Il existe aujourd'hui trois CSU, Montpellier, Grenoble et Toulouse, qui se sont créés successivement et indépendamment au cours de ces trois dernières années. Les structures sont en discussion pour se fédérer et faciliter les échanges entre leurs membres et leurs étudiants et profiter au maximum de leur complémentarité : les CSU de Montpellier et de Toulouse ont de fortes compétences en développement des plates-formes de satellites tandis que celui de Grenoble apporte un savoir-faire en miniaturisation et en développement de charge utile.

L'expérimentation et la passion doivent être au centre de la formation. Les centres spatiaux universitaires sont une des réponses possibles à cet enjeu. Mener un projet de recherche ou d'ingénierie pour, qu'à son terme, l'objet soit vraiment lancé dans l'espace est stimulant et permet de couvrir l'ensemble des volets d'un projet : quels usages, quels techniques, quel budget, quels enjeux réglementaires, etc.

La dynamique des CSU est récente, le premier ayant été créé en 2013, mais il est probable que l'idée essaime. Ces structures vont gagner en visibilité et en efficacité en se coordonnant pour mutualiser leurs moyens, leurs actions, leurs retours d'expérience et leur ouverture à l'international, déjà engagé pour certains d'entre eux (Grenoble avec la Russie par exemple). Les étudiants qui bénéficient de la formation dans ces structures expriment des retours d'expérience tout à fait positifs.

▪ CubeSats in Space! ⇒ lancement et opérations en orbite
A ce jour, 20 cubesats ont été lancés grâce à ce programme.

Le brassage des cultures par la mobilité

L'évolution culturelle ne se décrète pas et ne peut se contenter d'injonctions, ni même de formation : elle doit se vivre et donc reposer sur l'expérience et les échanges. Même si cela semble une Lapalissade, la façon la plus sûre de mixer deux cultures reste simplement d'organiser la rencontre de personnes issues de ces deux cultures. Ainsi, pour que l'industrie spatiale se tourne vers *l'open space*, elle doit intégrer en son sein des personnes de cultures différentes : les industriels recrutent des chercheurs, les grandes entreprises collaborent avec les petites et les start-ups, les spécialistes de la donnée spatiale intègrent des spécialistes métiers des secteurs applicatifs, les fabricants de satellites accueillent des fabricants de voitures, les ingénieurs des designers ou des spécialistes du marketing, le personnel expérimenté des étudiants fraîchement diplômés, les équipes masculines des recrues féminines, etc.

Ce brassage peut être vécu comme une mise en danger et doit donc être soigneusement préparé et partagé. Pour cela, les structures doivent mettre en place des processus d'intégration des nouvelles cultures facilitant une transmission bilatérale des compétences, savoirs, savoir-faire et savoir-être. Cela passe également par un affichage clair de la stratégie d'entreprise de diversification des profils et une pédagogie sur l'intérêt que chacun peut y trouver. Pour accélérer cette mutation, certains groupes ont créé des **espaces de créativité au sein de leur entreprise**, ouverts à tout le personnel. Ils contribuent à modifier l'ambiance souvent un peu classique ou exclusivement technique des grands groupes et constituent un élément d'attractivité pour les *digital natives* qu'ils souhaitent intégrer.

Encourager les Centres Spatiaux Universitaires et renforcer leurs liens avec le monde économique et l'international

> Fly Your Satellite !

Il s'agit d'un programme de l'*ESA Education office*, qui a pour objectif de former par la pratique les étudiants et de les préparer à leur future carrière spatiale. Le programme accompagne des équipes d'étudiants et leur professeurs dans la conception du cubesat, leur test sur des plateformes de test de l'ESA et, pour les plus performants d'entre eux, propose un accès à l'espace grâce à un lancement depuis Kourou. Le programme se déroule en 4 phases, chacune d'entre elles étant conclue par une revue d'experts ESA, donnant ou non accès à la phase suivante :

- Build Your Satellite! ⇒ intégration du satellite et tests en condition de laboratoire,
- Test Your Satellite! ⇒ test en conditions spatiales
- Ticket to Orbit! ⇒ préparation de la campagne de lancement

Proposer au CoSpace de réfléchir, au sein du groupe de travail « compétences », à la mobilité et la diversité des collaborateurs entre les différentes entités du domaine, notamment entre le secteur public et privé

Mettre en place, dans les établissements publics traitant du spatial, des accords-cadres avec la filière industrielle et de services pour favoriser la mobilité dans les deux sens

Favoriser l'essaimage depuis les grandes entreprises, le CNES ou les centres de recherche pour que la culture de ces grands comptes diffuse aussi dans l'écosystème

> L'International Space University

Interdisciplinaire, internationale et interculturelle. Créée en 1987 par trois anciens étudiants du MIT américain, l'Université internationale de l'espace à Strasbourg, appelée l'ISU, propose une formation unique en Europe : chaque année, une cinquantaine d'étudiants venus de tous les horizons géographiques et culturels - ingénieurs, physiciens, juristes ou économistes - vont suivre les cours de l'ISU. Le principe est de former des personnes déjà diplômées pour les spécialiser dans le domaine spatial. Il existe deux cursus, l'un de deux mois, l'autre d'une année entière, débouchant sur un master de « *space studies* » ou de « *space management* ».

Toutes les disciplines rattachées au secteur spatial leur sont dispensées, dont l'ingénierie, l'économie ou le droit. L'ISU bénéficie depuis plusieurs années du soutien actif de l'astronaute français, Jean-Jacques Favier.

Cette année, un tiers des étudiants vient d'Europe, un tiers d'Amérique du nord et un autre tiers du reste du monde. L'ISU veille aussi à une représentativité accrue des femmes : elles représentent aujourd'hui près de 30% des promotions, l'objectif visé étant la parité.

5 -

Une culture à partager, au service des citoyens européens

Rendre l'espace familier au citoyen européen

L'industrie spatiale a besoin de se renouveler, tout en préservant l'excellence qui la caractérise. Il lui faut donc attirer les meilleurs talents tout en renouvelant ses canaux de recrutement habituels. Pour s'ouvrir et innover, ce secteur a besoin de juristes qui rêvent de spatial, de commerciaux, de designers et de spécialistes du marketing, tous mus par la curiosité et le rêve qui caractérisent l'espace. La communauté doit donc élargir son public et s'adresser à l'ensemble de la population.

Un regain d'intérêt pour l'espace entraînerait sans doute un regain d'intérêt pour les questions scientifiques en général : si nous manquons fortement de vocations scientifiques chez les jeunes, la culture scientifique, qui permet au citoyen de comprendre les enjeux actuels et de forger ainsi des choix et opinions éclairés, est également trop faible. Par exemple, une étude de la NSF¹ (National Science Foundation) montre que 34 % des citoyens européens ne savent pas que la terre tourne autour du soleil (contre 26 % aux Etats-Unis). Les thèmes spatiaux ont de fait un pouvoir d'attraction supérieur aux autres thèmes scientifiques et peuvent ainsi servir de première marche vers une plus grande acculturation scientifique.

Aux Etats-Unis, l'espace est vu comme la dernière frontière et chaque conquête est une fierté pour le peuple américain. En Europe, l'espace est perçu

comme un monde hors de portée du citoyen ordinaire ou bien il fait peur. Dans un cas comme dans l'autre, il est considéré comme quelque chose d'inaccessible, réservé aux élites et très éloigné de la vie quotidienne. Pourtant, comme ce rapport tente de le démontrer, les enjeux du spatial sont à la fois proches et universels.

Comme pour le secteur du numérique, les efforts doivent se porter particulièrement en direction des jeunes et plus spécifiquement des jeunes filles, afin que le secteur spatial ne se prive pas de la moitié des cerveaux de la planète : actuellement, la représentation féminine dans le secteur spatial est en moyenne de 22 % (chiffre CoSpace) et de 27 % dans la population âgée de moins de trente ans. La progression souligne les efforts faits par la filière, mais il reste encore beaucoup de chemin à parcourir pour parvenir à la parité souhaitable.

Encourager les vocations pour le spatial dès le collège, avec un focus pour renforcer les carrières scientifiques féminines, par un travail conjoint entre l'Etat et les industriels et un soutien aux associations et réseaux professionnels des femmes du secteur

RECOMMANDATION

De nombreux événements peuvent mettre le spatial en évidence. Les événements naturels tout d'abord, dont les plus emblématiques sont les éclipses ou les « nuits des étoiles » organisées chaque année par les associations d'amateurs avec le soutien du CNES. Les événements du calendrier de l'exploration spatiale ensuite : le

¹ Voir <http://www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-7/c7h.htm>

monde entier a vibré avec Rosetta et Philae, et nous nous apprêtons à envoyer un Français, Thomas Pesquet, dans l'espace. Les événements que l'on peut mettre en place enfin, en s'appuyant sur des initiatives internationales comme la World Space Week, à laquelle la France devrait participer activement sous l'impulsion de la Cité de l'espace de Toulouse, nationales comme la fête de la science ou locales par l'organisation de concours. Pour rythmer l'année des enfants, il pourrait être demandé au CNES de réaliser, à destination des écoles, des collèges et des lycées, des calendriers adaptés qui mettent en avant les événements relatifs à l'espace.

Le séjour de Thomas Pesquet dans la station spatiale internationale, qu'il rejoindra en novembre, pourrait servir de fil conducteur pour l'animation spatiale de la prochaine année scolaire. Une diffusion simultanée dans toutes les écoles, par l'intermédiaire d'une chaîne

nationale par exemple, pourrait notamment être organisée : elle serait l'occasion d'un échange en direct entre Thomas Pesquet et des écoliers. Sa vie dans la station, qui mettra en évidence beaucoup de questions relatives à la science et à la technique, mais stimulera aussi le sens de l'aventure et de l'initiative chez les jeunes, pourrait servir d'illustration à des émissions de vulgarisation. Les innovations que Thomas Pesquet emportera avec lui (t-shirt connecté, filtre à eau révolutionnaire, etc.) devraient également être mises en avant.

S'appuyer sur des événements naturels (éclipse), des aventures humaines (séjour de l'astronaute français dans la station spatiale internationale) ou des exploits technologiques (Rosetta) pour faire du spatial une fête

RECOMMANDATION

> La Cité de l'Espace de Toulouse

Ouverte en 1997, à l'initiative de la ville de Toulouse, du CNES, d'Airbus Defence & Space, de Météo-France et du Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, la Cité de l'espace est le plus important centre de culture scientifique en Europe dédié au spatial. Elle accueille 300 000 visiteurs par an dont 45 000 scolaires et s'appuie sur un réseau dense de partenaires : scientifiques, industriels, éducatifs, institutionnels, touristiques, internationaux.

La Cité de l'Espace a développé une expertise forte de médiation scientifique : elle a par exemple mis en place des laboratoires pédagogiques innovants, basés sur l'interactivité, le travail de groupe, le développement des compétences et la transversalité. Rythmée par le calendrier des événements spatiaux, elle organise régulièrement des rencontres à thème avec le public pour fêter, par exemple, l'atterrissage de Philae sur la comète Tchouri ou l'éclipse solaire.

Cette expertise lui permet d'être active dans des projets européens et internationaux : expositions louées à l'étranger, représentation de la France spatiale dans des années croisées, projets européens Horizon 2020, INTERREG ou ERASMUS+, projet éducatif avec Houston et Singapour, accueil de congrès internationaux (congrès mondial des astronautes, congrès mondial des planétariums), ingénierie... Elle est membre du Comité exécutif d'ECSITE (réseau européen des centres de culture scientifique et technique), préside la Fédération Astronautique Internationale (IAF), le Comité international de Science Centers et Museums dédiés au spatial, qu'elle a initié et coordonne depuis peu la World Space Week pour la France.

La Cité de l'Espace est reconnue par les acteurs du spatial comme un moyen de liaison entre le public, la filière au sens large - scientifique et technologique - et le territoire : c'est un vecteur de diffusion et partage des savoirs vers le grand public et les scolaires, une caisse de résonance de la filière spatiale contribuant à la communication de ses enjeux, de ses avancées, de ses usages pour le citoyen et un outils de valorisation de l'excellence toulousaine.

LE CONQUÊTE DE L'ESPACE



La conquête de l'espace, longue aventure scientifique, technologique et humaine, a été rythmée par des événements emblématiques, exploits couronnant des années de travail et d'innovation : sputnik, premier satellite russe en 1957, premier survol de la lune par la sonde Luna-1 en 1959, premier humain dans l'espace, Youri Gagarine, en 1961. En 1962, la sonde Mariner-2 survole Venus ; en 1966, Luna-9, est la première sonde qui se pose sur la lune ; en 1969, Neil Armstrong et Buzz Aldrin sont les premiers hommes sur la lune ; en 1976, la sonde Viking 1 se pose sur mars. En 1986 est mis en orbite le premier élément de la station orbitale russe Mir, en 1990 est lancé le télescope spatial Hubble, en 1998 est mis en orbite le premier élément de la station spatiale internationale. En 2001, Dennis Tito est le premier touriste de l'espace (pour la somme de 20 M\$), en 2004, Virgin Galactic est la première société privée à avoir envoyé plusieurs personnes dans l'espace et gagne pour cela le prix Anzari X. En 2015, la sonde Huygens se pose sur Titan, et en 2015, la sonde new horizon survole Pluton.

La conquête de l'espace permet, par le rêve, de rapprocher les citoyens des enjeux de l'espace. Ainsi, Rosetta et Curiosity, et bientôt peut-être le Moon Village dont le concept est promu par la nouvelle gouvernance de l'ESA, ont, au-delà de leur intérêt scientifique indéniable, permis à des millions d'européens de s'approprier et de vivre l'espace.

Rosetta et Philae

La mission de l'ESA Rosetta, dont le CNES a été un acteur majeur, vise à mieux comprendre les comètes, témoins de la genèse du système solaire il y a 4,6 milliards d'années. L'objectif est notamment de trouver des indices sur ce qui a permis à la vie d'apparaître sur Terre. Lancée en 2004 par une fusée Ariane, la sonde spatiale débute le 6 août 2014 les manœuvres devant la mener à son orbite finale autour de la comète « Tchouri » (Tchourioumov-Guérassimenko) située à plus de 500 millions de km de la terre. Le 12 novembre, elle largue le petit atterrisseur Philae qui recueille des données qui seront ensuite analysées par les scientifiques. La mission de l'orbiteur se poursuit autour de la comète qui atteint son pic d'activité au moment de son passage au plus près du Soleil le 13 août 2015. La fin de mission est prévue en septembre 2016.

Cette aventure scientifique et technologique s'est transformée en aventure humaine incluant le grand public : Rosetta et Philae sont peu à peu devenus des personnages vivants, Philae a d'ailleurs des jambes, une tête et un « cerveau », son logiciel de bord. Le suspens de l'atterrissage de Philae sur Tchouri a été vécu par des millions de personnes grâce aux événements organisés par les agences spatiales et les cités des sciences et de l'espace, notamment à la Cité des Sciences de la Villette, en présence du Président de la République François Hollande et de nombreux lycéens. L'ESA a fait réaliser une série par l'agence Design & Data une série de dessins animés sur les aventures de Philae et Rosetta et prépare avec soin sa fin programmée, qui interviendra lorsque Tchouri s'éloignera trop du soleil et de son énergie.

Curiosity

Le 6 août 2012, le rover Curiosity, de la mission Mars Science Laboratory, a atterri sur Mars. Sa mission : déterminer si la planète rouge a été habitable. Le CNES est fortement impliqué dans cette mission pilotée par la NASA, dont la durée, initialement fixée à 22 mois, a été prolongée. Curiosity a réalisé un nombre considérable d'analyses pour évaluer l'habitabilité de Mars et son potentiel biologique ainsi que pour caractériser sa géologie. Curiosity a montré que Mars a été habitable et possédait des rivières, mais n'a pas trouvé de présence de méthane, un gaz rejeté par certains organismes vivants sur Terre. Pour réaliser ses analyses, Curiosity, rover de 900 kg dont 85 kg d'instruments de mesures chimiques et physiques, utilise un bras articulé qui lui permet de faire des analyses in situ des échantillons de sol et de roches ou de les prélever et de les faire analyser par ses deux mini-laboratoires embarqués. Une partie des instruments embarqués sur Curiosity sont français : ils ont été développés en Île-de-France par

le LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales), sous la coordination de Michel Cabane, ainsi qu'à Toulouse par l'IRAP sous la coordination de Sylvestre Maurice et sont opérés depuis le FIMOC, French Instrument Mars Operation centre, à Toulouse également.

Moon village, village lunaire de l'ESA

Afin de porter à nouveau une vision européenne de l'homme dans l'espace et pour préparer la suite de la Station spatiale internationale, l'ESA plaide en faveur d'un "village lunaire" (*moon village*) international, installation permanente sur la lune rassemblant les astronautes de tous les pays participants pour des missions pouvant aller de l'exploitation minière à l'observation de l'espace lointain (cf photo ci-dessous). La lune pourrait également être utilisée comme base arrière pour préparer des missions plus ambitieuses, comme un vol habité vers Mars. Le *moon village* pourrait être édifié par impression 3D, à partir des matériaux présents sur place.



Conjuguer éducatif et ludique

Les acteurs de la diffusion scientifique, qu'ils soient des lieux physiques comme la Cité de l'Espace à Toulouse ou la Cité des sciences de la Villette à Paris, des associations comme Planète Science ou des entreprises comme Telligo, ont tous pour mission de démocratiser l'accès au savoir scientifique. Et, comme l'indique avec conviction et engagement Jean Baptiste Desbois, directeur de la Cité de l'Espace, ils ont « le devoir de conjuguer éducatif et ludique, seule manière d'attirer le plus grand nombre vers les enjeux scientifiques réels. »

Ces organismes ont une grande habitude de l'interaction avec le public et la vulgarisation des sciences. S'appuyer sur leur expertise permet d'organiser des événements qui auront un impact important sur la diffusion de la culture spatiale. Ils ont notamment le savoir-faire pour expliquer et faire partager les grands événements naturels tels les éclipses : un recours plus systématique à leurs compétences permettrait de profiter de ces événements exceptionnels sans céder à l'irrationnel. Ainsi, la dernière éclipse a été une occasion ratée de pédagogie vers les élèves, vers le corps enseignant et la population en général : trop d'enfants ont été confinés dans les classes aux rideaux fermés par manque de préparation et sans doute à cause de la culture du *risque zéro*, alors qu'un partenariat anticipé entre l'Education nationale, la Cité de l'Espace, la Cité des Sciences de la Villette, les centres culturels scientifiques, techniques et industriels répartis sur le territoire national aurait été une belle opportunité de sensibilisation scientifique et une source d'émerveillement plutôt que d'alerte anxieuse aux risques.

Ce partenariat entre les structures de médiation scientifique et celles en charge de l'éducation des jeunes, base d'un pacte national pour le développement de la culture scientifique et spatiale auprès des jeunes, pourrait permettre notamment de favoriser les activités scientifiques dans les activités périscolaires en

sensibilisant les mairies ou multiplier les concours de fabrication de fusées et de robots, tout en veillant à la mixité des équipes. La puissance publique pourrait financer le développement de kits innovants de culture scientifique et spatiales (fusées, robot, impression 3D) afin d'en faciliter l'accès au plus grand nombre.

Renforcer les partenariats entre l'éducation nationale et les acteurs de la diffusion scientifique, notamment lors de grands événements (de type éclipse)

RECOMMANDATION

> Planète Sciences

Planète Sciences est une association à but non lucratif qui a pour objectifs de favoriser, auprès des jeunes de 8 à 25 ans, l'intérêt, la découverte, la pratique des sciences et des techniques et d'aider les enseignants, les animateurs, les éducateurs, les chercheurs et les parents à diffuser cette culture auprès des jeunes. Chaque année, environ 100 000 jeunes participent à l'une des actions de sensibilisation de Planète Sciences.

Planète Sciences propose un projet éducatif global basé sur une approche ludique qui favorise la pratique expérimentale des sciences et des techniques en équipe en « mode projet », réalisant un projet de bout en bout, s'inspirant ainsi des pratiques des laboratoires académiques et industriels. Au-delà de la compréhension de l'environnement technologique et culturel, cette démarche alternative de la pratique des sciences renforce la confiance en soi qu'apporte toute réalisation menée à bien, apprend à travailler en équipe et développe l'esprit critique. C'est la « science en la faisant », chère à Jean Perrin et Georges Charpak. L'espace est le sujet d'origine de Planète Sciences, souvent au centre de leurs nombreuses initiatives : en plus des stages de découverte de l'astronomie, Planète Science organise par exemple chaque année en France le "Rocketry Challenge", concours international de

fabrication de mini-fusées et « C'space », rencontre annuelle de 250 jeunes pour lancer leurs minifusées et fusées expérimentales dans des conditions de sécurité assurées par un encadrement bénévole et professionnel.

Planète Sciences initie également les jeunes à la technologie : l'association organise différents concours de robotique avec trois rencontres nationales et internationales pour les jeunes de 8 à 25 ans - Trophée de Robotique, Coupe de France de Robotique et Eurobot. Ils ont également ouvert en février 2016 un Fab-lab éducatif et expérimental du Sud Francilien. Enfin, l'association permet une initiation aux techniques du numérique et à la programmation et permet de réaliser des objets connectés.

Faire de la communication un outil à part entière de la politique spatiale

Le spatial est un domaine sérieux opéré par des gens sérieux. C'est un domaine d'experts et de passionnés, qui parfois peinent à faire partager leur passion : le Groupe parlementaire de l'espace, qui regroupe députés et sénateurs intéressés, multiplie pourtant les actions de sensibilisation mais le cercle reste à élargir pour que le spatial soit vraiment considéré comme une politique publique à dimension stratégique. C'est encore en France un domaine d'ingénieur, par et pour les ingénieurs, pour lesquels la communication est souvent regardée comme accessoire, voire inutile, coûteuse ou même source de perte de temps. Pourtant, la communication est vertueuse, puisqu'elle englobe celui à qui elle s'adresse, en se mettant à son niveau, sans préjuger de sa valeur intrinsèque. La transmission et la communication permettent d'emporter le citoyen européen, qui est le financeur des politiques spatiales et à qui elles sont *in fine* destinées, vers la connaissance de ce qu'est le secteur spatial et de ce qu'il apporte, depuis

l'activité économique au rêve de conquête, en passant par la connaissance scientifique. La NASA réserve d'ailleurs 2 % du budget de chaque programme pour financer des opérations de communication.

La communication sur l'activité spatiale peut être spectaculaire, quotidienne ou tournée vers l'économie numérique selon le public visé. Il ne faut pas hésiter à prendre des supports de communication qui peuvent paraître hors de propos comme une œuvre d'art, ou triviaux comme les produits dérivés, et innover autour des possibilités offertes par les nouveaux médias (réseaux sociaux, web séries ou web tv, vidéo virale, etc.). Est-il normal de ne trouver au magasin de la Cité des Sciences de la Villette qu'une fusée... avec le logo de la Nasa ? Aucun petit robot Philae, pas de fusée Ariane, pas de satellites ESA. Aux Etats-Unis, les magasins qui jouxtent les principales installations de la Nasa sont de véritables petits supermarchés : du pyjama d'astronaute aux maquettes de tous les lanceurs américains en passant par les casquettes, posters, hologrammes...le tout revêtu du logo *NASA*. L'offre américaine est ainsi valorisée et on n'y trouve d'ailleurs pas Ariane ! C'est aussi de cette façon que l'on partage une culture de fierté nationale dès le plus jeune âge. Il faut enfin s'appuyer sur l'aventure humaine que représente l'espace : ainsi, l'aventure industrielle d'Ariane 6 pourrait faire l'objet d'un documentaire immersif. Le monde des laboratoires de recherche, à l'image de celui de l'équipe de Sylvestre Maurice à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, animée par une passion nourrie par le contact quotidien avec Mars et les découvertes permises par leur caméra chimique ChemCam que transporte Curiosity, pourrait servir de décor à des cours en ligne (MOOC¹) à la pédagogie renouvelée et l'univers des startups français qui développent des cubsats pourrait nourrir les scénarios de séries télévisées. Les idées sont là et les acteurs sont prêts à les concrétiser, pour peu qu'on les y encourage.

¹ *Massive open online course. Plus de un million d'auditeurs en 2016 pour les MOOC lancés en 2013 par le MESR et portés par la plateforme France Université Numérique*

Consacrer 1 à 2 % de chaque programme à des actions de communication vers le grand public

Innover dans les outils et les vecteurs de communication sur les programmes spatiaux

Mesurer l'impact socio-économique du spatial

Si le secteur spatial doit s'ouvrir sur les autres cultures, s'il doit se démocratiser, c'est avant tout pour servir le citoyen encore mieux qu'il ne le fait aujourd'hui : améliorer sa qualité de vie, sa santé et son environnement et de manière générale adresser les objectifs du développement durable tels qu'ils ont été définis par l'ONU¹, mais également favoriser l'emploi et la croissance économique. Lorsqu'il doit faire des choix d'investissement, le décideur public doit être guidé par l'optimisation des services ainsi rendus. Or, appréhender un projet spatial dans la globalité de ses enjeux - techniques, scientifiques, financiers et politiques - nécessite de prendre du recul. L'analyse socioéconomique identifie justement les impacts et les conséquences d'un projet sur toute la chaîne des parties prenantes et permet d'apprécier l'intérêt d'un projet pour la collectivité en mettant son coût socioéconomique global en regard de son bénéfice socioéconomique global, sans se limiter aux aspects financiers ou techniques. Elle permet d'objectiver et de quantifier cet apport, tout en proposant une vision synthétique et un outil d'aide à la décision aux décideurs publics, aux médias et au citoyen.

L'analyse socioéconomique des projets d'investissements dans les infrastructures est maintenant intégrée, d'autant qu'elle a été rendue obligatoire dans le cadre des enquêtes publiques. Cette obligation a été étendue, par le décret du 23 décembre 2013, à l'ensemble des

investissements publics supérieurs à 100 M€, sans que l'analyse soit obligatoirement rendue publique. En Europe, l'analyse socioéconomique des projets spatiaux n'est que peu répandue, alors même que le domaine spatial a un fort impact sur la vie quotidienne. La pratique est par contre couramment pratiquée outre atlantique, et la NASA développe depuis huit ans une méthode spécifique mesurant les impacts du secteur spatial comprenant une dimension socio-économique forte.

Le CNES a initié le mouvement vers l'analyse socioéconomique, tout d'abord pour justifier des investissements supérieurs à 100 M€ comme Microcarb puis, dans la dynamique lancée par la nouvelle Direction de l'innovation, pour être en mesure d'analyser l'impact de son action globale sur l'écosystème. Pour évaluer les potentialités de cette technique et se doter d'outils opérationnels et généralisables, l'agence a commencé à nouer des relations internationales et travaille à un référentiel qui s'appliquerait à ses activités. Cette nouvelle approche, engagée par le CNES, mérite d'être encouragée et soutenue.

Mettre en place une méthodologie de mesure d'impact socio-économique adaptée à l'industrie spatiale et à ses applications

Mettre en place un Chief economist pour le CNES, qui soit en charge, pour le soutien à l'orientation des politiques publiques, de ces analyses socioéconomiques et de l'exploitation de l'ensemble des données économiques de la filière spatiale

¹ <http://www.undp.org/content/undp/fr/home/sdgoverview/post-2015-development-agenda/>



CHAPITRE 5

SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

La centaine de visites et entretiens réalisés dans le cadre de cette mission a permis de dresser un tableau aussi complet que possible de l'ensemble de la filière spatiale, de l'amont à l'aval, intégrant les questions liées aux lanceurs, aux satellites et sondes d'exploration, aux segments sol et au développement des usages et des services. Ces échanges ont inspiré à la mission de nombreuses recommandations, déclinées tout au long de la présente analyse et rappelées en annexe. Il s'en dégage cinq enjeux majeurs sur lesquels la France doit s'engager avec détermination :

1. La France doit ouvrir le domaine spatial aux usages, aux applications, au digital avec la culture de prise de risques associée.

Ce décloisonnement, cette ouverture vers d'autres cultures et d'autres métiers sont les conditions nécessaires au développement de l'aval de la filière : cette ouverture vers les autres cultures, c'est la notion d'*open space* que ce rapport propose. Pour développer les usages, il faut aussi susciter la création des start-ups et accompagner la croissance des PME en leur donnant toutes les chances de se développer : premiers marchés (*early adopters*), fonds de croissance après l'amorçage, accès aux métadonnées sous une forme utilisable. Les *boosters* mis en place au CoSpace sont au cœur de cette ambition et la mission a permis d'en faire un premier retour d'expérience. Des axes d'amélioration sont proposés pour mieux initier, fédérer et accélérer les initiatives qui s'appuient sur le spatial pour innover dans des secteurs cibles (agriculture, santé, mer, défense, énergie, transport...) et pour leur donner une visibilité à l'international. Dans cet esprit, le CoSpace, lien efficace entre l'Etat, son agence et les acteurs privés du spatial, pourrait s'ouvrir utilement aux acteurs de la donnée et aux start-ups. L'adaptation du cadre réglementaire et des outils financiers permettra ensuite d'accompagner cette dynamique. Les pouvoirs publics doivent enfin se positionner comme clients de référence pour ces entreprises en développant

significativement l'usage du spatial, dans des domaines variés (aménagement du territoire, environnement, sécurité, défense...). La mise en place d'une « Mission Espace » interministérielle liée au CoSpace, structure légère susceptible d'animer les administrations pour encourager l'usage du spatial dans les politiques publiques, répondrait à cet objectif. Enfin le CNES est encouragé à poursuivre et accélérer l'évolution initiée cette année, notamment via sa direction de l'innovation, des applications et de la science, pour promouvoir le changement de culture attendu pour l'ensemble de la filière.

2. L'autonomie stratégique de la France et de l'Europe doit s'affirmer dans plusieurs domaines-clé liés au spatial,

au cœur des capacités de renseignement et d'action de la Défense. En premier lieu, il faut préserver un accès à l'espace autonome en respectant les objectifs fixés pour le programme Ariane 6 et accélérant la modernisation du centre spatial guyanais, dans le cadre d'un grand projet européen accompagné par le Pacte d'Avenir de Guyane annoncé par le Président de la République. Ensuite, la mission considère comme prioritaire la poursuite du programme Galileo, dont les performances surclasseront le GPS : la France doit promouvoir un engagement européen sur la tenue des délais et la pérennité de ce système. De plus, des initiatives fortes doivent être prises pour développer des capacités duales pour lesquelles la dépendance française de pays non européens pose problème : les services en orbite, l'alerte spatiale contribuant à la dissuasion nucléaire et la surveillance de l'espace. Enfin, cette autonomie passe par la préservation de la filière industrielle pour les composants critiques. Des plans existent, il s'agit désormais d'en accélérer la mise en œuvre. La France n'ayant pas la taille critique suffisante, ces sujets réclament une coordination et un engagement au niveau européen, avec une solidarité entre les Etats-membres qui, si elle n'était pas volontaire, devrait être imposée : assumons la préférence

européenne, et protégeons notre industrie comme les Etats-Unis la leur avec le *Buy American Act*.

3. Une augmentation ciblée des investissements publics est nécessaire pour renforcer la filière. Face à une concurrence croissante en Europe et dans des pays émergents, la mission fait le constat d'un risque de déclasserment de la France dans le domaine des satellites et de menaces sérieuses à moyen terme dans le domaine des lanceurs. Des moyens supplémentaires sont donc indispensables pour investir dans les technologies d'avenir et pour développer la commande publique, que ce soit via le PIA, les budgets des ministères concernés ou les engagements nationaux dans le prochain conseil ministériel de l'ESA. L'espace est un des investissements d'avenir au plus fort potentiel, ce qui doit se traduire dans un soutien public fort et adapté à ses spécificités. Dans le domaine des lanceurs, les évolutions d'Ariane 6, la démonstration de nouveaux lanceurs et la question du réutilisable se préparent dès aujourd'hui. Dans le domaine des satellites, il faut relancer la recherche technologique et permettre à notre industrie de s'imposer sur le marché commercial, qu'il s'agisse de satellites géostationnaires ou de constellations, d'observation de la Terre ou de télécommunications. Le Plan très haut débit français, avec une déclinaison européenne, doit aussi clairement s'appuyer sur la solution satellitaire pour couvrir les zones blanches : c'est la solution la plus économique, la seule permettant d'y déployer le très haut débit avant 2022 et c'est aussi l'unique moyen de ne pas laisser les Etats-Unis bénéficier seuls de ce marché en croissance.

4. La filière française réclame d'être fédérée au sein d'une équipe France, toujours plus unie et cohérente.

En dehors des lanceurs (Ile de France et Aquitaine), elle doit s'organiser autour de **Toulouse, identifiée comme ville totem du spatial**, hors lanceurs, à la fois pour optimiser l'investissement public et pour conquérir de nouveaux marchés. Toutes les régions fortes du spatial en France bénéficieront d'une tête de réseau bien identifiée. Le marché est mondial, la concurrence aussi et elle s'intensifie : dans le domaine des satellites, les conséquences dommageables de la concurrence entre Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space nécessitent de changer de modèle. Il faut désormais imposer le principe de la coopération pour encourager des investissements communs des deux maîtres d'œuvre dans la recherche. De son côté, l'Etat doit soutenir le développement de technologies chez les industriels sous-traitants susceptibles de faire bénéficier Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space de leurs travaux ainsi que dans les laboratoires de recherche publics, orientés par une stratégie nationale de recherche qui reconnaît l'importance du spatial. Au niveau européen, la règle du retour géographique n'a rien de juste : elle incite les deux industriels à se verticaliser, fausse la compétition et nuit à la compétitivité européenne sur le marché mondial. La Ministérielle de l'ESA de 2016 devra assouplir cette règle, sans pour autant perdre de vue l'incitation qu'elle suscite pour le financement des projets.

5. **La culture spatiale doit être mieux partagée**, pour sortir de l'entre soi, impliquer les décideurs politiques et économiques et attirer de nouveaux talents vers

le spatial. La communication des acteurs du domaine est aujourd'hui trop confidentielle, le rapport propose que de 1 à 2 % des budgets des programmes spatiaux soient désormais réservés à la communication, comme cela se fait aux Etats-Unis. Cette communication doit en particulier s'adresser aux plus jeunes pour encourager les vocations (en particulier chez les filles !). Les évènements marquants des prochains mois - le séjour de 6 mois de notre astronaute, Thomas Pesquet, dans la station spatiale internationale à partir du mois de novembre, les premiers services de Galileo, le conseil ministériel de l'ESA, la préparation d'Ariane 6, l'engagement de l'Europe dans une stratégie spatiale ouverte aux citoyens - sont autant d'opportunités à saisir pour que l'espace devienne présent dans tous les esprits, pour que les Français y trouvent un motif de fierté et d'espoir dans l'avenir.

ANNEXES



■ **Annexe 1 - Lettre de mission du Premier Ministre**

■ **Annexe 2 - Plan d'actions**

■ **Annexe 3 - Liste des abréviations utilisées**

■ **Annexe 4 - Liste des sociétés représentées au centre spatial guyanais**

■ **Annexe 5 - Liste des entretiens et visites réalisés par la mission**

■ **Annexe 6 - Les acteurs de la politique spatiale française**

■ **Annexe 7 - Les orbites terrestres**

■ **Annexe 8 - Quelques documents de référence**

■ **Annexe 9 - Crédits photographiques**

ANNEXE 1 - LETTRE DE MISSION DU PREMIER MINISTRE

Le Premier Ministre

Paris, le 20 JAN. 2016

☐ - 87 / 16 / SG

Madame la Ministre,

La France est aujourd'hui un acteur majeur de l'espace sur le plan européen et international, par son excellence scientifique et technologique et son expertise industrielle puissante, compétitive et diversifiée. Elle se situe au troisième rang, après les Etats-Unis et la Russie, pour les investissements publics dans le domaine spatial.

Dans un contexte international marqué par une concurrence de plus en plus vive, le développement de menaces et conflits inédits, les risques liés à la dérégulation climatique et l'explosion d'internet et des services associés, l'espace constitue plus que jamais un enjeu majeur pour notre souveraineté tant pour ce qui concerne la recherche fondamentale comme technologique et la compétitivité industrielle. L'exploration de l'univers, l'observation de la Terre et des satellites lancés par d'autres pays, la contribution à la cyber-sécurité, la collecte de données environnementales, le développement des télécommunications, les communications sécurisées, l'accès à internet pour tous sont autant d'opportunités d'acquisitions de connaissances que de développements de produits et services créateurs d'emplois innovants.

L'excellence reconnue de notre expertise scientifique et technologique est le résultat d'une volonté politique continue et d'un engagement financier constant des gouvernements français depuis plus de 50 ans, avec l'expertise de la première agence nationale européenne, le Centre national d'études spatiales (CNES), de l'Agence Spatiale européenne (ESA), de l'opérateur Arianespace, leader mondial pour le lancement des satellites et de la performance d'une filière industrielle compétitive et diversifiée.

Le conseil ministériel de l'ESA, qui s'est tenu au Luxembourg le 2 décembre 2014, a confirmé la vitalité de cet engagement national et européen, avec notamment la décision majeure de réaliser un nouveau lanceur, Ariane 6, à l'horizon 2020. L'industrie s'est mise en ordre de marche pour accompagner cette réalisation, avec notamment la création de la société Airbus Safran Launchers.

Ce leadership français et européen dans le domaine de l'exploration spatiale, des satellites et des lanceurs est néanmoins l'objet d'une concurrence internationale très rude, en particulier des Etats-Unis qui soutiennent massivement les grands programmes scientifiques de la NASA comme les activités de sociétés privées de lanceurs et de satellites, notamment Space X, qui bénéficient d'investissements à la fois publics et privés d'un niveau très élevé.

.../...

Madame Geneviève FIORASO
Ancienne ministre, Députée
Assemblée nationale
126, rue de l'Université
75355 PARIS 07 SP

Cette pression croissante de la concurrence mondiale et les enjeux stratégiques du secteur spatial pour la France et l'Europe motivent la mission que je souhaite vous confier. Cette mission, qui s'inscrit entre deux conseils ministériels de l'ESA, s'appuiera aussi sur les travaux menés par le comité de concertation Etat-Industrie sur l'Espace, le COSPACE, mis en place par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche en janvier 2013 et regroupant tous les acteurs français publics et privés du domaine, en association avec les ministères de la défense et de l'industrie.

Votre rapport, après avoir fait le point sur l'avancement des actions et projets en cours dans le cadre de la stratégie nationale et européenne, devra proposer des orientations prospectives susceptibles de renforcer la puissance et la compétitivité de la filière spatiale française dans les dix années à venir.

Il pourrait notamment aborder les questions suivantes :

- Quelles dispositions pour développer et diversifier les applications et services du spatial, civil comme militaire, qui ne sont pas aujourd'hui en France à la hauteur de notre expertise scientifique et technologique, en utilisant le numérique comme accélérateur ?
- Comment mesurer, évaluer et accompagner efficacement l'avancement du processus menant au lancement d'Ariane 6 d'ici 2020, en lien avec nos partenaires européens ?
- Quelles initiatives et agendas pour la réutilisabilité des lanceurs, en prenant en compte l'aspect technologique et industriel, mais aussi le modèle économique correspondant ?
- Quelles stratégies de partenariats et quels modèles économiques imaginer, notamment avec les grands fournisseurs de service numérique (Google, Apple, Facebook, Amazon, ...), pour diffuser les nouveaux services liés aux constellations de satellites, avec le développement rapide des nano-satellites, en intégrant la préoccupation croissante des débris ?
- En cohérence avec les recommandations du COSPACE, quels dispositifs complémentaires mettre en place pour améliorer rapidement la compétitivité de l'offre française des satellites d'observation de la Terre et de télécommunications, sur le plan technologique (haute et très haute résolution, très haut débit, propulsion électrique, ...) comme commercial, avec une gamme de services élargie ?
- Comment maintenir les expertises de chercheurs et d'ingénieurs au meilleur niveau, tout en accueillant les compétences nouvelles et interdisciplinaires indispensables à la recherche comme à l'industrie : collecte et analyse des big data, utilisation collaborative de données, conception de nouveaux services, création de start-ups ?
- Comment attirer les meilleurs et nouveaux talents vers ce secteur : formation, actions en direction des jeunes dès le collège, en particulier des jeunes filles, initiatives dans les lycées, universités, écoles, ouverture à amplifier des formations existantes à l'international et à la formation continue, meilleure connaissance et attractivité du secteur par les actions de culture scientifique, technique et industrielle, ... ?

L'objectif global de votre mission est d'apporter des réponses à ces questions essentielles à l'avenir du secteur spatial, afin de faire le point sur la situation actuelle de la filière française, privée comme publique, civile comme militaire, et de proposer des orientations prospectives pour la renforcer et la rendre plus compétitive, en l'inscrivant dans la révolution numérique et la diversification de ses applications.

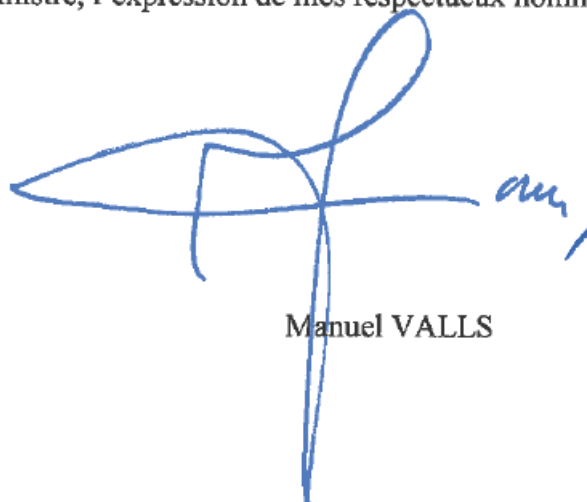
Un décret vous nommera, en application de l'article L.O. 144 du code électoral, parlementaire en mission auprès de Madame Najat VALLAUD-BELKACEM, Ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, de Monsieur Jean-Yves LE DRIAN, Ministre de la défense, de Monsieur Emmanuel MACRON, Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique et de Monsieur Thierry MANDON, Secrétaire d'Etat chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Pour mener à bien cette mission, vous pourrez vous appuyer sur les services des ministères de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, de la défense, de l'économie, de l'industrie et du numérique. Notre agence, le CNES, notre opérateur de lancement, Arianespace, tout comme l'ESA et les agences des pays partenaires devront également être consultés, ainsi que les organismes de recherche et principaux industriels et acteurs économiques nationaux, européens et internationaux.

Votre mission prendra effet à compter du 20 janvier 2016.

Je souhaite pouvoir disposer d'un rapport d'étape à la mi-avril 2016 et de vos conclusions au plus tard le 19 juillet 2016.

Je vous prie d'agréer, Madame la Ministre, l'expression de mes respectueux hommages.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'M' followed by 'anuel VALLS' in a cursive script.

Manuel VALLS

1. Open space

▪ Développer les applications du spatial

- ⊕ Inscrire la démarche *booster* au sein de l'initiative French Tech
- ⊕ Réévaluer les *boosters* à partir des principaux fondamentaux de la démarche: pas de financement propre, pas de nouvelle structure, démarche *uses pull*, stratégie marché claire
- ⊕ Permettre à d'autres structures, qui sont déjà dans la dynamique booster, d'être labellisées
- ⊕ Faire de la Guyane une vitrine pour l'utilisation des applications du spatial dans une politique publique de développement d'un territoire
- ⊕ Donner comme objectif à la MEspace d'encourager l'usage des solutions spatiales à valeur ajoutée dans les politiques publiques

▪ Faciliter d'accès aux données

- ⊕ Généraliser la traduction des données de Copernicus dans un format utile qui soit accessible aux start-ups et aux entreprises non spécialistes de la donnée spatiale
- ⊕ Fédérer au plus vite les initiatives publiques sur une plate-forme commune d'accès à l'information spatiale utile
- ⊕ Fixer à l'Union européenne l'objectif de mettre en place un service de stockage et de traitement des données Copernicus, avant la fin de l'année 2016 : les appels d'offres devront s'appuyer sur des solutions existantes, éprouvées et ouvertes

▪ Favoriser la création de startups

- ⊕ Transformer l'ESA BIC sud France en ESA BIC France, multiplier les antennes sur le territoire national et assurer leur coordination depuis Toulouse
- ⊕ Favoriser l'organisation de hackathons et de concours éphémères afin de stimuler l'envie d'entreprendre dans le domaine spatial
- ⊕ Faciliter l'évaluation du risque technologique et financier en mettant en place au sein de la MEspace une méthode d'audits structurés, portés par des experts du secteur spatial

▪ Ouvrir le spatial vers d'autres cultures

- ⊕ Inclure dans la composition du CoSpace des représentants du numérique et des start-ups
- ⊕ Favoriser l'essaimage depuis les grandes entreprises, le CNES ou les centres de recherche pour que la culture de ces grands comptes diffuse aussi dans l'écosystème
- ⊕ Proposer au CoSpace de réfléchir, au sein du groupe de travail « compétences », à la mobilité et la diversité des collaborateurs entre les différentes entités du domaine, notamment entre le secteur public et privé
- ⊕ Mettre en place, dans les établissements publics traitant du spatial, des accords-cadres avec la filière industrielle et de services pour favoriser la mobilité dans les deux sens
- ⊕ Encourager les Centres Spatiaux Universitaires et renforcer leurs liens avec le monde économique et l'international
- ⊕ Favoriser la mixité des cultures dans toutes les actions de soutien à la filière spatiale

▪ Accompagner la transition du CNES

- ⊕ Renforcer le rôle de la Direction de l'Innovation, de la science et des Applications du CNES dans la préparation de l'avenir, en lui confiant tous les programmes de R&T jusqu'aux démonstrateurs, dans le domaine des lanceurs, des systèmes orbitaux et des systèmes sol
- ⊕ Mettre en place une méthodologie de mesure d'impact socio-économique adaptée à l'industrie spatiale et à ses applications

- ⊕ Mettre en place un Chief economist pour le CNES, qui soit en charge, pour le soutien à l'orientation des politiques publiques, de ces analyses socioéconomiques et de l'exploitation de l'ensemble des données économiques de la filière spatiale

2. Autonomie stratégique

- ⊕ Faire du principe de préférence européenne la règle pour les acquisitions liées au spatial mises en œuvre par la Commission européenne

▪ Autonomie d'accès à l'espace : la base, le lancement, le lanceur

- ⊕ Faire de Kourou la base de lancement européenne pour le tir de petits lanceurs et obtenir de l'Union européenne les investissements permettant une première capacité compétitive d'ici 2020.
- ⊕ Lancer un projet « EuroK 25 » de modernisation du centre spatial guyanais à 10 ans, financé par l'Union européenne et envisager la possibilité que le CSG devienne un grand équipement de souveraineté européenne
- ⊕ Conduire jusqu'à son terme la totalité du pacte d'avenir de la Guyane et prévoir une convention interministérielle pour organiser l'investissement de l'Etat en Guyane, en s'appuyant en partie sur les fonds structurels régionaux européens
- ⊕ Poursuivre les efforts de réduction du coût des contrats locaux pour le maintien en condition opérationnelle du CSG
- ⊕ Encourager les synergies en Guyane entre Ariane, Vega et Soyouz avec, pour Arianespace, un rôle d'arbitre commercial transparent, compétent et reconnu par les maîtres d'œuvres industriels
- ⊕ Réaffirmer l'attachement de l'Etat au programme Ariane 6, tel qu'il a été défini à la Ministérielle ESA de 2014
- ⊕ Investir via le Programme d'Investissements d'Avenir aux côtés d'Airbus Safran Launchers aux Mureaux dans une usine Ariane 6 moderne et numérisée pour tenir les objectifs de coût ambitieux
- ⊕ Dans le domaine des lanceurs, pousser d'ici 2020 un ou plusieurs nouveaux concepts - dont le réutilisable peut faire partie - jusqu'au démonstrateur
- ⊕ Poursuivre le programme Promothéus préparant une évolution ultérieure d'Ariane 6 et veiller à l'optimisation de l'organisation industrielle européenne associée à la technologie « oxygène liquide - méthane »

▪ Consolider la capacité européenne de navigation et de positionnement

- ⊕ Garantir la pérennité du système Galileo et encourager l'utilisation de Galileo dans les commandes publiques en Europe
- ⊕ Réglementer au niveau européen pour imposer le système Galileo pour les infrastructures critiques et dans les secteurs où les systèmes concurrents GPS et Glonass imposent leur standard

▪ Limiter la dépendance dans les composants critiques

- ⊕ Aller au bout de la feuille de route sur les composants critiques mise en œuvre par le SGDSN
- ⊕ Assurer la pérennité de STMicroelectronics, acteur-clé pour l'autonomie stratégique de la France, dans le domaine des composants destinés à l'aéronautique, au spatial et à la Défense

▪ Assurer la capacité de l'Europe pour la surveillance de l'espace

- ⊕ Rechercher l'harmonisation en Europe de la réglementation sur l'utilisation de l'Espace, notamment pour la gestion des débris, de façon cohérente avec les réglementations américaine, voire chinoise, pour ne pas nuire à la compétitivité européenne tout en favorisant un espace durable

- ⊕ Lancer au niveau de l'Union européenne un véritable programme européen de surveillance de l'Espace

- **De nouvelles capacités stratégiques à acquérir**

- ⊕ Afin de répondre à l'émergence des besoins institutionnels et commerciaux liés aux services en orbite, prévoir le financement des briques technologiques et de démonstrations en orbite avant 2025
- ⊕ Financer des projets d'acquisition de nouveaux systèmes satellitaires d'observation de la Terre pour des capacités stratégiques (alerte spatiale) ou nécessitant des développements risqués (surveillance géostationnaire)

3. Augmenter et adapter le financement

- **Articuler et réorienter les financements existants vers le spatial**

- ⊕ Prévoir dans le plan très haut débit un volet satellitaire plus affirmé, et définir les conditions qui permettent un accès pour un million et demi de foyers, dans les territoires les plus isolés, dès 2020
- ⊕ Intégrer le très haut débit dans la définition du service universel européen
- ⊕ Confier à la MEdspace un rôle d'articulation des aides publiques
- ⊕ Maintenir les outils financiers de soutien aux exportations
- ⊕ Faire figurer le spatial parmi les ambitions du Concours mondial d'innovation

- **Adapter les financements aux spécificités des projets**

- ⊕ Pour les projets les moins risqués techniquement, acquérir des données d'observations de la terre et des services associés auprès de sociétés fiables via des contrats long terme plutôt que des programmes nationaux patrimoniaux
- ⊕ Mettre en place une enveloppe innovation de rupture au niveau des agences (CNES et ESA) et de la Commission Européenne
- ⊕ Faire évoluer les objectifs des Sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT) pour les mobiliser sur les innovations de rupture liées au spatial
- ⊕ Mettre en œuvre dès 2017 un fonds de capital-innovation avec une équipe d'investisseurs dédiée aux enjeux du secteur spatial et sensibilisée à l'innovation de rupture
- ⊕ Labelliser et financer un accélérateur French Tech - Space tech pour les start-ups du spatial

- **Soutenir la R&T comme base commune à l'ensemble de la filière**

- ⊕ Renforcer significativement les investissements et subventions de R&T pour les sous-ensembles par rapport aux programmes complets
- ⊕ Investir dans des niches technologiques comme le support-vie où la France est reconnue et où les innovations peuvent diffuser vers d'autres secteurs

- **Maintenir notre avance technologique dans les domaines des satellites d'observation de la Terre, télécoms et scientifiques**

- ⊕ Pour les satellites de télécommunications, relever le niveau d'investissements annuels en subvention à environ 100M€ pour encourager la compétitivité des industriels français et préparer les technologies d'avenir
- ⊕ Soutenir la filière française via un programme de compétitivité pour le renouvellement des constellations télécoms
- ⊕ Maintenir une participation française dans les programmes scientifiques internationaux en ciblant les instruments et les équipements avec de forts effets de levier sur les publications scientifiques et le renforcement de la filière industrielle

- ⊕ S'investir dans un projet scientifique national mobilisateur pour ces 15 prochaines années
 - **Développer le segment sol, élément indispensable pour le développement des applications**
 - ⊕ Intensifier les efforts initiés par le PIA pour faire émerger une solution française de référence pour le segment sol de mission des systèmes satellitaires de télécommunications très haut débit.
 - ⊕ Susciter au niveau européen la création d'une filière industrielle de segment sol dédié aux cubesats, voire de services de lancement spécifiques, pour soutenir l'émergence de projets s'appuyant sur les nanosatellites
 - ⊕ Développer au niveau européen une solution économique et ouverte pour les segments sol utilisateurs dans le domaine des télécommunications très haut débit
 - **Soutenir les défis futurs liés au développement des nanosats et des constellations**
 - ⊕ Mettre en place un concours « démonstrateur en orbite » destiné à valider des briques technologiques et à soutenir des start-ups
 - ⊕ Mettre en œuvre des programmes de R&T nationaux pour investir dans la miniaturisation des charges utiles, en particulier pour l'observation de la Terre, et dans l'augmentation des cadences industrielles
 - ⊕ Développer l'écosystème français des nanosatellites via le financement d'appels à projets réguliers et de subvention de la R&T pour la miniaturisation des équipements

4. Une équipe de France inscrite dans l'action européenne

- **Toulouse, capitale de l'espace**
- ⊕ Affirmer Toulouse comme la capitale de l'espace (hors lanceurs) et l'installer comme tête de réseau pour animer la démarche des boosters, notamment pour fédérer un catalogue d'offres françaises, présentées dans un showroom mutualisé
- **Organiser le soutien public pour que le politique se réapproprie le spatial**
- ⊕ Affirmer les rôles de l'Etat stratège et de son agence, bras armé, sur les missions régaliennes et stratégiques de la politique spatiale, tout en anticipant l'avenir
- ⊕ Mentionner explicitement l'espace dans le portefeuille ministériel du Ministre ou du Secrétaire d'Etat à l'enseignement supérieur et à la recherche
- ⊕ Mettre en place une Mission Espace auprès du CoSpace, la MEspace, souple et réactive, pour diffuser la culture du spatial au sein de l'Etat et de ses administrations
- ⊕ Présenter au parlement, dans l'année qui suit chaque début de mandature, une stratégie spatiale claire et pragmatique portée par le gouvernement
- ⊕ Faire porter par la tutelle politique les décisions d'engagement sur chaque programme spatial dont le montant dépasse 100M€, à partir de scénarios techniques et économiques proposés par le CNES
- ⊕ Clarifier les responsabilités des différents acteurs européens (Union européenne / ESA / Agences nationales mieux définies dans leurs fonctions respectives de maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'ouvrage déléguée et d'expertise) pour augmenter l'efficacité de l'action européenne ; limiter les doublons et encourager la Commission européenne à s'appuyer sur les agences spécialisées pour fédérer et harmoniser l'expression des besoins européens

▪ La puissance publique, soutien à la filière

- ⊕ Décliner de la « politique nationale de normalisation et stratégie pour la compétitivité de notre économie » une stratégie de normalisation et standardisation pour le secteur spatial et la mettre en œuvre
- ⊕ Réaffirmer l'ESA comme un outil de politique industrielle européenne en faisant évoluer les règles d'approvisionnement pour réduire l'impact négatif du dispositif de retour géographique
- ⊕ Clarifier les missions, les objectifs et les moyens du CNES comme soutien à la filière industrielle
- ⊕ Veiller à l'efficacité du contrôle des exportations des satellites et des images
- ⊕ Soutenir activement à l'export les solutions françaises lorsqu'elles sont organisées en équipe France, aux niveaux administratif et politique
- ⊕ Dans le domaine de la navigation et pour les compétitions européennes à venir, soutenir les compétences françaises sur EGNOS et ses évolutions
- ⊕ Mettre en place une action efficace pour développer la présence de représentants français dans les institutions européennes traitant du spatial
- ⊕ Organiser un colloque sur le droit de l'espace pour mettre à profit la dimension économique et stratégique du droit et anticiper les évolutions de la réglementation

▪ Organiser la filière pour plus de compétitivité

- ⊕ Mettre en œuvre une politique industrielle française de coopération entre Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space, pour limiter leur verticalisation, ie. la réintégration en interne de compétences préalablement confiées à des sous-traitants, et renforcer une filière commune d'équipementiers et de laboratoires de recherche
- ⊕ Dans le domaine des satellites d'observation très haute résolution, clarifier la stratégie post-Pléiades et post-CSO entre les besoins militaires et civils - envisager la création d'une société projet dédiée entre Thales Alenia Space et Airbus Defence & Space

5. Une culture spatiale partagée

▪ Le spatial, une affaire d'éducation

- ⊕ Encourager les vocations pour le spatial dès le collège, avec un focus pour renforcer les carrières scientifiques féminines, par un travail conjoint entre l'Etat et les industriels et un soutien aux associations et réseaux professionnels des femmes du secteur
- ⊕ Renforcer les partenariats entre l'éducation nationale et les acteurs de la diffusion scientifique, notamment lors de grands événements (de type éclipses)

▪ Le spatial, une affaire de communication

- ⊕ S'appuyer sur des événements naturels (éclipse), des aventures humaines (séjour de l'astronaute français dans la station spatiale internationale) ou des exploits technologiques (Rosetta) pour faire du spatial une fête
- ⊕ Consacrer 1 à 2 % de chaque programme à des actions de communication vers le grand public
- ⊕ Innover dans les outils et les vecteurs de communication sur les programmes spatiaux

ANNEXE 3 - LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

ADS	Airbus Defence and Space
AED	Agence européenne de défense
AFIC	Association Française des Investisseurs pour la Croissance
ANFR	Agence nationale des fréquences
ARTES	Advanced Research in Telecommunications Systems
ASI	Agenzia Spaziale Italiana, agence spatiale italienne
ASL	Airbus Safran Launchers
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
Catapult SA	Catapult Satellite applications
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CERES	Capacité de REenseignement Electromagnétique Spatiale
CLS	Collecte Localisation Satellites
CNES	Centre national d'études spatiales
COM SAT NG	Communication par satellite de nouvelle génération
COMSAT	Communication Satellite
COP21	21e <i>conference of parties</i>
CSA	Canadian Space Agency
CSG	Centre spatial guyanais
CSO	Composante spatiale optique
CSU	Centre spatial universitaire
DGA	Direction générale de l'armement
DIA	Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science du CNES
DLR	Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, agence spatiale allemande
DRM	Direction du renseignement militaire
EARSC	European Association of Remote Sensing Companies
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
ENVISAT	Environment Satellite
EOSAT	Earth Observation Satellite
Equipex	Equipement d'excellence
ESA	European space agency
ESA BIC	ESA Business Incubation center
ESFRI	European strategy forum on research infrastructure
ETI	Entreprise de taille intermédiaire
FAA	Federal Aviation Administration
FIMOC	French instrument Mars operation centre
GAFA	Google Apple Facebook Amazon
GEO	Geostationary earth orbit, orbite terrestre géostationnaire
GIFAS	Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales
GNSS	Global Navigation Satellite System
GOVSATCOM	Governmental Satellite Communications
GPS	Global Positioning System
GRAVES	Grand Réseau Adapté à la VEille Spatiale
GSA	European GNSS agency

GTO	Geostationary transfert orbit
HTML	Hypertext Markup Language
IAF	International Astronautical Federation
IDEX	Initiative d'excellence
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
IOT	Internet of things
IRAP	Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie
IRIT	Institut de Recherche en Informatique de Toulouse
IRT	Instituts de recherche technologique
ISS	International space station
ISU	International space university
JASON	Joint Altimetry Satellite Oceanography Network
LATMOS	Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales
LEO	Low earth orbit, obite terrestre basse
LOS	Loi relative aux opérations spatiales
LOX	Liquid oxygen
MEDES	Institut Médecine Physiologie Spatiale Toulouse
MEO	Medium earth orbit, obite terrestre basse
MOOC	Massive open online course
MUSIS	Multinational Space-based Imaging System for Surveillance, Reconnaissance and Observation
NAF	Note des autorités françaises
NASA	National Aeronautics and Space Administration, agence spatiale américaine
NGA	National Geospatial intelligence agency
NSF	National Science Foundation
ONERA	Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales
OTAN	Organisation du traité de l'Atlantique nord
PEPS	Plateforme d'Exploitation des Produits Sentinelles
PIA	Programme d'investissements d'avenir
PIB	Produit intérieur brut
PME	Petite et moyenne entreprise
PRS	Public regulated services
SAFE	Security and Aerospace actors for the Future of Earth
SATT	Sociétés d'accélération du transfert de technologies
SERTIT	Service régional de traitement d'image et de télédétection
SES	Société Européenne des Satellites
SNR	Stratégie nationale de recherche
SPOT	Système probatoire d'observation de la Terre
SSGP	Space for Smarter Government Programme
SSII	Société de services et d'ingénierie en informatique
SSO	Sun Synchronous Orbit
SST	Space surveillance and tracking
SSTL	Surrey Satellite Technology Ltd
SWOT	Surface Water Ocean Topography Mission
TAS	Thales Alenia Space

THR-NG	Très Haute Résolution de Nouvelle Génération
UGAP	union des groupements d'achat public
UKSA	United Kingdom Space Agency

ANNEXE 4 - LISTE DES SOCIÉTÉS REPRÉSENTÉES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS ET LEURS EFFECTIFS

Sociétés	Effectifs fin 2015		
	Contrat Local	Contrat Mobilité	TOTAL
AIR LIQUIDE SPATIAL	37	8	45
AIRBUS Defence & Space	15	13	28
ALCADIA (ex SECTOR)	3	1	4
AMARANTE	1	1	2
APAVE (ESQS)	43	30	73
APCO	24	6	30
ARIANESPACE	30	41	71
BOLLORE LOG (ex SVD)	3	0	3
BT	7	0	7
CEGELEC	106	67	173
CLEMESSY	10	19	29
CNES	200	82	282
ENDEL Engie	127	0	127
ENGIE AXIMA	20	1	21
ERIMA	2	0	2
EUROPROPULSION	27	41	68
FREE LANCE SERVICES	3	0	3
GTD	9	11	20
GUYANET	8	0	8
MT AEROSPACE	48	4	52
PEYRANI	19	0	19
REGULUS	63	27	90
RMT	22	9	31
ROVSING	5	0	5
RUAG	0	3	3
SARVIS	1	0	1
SATTAS	2	0	2
SERCO	15	2	17
SERIS SPACE	132	0	132
SNECMA	17	9	26
SODEXO	90	0	90
TELEMATIC SOLUTIONS	12	2	14
TELESPAZIO	124	17	141
THALES SERVICES (ex ALCATEL)	2	0	2
VIDELIO IEC	29	2	31
VITROCISSET	35	8	43
TOTAL	1291	404	1695

ANNEXE 5 - LISTE DES ENTRETIENS ET VISITES RÉALISÉS PAR LA MISSION

PUISSANCE PUBLIQUE

Premier ministre

Ali SAÏB	Conseiller éducation au Cabinet du Premier ministre
Louis GAUTIER	Secrétaire Général de la Défense et de la Sécurité Nationale
Louis SCHWEITZER	Commissaire Général à l'Investissement

Ministère de l'éducation nationale et de l'enseignement supérieur et à la recherche, Secrétariat d'Etat à l'ESR

Thierry MANDON	Secrétaire d'Etat à l'enseignement supérieur et à la recherche
Gilles RABIN	Conseiller innovation et politique spatiale au cabinet du Secrétaire d'Etat
Bertrand MONTHUBERT	Conseiller délégué à l'enseignement supérieur et à la recherche
Patrice BRUDIEU	Chef du département Politique spatiale et défense de la Direction Générale de la Recherche et de l'Innovation

Ministère de la Défense

Cédric LEWANDOWSKI	Directeur de Cabinet du Ministre
Christophe SALOMON	Conseiller industrie au cabinet du Ministre
Laurent COLLET-BILLON	Délégué général pour l'armement
Jean-Daniel TESTE	Commandant Interarmées de l'Espace
Lorraine TOURNYOL DU CLOS	Déléguée générale à la stratégie de la DRM
Thierry DAVID	Conseiller ROIM auprès du DRM
Pierre SAUCEDE	Commandant du CF3I
Romain CANEPA	Commandant du CF3E
Harold HOFF	Référent imagerie et GEOINT au sein du bureau stratégie de la DRM

Ministère de l'Economie, de l'industrie et du numérique

Alexis KOHLER	Directeur de Cabinet du Ministre
Franck LIRZIN	Conseiller filières industrielles au cabinet du ministre
Olivier GRUMELARD	Sous-directeur de l'électronique et du logiciel

Secrétariat d'Etat au Numérique

Axelle LEMAIRE	Secrétaire d'Etat
Julien CHAUMOND	Conseiller au cabinet de la Secrétaire d'Etat

Equipes du Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer

Charly VIGNAL	Chef de la Mission des applications satellitaires
---------------	---

Commission Européenne

Elzbieta BIENKOWSKA	Commissaire européenne au marché intérieur, à l'industrie, à l'entrepreneuriat et aux PME
Pierre DELSAUX	Directeur général adjoint chargé du spatial à la Direction générale au marché intérieur, à l'industrie, à l'entrepreneuriat et aux PME (DG GROW)
Fabrice COMPTOUR	Conseiller du Cabinet de la Commissaire Elzbieta BIENKOWSKA
Sabine LECRENIER	Chef d'unité Politique et recherche spatiales (DG GROW)

Parlementaires

Antoine KARAM	Sénateur de Guyane
---------------	--------------------

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Jean-Yves LE DEAUT	Président
Bruno SIDO	Premier vice-président
Catherine PROCACCIA	Vice-présidente

Groupe des Parlementaires pour l'Espace (GPE)

Chantal BERTHELOT	Présidente du GPE, Députée de Guyane
Alain GOURNAC	Vice-Président du GPE, Sénateur des Yvelines
Françoise LABORDE	Trésorière du GPE, Députée de la Haute Garonne
Delphine GILLAIZEAU-DAVID	Secrétaire générale du GPE

Groupe d'études sur l'Espace

Guy TEISSIER Président

Intergroupe Ciel & Espace au Parlement Européen

Franck PROUST Député européen, Vice-Président de l'intergroupe

Collectivités territoriales et Etat déconcentré

Rodolphe ALEXANDRE Président de la collectivité territoriale de Guyane

Martin JAEGER Préfet de Guyane

Youssoufi TOURÉ Recteur de l'académie de Guyane

Carole DELGA Présidente de la Région Occitanie

Alain ROUSSET Président de la Région Nouvelle Aquitaine

Bernard KELLER Vice-Président de Toulouse Métropole

Pierre COHEN Ancien Maire de Toulouse et conseiller municipal de Toulouse

Représentation de la France à l'étranger

Représentation Permanente de la France auprès de l'Union Européenne

Alexis DUTERTRE Représentant permanent adjoint

Christophe VENET Conseiller pour les affaires spatiales

Jean-Marc EDENWALD Conseiller armement adjoint

Ambassade de France à Bruxelles

France-Claude ARNOULT Ambassadrice

Ambassade de France à Berlin

Philippe ETIENNE Ambassadeur

Jean-François DUPUIS Conseiller spatial

Jean BURNICHON Attaché d'armement

Ambassade de France à Rome

Catherine COLONNA Ambassadeur

Tiffany ZILLER Attachée pour la Recherche et l'Innovation

Gilles MENARD Attaché d'armement

Ambassade de France à Londres

Sylvie BERMANN Ambassadeur

Cyrille VAN EFFENTERRE Conseiller science et technologies

Ambassade de France à Luxembourg

Stefen DUSO-BAUDUIN Conseiller de l'ambassadeur

ÉTABLISSEMENTS PUBLICS ET PARAPUBLICS

ESA, agence Spatiale Européenne

Siège (Paris)

Johann-Dietrich WÖRNER Directeur général

Gaele WINTERS Directeur des lanceurs

Claudie HAIGNERE Conseillère spéciale auprès du Directeur général

Paul VERHOEF Directeur Galileo et activités de navigation

Daniel NEUENSCHWANDER Directeur de la stratégie

ESA ECSAT (Harwell)

Magali VAISSIERE Directrice Télécommunications et applications intégrées et Directrice de l'ECSAT

ESA ESRIN (Frascati)

Volker LIEBIG Directeur Observation de la Terre et Directeur de l'ESRIN

ESA KOUROU

Joël DONADEL Chef du bureau de l'ESA à Kourou

CNES - Centre National d'Etudes Spatiales

Siège (Paris)

Jean-Yves le GALL Président

Joël BARRE	Directeur général délégué
Jean-Marc ASTORG	Directeur des lanceurs
Lionel SUCHET et ses équipes	Directeur de l'innovation, des applications et de la science (DIA)
Geneviève CAMPAN	Directrice du Système d'Information
Centre de Toulouse	
Marc PIRCHER	Directeur du Centre spatial de Toulouse
Didier LAPIERRE	Responsable de la valorisation et du transfert technologique
Centre spatial guyanais	
Bernard CHEMOUL	Directeur du Centre Spatial Guyanais
Eric FAYOLLE	Coordinateur Relations Extérieures du CSG
Eumetsat - European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (Darmstadt)	
Alain RATIER	Directeur général
AED - Agence Européenne de Défense	
Jorge DOMEQO	Directeur exécutif
Jean-Youri MARTY	Vice-Président Programme Manager RPAS
IGN - Institut national de l'information géographique et forestière	
Daniel BURSAUX	Directeur général
Philippe CAMPAGNE	Directeur des programmes défense et espace
Claude PENICAND	Directeur de la stratégie, de l'international et de la valorisation
Magali STOLL	Cheffe du service IGN Espace et déléguée à l'observation spatiale
Météo France	
<i>Contribution écrite de Jean-Marc LACAVE, Président-Directeur général</i>	
ANFR - Agence Nationale des Fréquences	
Jean-Pierre LE PESTEUR	Président du conseil d'administration
Gilles BREGANT	Directeur général
Alexandre VALLET	Responsable du Département de la Réglementation et des Ressources Orbite/spectre
Académie des technologies	
Alain BUGAT	Président
Minatec	
Stéphane SIEBERT	Directeur CEA-Tech
Pascale BERRUYER	Directrice Offres Innovation Communication CEA-Tech
Aerospace Valley	
Agnès PAILLARD	Présidente
David CONVERS	Chargé de mission projets européens
Accompagnateurs de la création d'entreprise	
Aude NZEH-DONG	ESA BIC Sud France/Aerospace Valley
Caroline BOUSQUET - CORPEL	CEEI Théogone
Anne-Laure CHARBONNIER	Incubateur Midi-Pyrénées

PUISSANCES PUBLIQUES ET ÉTABLISSEMENTS EUROPÉENS

Allemagne	
DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	
Pascale EHRENFREUND	Présidente du Directoire
Gerd GRUPPE	Directeur général de l'Agence spatiale
Ministère fédéral allemand de la Défense (BMVg)	
Geza von GEYR	Directeur de la division Politique du BMVg
Ministère fédéral allemand de l'Economie et de l'Energie (BMWi)	
Brigitte ZYPRIES	Secrétaire d'Etat parlementaire Coordinatrice du gouvernement fédéral des affaires aéronautiques et spatiales
Karl-Friedrich NAGEL	Responsable du spatial à la Direction de la Politique industrielle

Groupe Aérospatial au Bundestag

Klaus-Peter WILLSCH Président, Député CDU

BDLI - fédération aérospatiale allemande

Volker THUM Secrétaire Général

Evert DUDOK Président du BDLI-Espace et WILLSCH

Italie

Ministère italien de l'Education, de l'Université et de la Recherche

Stefania GIANNINI Ministre

Gianluigi BENEDETTI Conseiller diplomatique de la Ministre

Cabinet du Premier Ministre

Paolo PURI Conseiller militaire du Premier Ministre

ASI, Agence Spatiale Italienne

Roberto BATTISTON Président

Luxembourg

Ministère luxembourgeois de l'Economie

Marc SERRES Directeur des Affaires Spatiales

Mathias LINK Policy Officer - Direction des Affaires spatiales

Luxemburg Space Cluster

Yves ELSÉN Président

George SANTER Conseiller à la FEDIL

Patricia CONTI Directrice du secteur spatiale à Luxinnovation

Royaume-Uni

UKSA - agence spatiale britannique

David PARKER Directeur

Elizabeth COX International Relations Manager

Emily GRAVESTOCK Head of Applications Strategy

Chris CASTELLI Directeur des programmes

Catapult centre Satellite innovations

Antonia JENKINSON Chief Financial and Operating Officer

Steve SPITTLE Senior Earth Observation & Technology Specialist

ENTREPRISES

GIFAS - Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales

Marwan LAHOUD Président

Pierre BOURLOT Délégué Général du GIFAS

Anne BONDIOU-CLERGERIE Directrice Espace du GIFAS

Arianespace

Stéphane ISRAEL Président-Directeur général

Frédéric d'ALLEST Ancien Président

Jacques BRETON Vice-président en charge des ventes

Louis LAURENT Vice-président en charge des programmes

Luce FABREGUETTES Vice-présidente au développement commercial

Airbus Groupe

Tom ENDERS Président-Directeur général

Airbus Defence & Space

Nicolas CHAMUSSY Président d'Airbus Defence and Space SAS et Directeur Général de Space Systems (à partir du 1er juillet)

François AUQUE Président d'Airbus Defence and Space SAS et Directeur Général de Space Systems (jusqu'au 30 juin)

Alain WAGNER Relations Internationales et Institutionnelles Espace pour la France

Johannes Von THADDEN Directeur des affaires institutionnelles (Brême, Allemagne)

Bart REIJNEN	Senior Vice-Président des services en orbites (Brême, Allemagne)
Airbus Defence & Space Geo	
Philippe PHAM	Directeur Général Airbus DS Geo SA
Bernhard BRENNER	Head of Intelligence Business Cluster
OneWeb Satellites	
Eric de SAINTIGNON	Directeur des opérations
Airbus Safran Launchers	
Alain CHARMEAU	Président exécutif et directeur des programmes civils (ASL)
Pierre GODART	Directeur général de ASL GmbH et Directeur Financier ASL
Jürgen ACKERMANN	Secrétaire général
Mathias SPUDE	Directeur des relations institutionnelles (Brême, Allemagne)
Safran	
Philippe PETITCOLIN	Directeur général
Eric DALBIES	Directeur Groupe Stratégie et M&A
Bernard DELPIT	Directeur Financier Groupe
Jean-Lin FOURNEREAUX	Directeur Espace
Stéphane CUEILLE	Directeur Safran Tech
Thales Groupe	
Patrice CAINE	Président-Directeur général
Thales Alenia Space	
Jean-Loïc GALLE	Président-Directeur général
Riadh CAMMOUN	Vice-Président Affaires Publiques et Réglementaires
David PHILIPONA	Vice-Président <i>Disruptive Projects</i>
Thales Alenia Space Italie	
Donato AMOROSO	Directeur Général de TAS Italie
Giovanni FUGGETTA	Vice-Président Domain Observation and Navigation Italy
Telespazio	
Italie	
Luigi PASQUALI	Directeur général
Giuseppe ARIDON	Senior VP Strategy and Marketing
France	
Jean-Marc GARDIN	PDG Telespazio France
Corinne MAILLE	Directrice général adjointe Telespazio France
OHB	
Marco FUCHS	Président-Directeur général
Hans STEININGER	Directeur de la filiale d'OHB MT Aerospace
Alain BORIES	Directeur Stratégie et développement commercial
Fritz MERKLE	Conseiller, membre du Comité exécutif
AVIO	
Giulio RANZO	Directeur général
Pier Giuliano LASAGNI	Vice-Président et ancien PDG
Eutelsat	
Michel DE ROSEN	Président du Conseil d'administration
Rodolphe BELMER	Directeur général
Jean-François BUREAU	Directeur des Affaires Institutionnelles et Internationales
Yohann LEROY	Directeur technique
SES	
Karim Michel SABBAGH	Président Directeur général
John PURVIS	Executive Vice President & General Counsel
Christophe DE HAUWER	Chief Development Officer
Martin HALLIWELL	Chief Technology Officer
Giuseppe M. BARBERIS	Senior Vice President Legal Services Engineering & Business Development

Air Liquide	
Benoit POTIER	Président-Directeur général
François DARCHIS	Directeur de la société
Suzanne ROY	Vice-Présidente
Thierry SUEUR	Vice-président aux Affaires internationales
Xavier VIGOR	Directeur général d'Air Liquide Advance Technologies
Pierre-Etienne FRANC	Vice-président <i>advanced business and technologies</i>
Dominique BOUTELIER	Directeur General Air Liquide Spatial Guyane
Sodern	
Franck POIRRIER	Président-Directeur général
Véronique SEGUIN	Vice President Marketing, Sales & Communication
TKM - TecKnowMetrix	
Christophe LECANTE	PDG
Sofradir	
Philippe BENSUSSAN	PDG
CLS	
Christophe VASSAL	Président du Directoire
ATOS	
Stéphane JANICHEWSKI	Group Senior Vice President
Marc FERRER	global account executive - space
Magellium	
Jean-Pierre MADIER	Président-Directeur général
Christine FERNANDEZ-MARTIN	Responsable de l'Unité Earth Observation
Nexeya	
Philippe GAUTIER	Président-Directeur général
Dassault Aviation	
Laurent GATHIER	VP General Studies & Space Programs
Philippe DA SILVA PASSOS	Direction générale internationale
STMicroelectronics SA	
Claude DARDANNE	Executive Vice President
George PENALVER	Executive Vice President
General Electric	
Stéphane KLOTZ	Chargé des relations client
Fabrice BURGIO	Manager projet technique
Industriels de Kourou	
<i>CEGELEC</i>	Bernard ASSIE - Directeur
<i>CofelyEndel</i>	Patrice STEPHAN - Directeur Régional
<i>REGULUS</i>	Massimo EPIFANI - Directeur Général Délégué
Start-ups Toulousaines	
<i>FlightWatching</i>	Jean-Philippe BEAUJARD
<i>TerraNis</i>	David HELLO
<i>Earth^3</i>	Arnaud GUERIN et Renaud ALLIOUX
<i>Elements</i>	Stéphane Galinier, Didier Mesnier
<i>Imaging</i>	Inès Guth
Start-up du cluster d'Harwell, UK	
<i>Oxford Space Systems</i>	Shefali SHARMA

RECHERCHE, ÉDUCATION, CULTURE

ONERA - Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales	
Bruno SAINJON	Président -Directeur général

Thierry MICHAL	Directeur technique général
IRSTEA - Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture	
Jean-Marc BOURNIGAL	Président
ISAE SUPAERO - Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace	
Olivier LESBRE	Directeur général
Patrick FABIANI	Directeur de la recherche et des ressources pédagogiques
Université Paul Sabatier	
Pierre VINEL	Président
Université Grenoble Alpes	
Konstantin PROTASSOV	Vice-président en charge des Ressources et du Développement de l'Etablissement
Mathieu BARTHELEMY	Directeur du Centre Spatial Universitaire de Grenoble
Université de Guyane	
Richard LAGANIER	Président
CNRS Guyane	
Annaïg LE GUEN	Directrice
Université de Liège, BEL	
Albert CORHAY	Recteur
IRAP - Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie	
Philippe LOUARN	Directeur du laboratoire
Sylvestre MAURICE	Astrophysicien
MEDES - Institut de Médecine et de Physiologie spatiale	
Philippe HAZANE	Directeur
Raymond LE MOIGN	Directeur du CHU de Toulouse
RAL Space (Harwell, UK)	
Christopher T. MUTLOW	Director
Peter TRUSS	Head Business Development
Planète Sciences	
Jean-Pierre LEDEY	Président
Sophie GUIRAUDON	Directrice générale
Cité de l'Espace	
Jean-Baptiste DESBOIS	Directeur général
Jean-Claude DARDELET	Vice-président et Adjoint au Maire de Toulouse

ORGANISATIONS SYNDICALES

CFE-CGC Aéronautique Espace Défense	
Christophe DUMAS	Délégué administratif du bureau CFE-CGC Aéronautique Espace et Défense
Thierry PREFOL	Délégué Syndical Central AIRBUS Defence and Space Toulouse
Philippe GERY	Délégué Syndical Central HERAKLES Le Haillan
Bruno FERRY	Délégué Syndical Central ARIANESPACE
CGT Métallurgie	
Pascal CARLIER	Délégué Syndical HERAKLES Le Haillan
Benoît DALGALARRONDO	Délégué Syndical SNECMA
Jean-Jacques DESVIGNES	Délégué Syndical FTM
Pierre GIACOMINI	Délégué Syndical HERAKLES Le Haillan
Eric PESCHOT	Délégué Syndical CNES
Michel SCALAMON	Délégué Syndical AIRBUS DS Les Mureaux

CFDT Métal Iurgie

Odile DENIS	Secrétaire nationale - FGMM-CFDT
Franck UHLIG	Secrétaire fédéral - FGMM-CFDT
Jean-Marc LAVOIX	CFDT SAFRAN
Patrice RUELLAN	CFDT AIRBUS Group
Jean-Pierre QUEILLE	CFDT AIRBUS Group
Emmanuel MONTFORTE	CFDT THALES
Gilles MARCON	CFDT ONERA
Philippe DENEU	CFDT CNES

Force Ouvrière Métal Iurgie

Philippe FRAYSSE	Secrétaire Fédéral Fédération FO Métaux
Jean Damien BLOQUET	Coordinateur adjoint Airbus Group, Délégué Syndical Central adjoint d'Airbus Defence and Space
Eric BRUNET-MANQUAT	Secrétaire du CCE Thales Alénia Space
Marc COLOMBANI	Délégué syndical Thales Alénia Space Toulouse

AUTRES ENTRETIENS

Jean-Jacques DORDAIN	Directeur général honoraire de l'ESA
Claire JOLLY	Directrice du Forum spatial de l'OCDE
Lucien RAPP	Professeur agrégé de droit à l'Université Toulouse 1-Capitol
Philippe ACHILLEAS	Professeur agrégé de droit public à l'université de Caen
Perrine DELVILLE	Avocate et docteur en droit du spatial
Frédéric CASTEL	Journaliste de la BBC, spécialisé sur le spatial
Marie-Sophie PAWLAK	Présidente de l'association "Elles bougent"
Marius MARITZ	<i>Events & Operations Director</i> de China Wag, qui porte l'initiative <i>Space Mission</i>
Bruno ERIN	
Leonard SELLAM	Etudiant en dernière année de Supelec

La mission prie les personnes non mentionnées et qui auraient pu l'être de bien vouloir l'excuser, qu'elles fassent partie des nombreuses équipes rencontrées ou qu'elles aient été oubliées.

A. Deux agences spatiales pour une articulation nationale et européenne

Le CNES, l'agence spatiale française

Le Centre national d'études spatiales (CNES) a pour principale missions de proposer la politique spatiale au gouvernement et de la mettre en œuvre sur cinq domaines stratégiques : Lanceurs, Sciences, Observation, Télécommunications (y compris la navigation) et Défense.

Le décret du 28 juin 1984 relatif au Centre national d'études spatiales^[1] place le CNES sous la tutelle du ministre de la défense, du ministre chargé de l'espace et du ministre chargé de la recherche et ses missions sont précisées par l'article L331 du Code de la recherche :

- veille nationale et internationale ;
- proposition à la tutelle des programmes de recherche scientifiques et technologiques d'intérêt national : et responsabilité quant à leur mise en œuvre, en interne ou non, et à la diffusion de leurs résultats ;
- proposition et suivi des coopérations internationales dans le domaine spatial ;
- support à l'élaboration de la réglementation et à son application dans le cadre de la loi du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales ;
- tenue du registre d'immatriculation des objets spatiaux.
- gestionnaire du CSG, centre spatial guyanais, pour lequel le Président du CNES exerce la police spéciale de l'exploitation des installations^[2].
- responsable lors des lancements de la sécurité des biens et des personnes.

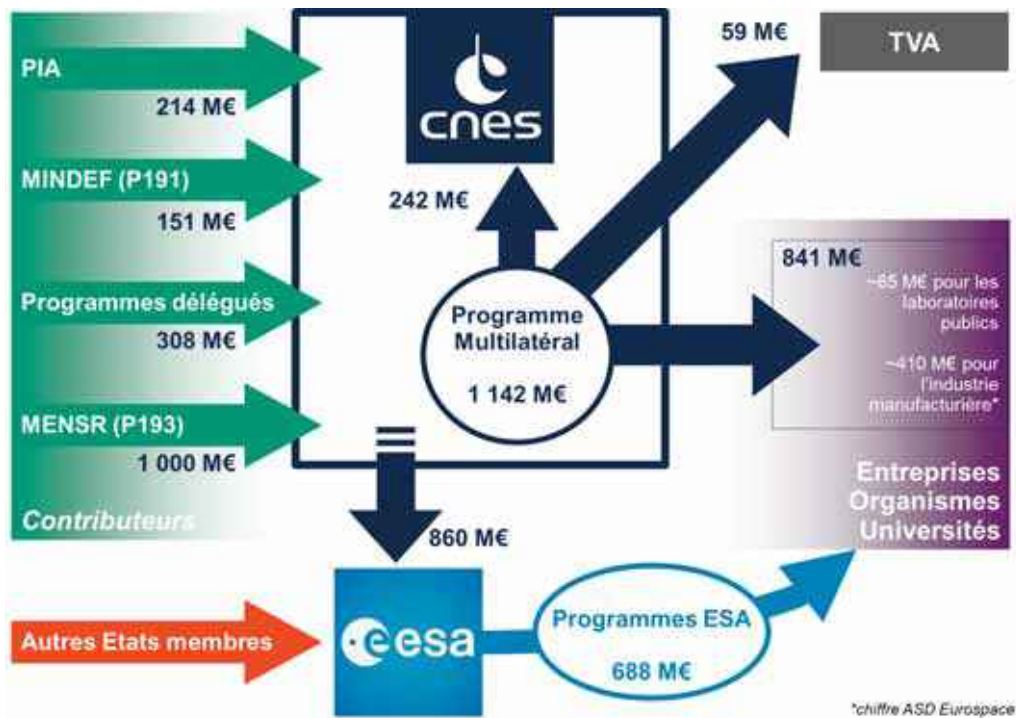
Dans les faits, il sert également de centre d'expertise dans le domaine spatial pour l'ensemble de l'Etat et assure l'animation de la filière française.

Le CNES a été créé en 1961 afin de coordonner les activités spatiales françaises, à l'époque centrées sur le développement du lanceur-fusée Diamant et des tout premiers satellites. Actuellement, le CNES recense plus de 2400 employés répartis sur 4 sites : le siège parisien (190 collaborateurs), la Direction des lanceurs au site de Paris Daumesnil (220 collaborateurs), le centre spatial de Toulouse pour les véhicules et systèmes orbitaux (1700 collaborateurs) et le centre spatial guyanais, port spatial européen (300 collaborateurs).

Le budget du CNES est de 2 066 M€ en 2015 (cf. annexe 6), dont 777 M€ sont la contribution nationale au budget de l'ESA (cf. annexe 6) où le CNES représente l'Etat français dans les différents comités de programmes. La vision macroscopique des flux financier est décrite dans le graphe ci-dessous.

^[1] Modifié par le décret du 25 janvier 2005

^[2] art. L331-8 du Code de la recherche



Flux financiers 2015 (source : CNES et ASD-Eurospace)

La structure du CNES, renouvelée au 1^{er} janvier 2016, est décrite dans l'organigramme suivant. On remarque notamment la création de la Direction de l'innovation, des applications et de la science, dans la logique de l'orientation stratégique décrite dans son Contrat d'Objectif et de Performance signé récemment avec le gouvernement.

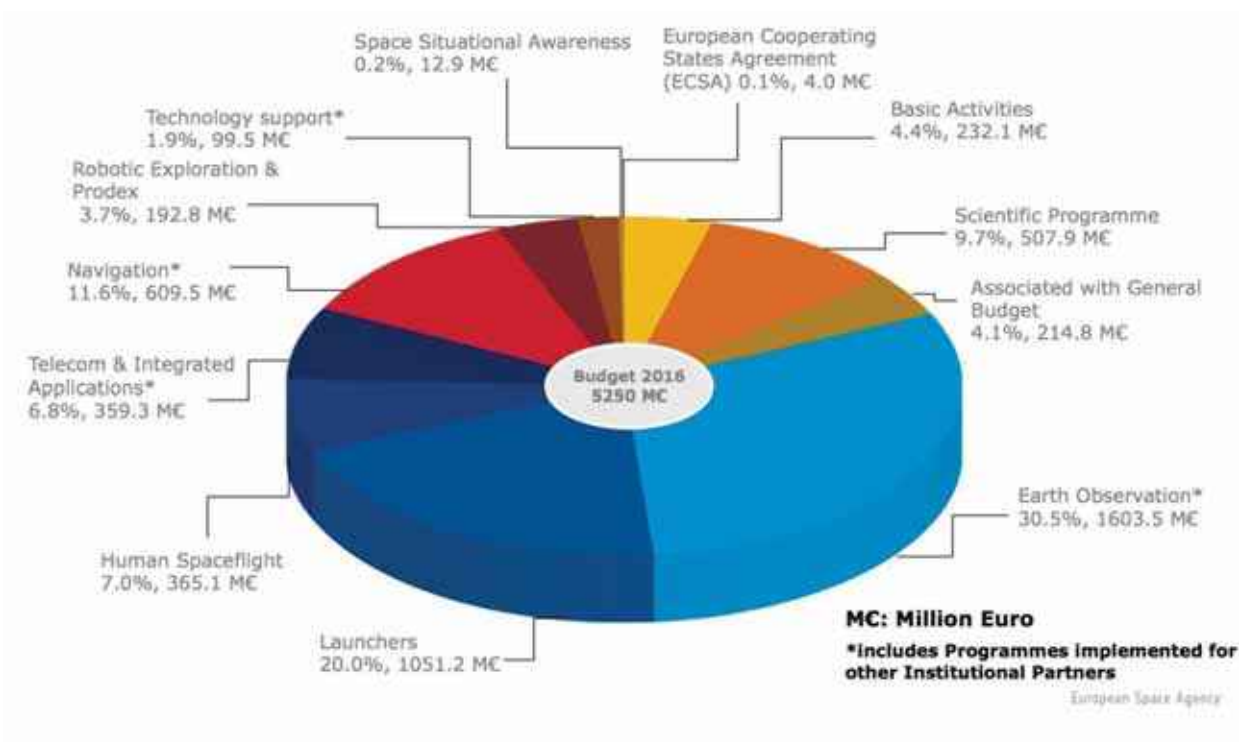


Organigramme du CNES (source : CNES)

L'ESA, agence spatiale européenne

L'ESA, agence spatiale européenne, est une agence intergouvernementale regroupant 22 membres : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la Roumanie, le Royaume-Uni, la Suède, la République Tchèque et la Suisse. Fondée en 1975, elle est par son budget (5,2 Md€ en 2016) la troisième agence spatiale dans le monde, après la NASA et l'agence spatiale fédérale russe.

L'agence a pour objectif de développer la coopération entre les États européens dans le domaine spatial. Ses missions sont définies dans la Convention de l'ESA¹ (cf. annexe 9). L'agence couvre l'ensemble des domaines spatiaux civils, notamment les sciences (exploration spatiale, astrophysique, physique fondamentale), la recherche dans le domaine des technologies spatiales, les vols habités par notamment la participation à l'ISS, la station spatiale internationale, le développement des lanceurs, l'étude et l'observation de la Terre, la navigation par satellite avec le programme Galileo, les télécommunications et les applications des données spatiales (cf. graphique Budget de l'ESA par domaine)



Budget 2016 de l'ESA par domaine (Source : ESA)

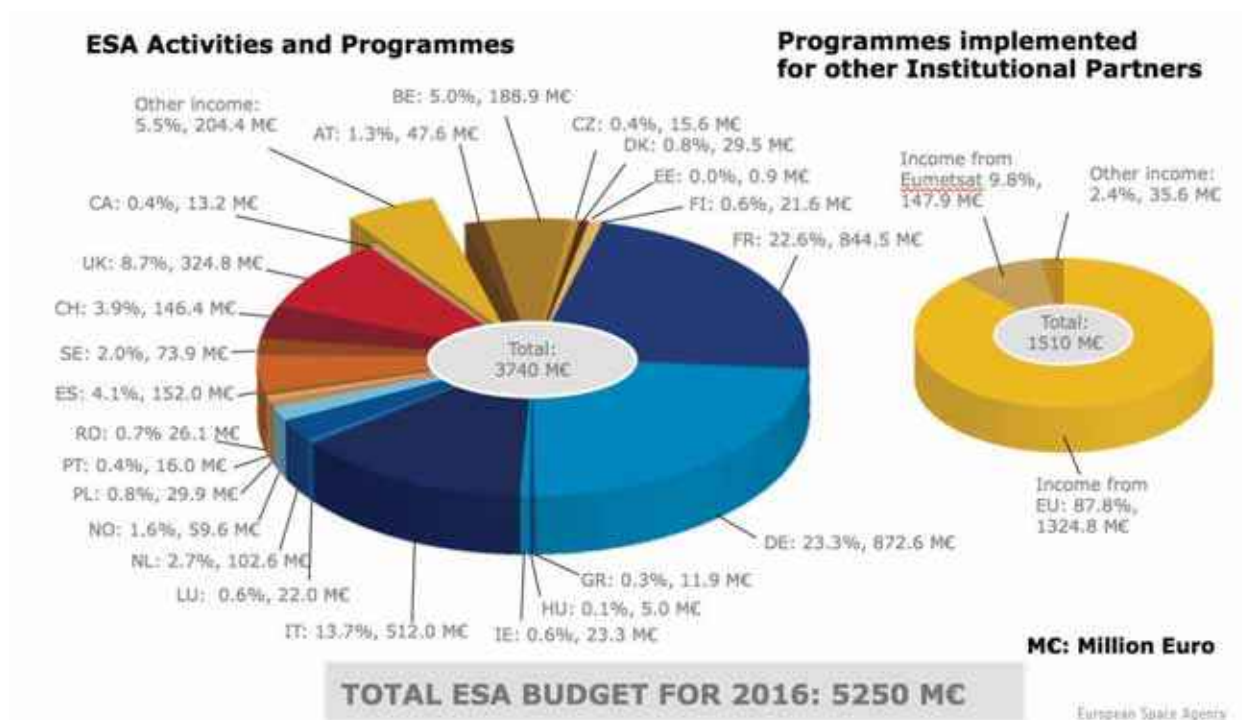
Le siège se trouve à Paris, et les centres thématiques sont répartis en Europe :

- l'ESTEC, Centre européen de technologie spatiale (Noordwijk, Pays-Bas) ;
- l'ESOC, Centre européen d'opérations spatiales, en charge des opérations de commande et contrôle en orbite des satellites de l'ESA (Darmstadt, Allemagne) ;
- l'EAC, Centre des Astronautes européens, (Cologne, Allemagne).
- L'ESRIN, Institut européen de Recherches spatiales, en charge de la collecte, le stockage et la distribution des données satellitaires et centre des technologies de l'information (Frascati, Italie).
- L'ESAC, Centre européen de l'Astronomie spatiale, en charge de la collecte, l'archivage et la distribution de données issues des missions astronomiques et planétaires (Villafranca, Espagne) ;

¹ Décret n° 80-1004 du 10 décembre 1980 portant publication de la convention portant création d'une Agence spatiale européenne, ensemble cinq annexes, faite à Paris le 30 mai 1975

- L'ECSAT, Centre européen des applications spatiales et des télécommunications (Harwell, Royaume-Uni)

La stratégie de l'ESA est définie par un conseil dans lequel chaque pays membre dispose d'un représentant. Pour environ un quart de son budget, l'agence se positionne en maîtrise d'ouvrage pour le compte de l'Union européenne (Galileo et Copernicus) et d'EUMETSAT. Le budget restant constitue le budget propre ESA, qui se décompose en activités obligatoires pour environ 20% du budget total (programmes scientifiques et d'animation principalement et frais de fonctionnement), financés par les pays membres proportionnellement à leur PIB et en programmes facultatifs, auxquels les Etats participent librement. Le quart du budget est fourni par l'Union européenne et EUMETSAT pour le développement du segment spatial de ces programmes gérés par ces institutions.



Contributions par pays au budget 2016 de l'ESA (Source: ESA)

L'agence spatiale européenne confie, après sélection sur appel d'offres, les travaux de recherche et le développement de ses programmes aux universités, instituts et industriels des pays membres, en assurant un équilibre entre les quatre piliers de la politique industrielle de l'ESA : efficacité économique, soutien à la compétitivité de la filière européenne, participation équitable et, si cela est compatible avec les trois autres piliers, mise en concurrence. En pratique, le troisième pilier est mis en œuvre par la règle du retour géographique : les dépenses de l'agence dans chaque pays sont au *pro rata* de la contribution (cf. encadré du chapitre 4).

B. Les acteurs publics et parapublics

Le document de politique spatiale britannique (*National Space Policy*), publié en décembre 2015, s'ouvre sur une présentation synthétique des rôles et des responsabilités des différentes parties prenantes de l'espace au Royaume Uni. En France, le paysage est sans doute plus complexe, mais l'exercice devrait être régulièrement réalisé.

Les acteurs institutionnels publics français en relation avec le secteur spatial, dont voici quelques exemples, peuvent se regrouper en six catégories.

Au sein du gouvernement

- le secrétariat d'Etat à l'enseignement supérieur et à la recherche, sous la tutelle du Ministère de l'éducation, de l'enseignement supérieur et de la recherche, en charge de la politique spatiale¹ et de la politique d'enseignement supérieur et de recherche, représente la France aux Comité de l'ESA, exerce la tutelle du CNES², des organismes de recherche et d'enseignement supérieur,
- le ministère de la défense exerce la tutelle du CNES³, de l'ONERA et de l'ISAE-Supaero notamment, contrôle et soutient les exportations, et utilise pour ses missions les infrastructures spatiales,
- le ministère en charge de l'économie et de l'industrie est en charge de la politique industrielle en général et des participations de l'Etat dans les entreprises privées,
- le ministère de l'éducation nationale est en charge de l'enseignement scolaire, vecteur de diffusion de la culture scientifique et spatiale, ainsi que de l'enseignement supérieur et la recherche,
- le ministère des affaires étrangères suit avec le CNES les questions de coopération internationale dans le domaine de l'espace,
- le reste du gouvernement, notamment le ministère en charge de l'environnement, de l'énergie et de la mer et le secrétariat d'Etat chargé des Relations internationales sur le climat, chargé des transports, de la mer et de la pêche, peuvent mener des politiques qui utilisent les services et les applications spatiales.

Les agences

- le CNES, l'agence française spatiale chargée de proposer et de conduire la mise en œuvre de la politique spatiale (cf. paragraphe précédent),
- les agences spécialisées, comme l'agence nationale des fréquences, qui soutient les acteurs français dans l'obtention de positions orbitales,
- au niveau européen, l'ESA et les agences spécialisées (EUMETSAT pour les données météo, Agence nationale de défense pour les questions de sécurité, GSA pour Galileo, etc.).

Les instituts ayant une mission de service public

MétéoFrance, en charge des prévisions météorologiques ou l'IGN, en charge de l'information géographique et forestière, utilisent notamment des données spatiales.

Les centres et structures de recherche

- sur des problématiques technologiques, l'ONERA, centre français de recherche aérospatiale et d'autres organismes comme, par exemple, le CEA Tech, travaillent au développement de briques technologiques pour l'industrie spatiale,
- sur des problématiques scientifiques, le CNRS et certaines universités travaillent sur les missions d'exploration et sur la connaissance de l'univers,
- le pôle THEIA et l'Equipex GEOSUD proposent aux acteurs des autres disciplines scientifiques de les accompagner dans l'utilisation de données d'origine spatiale.

Les centres de formation proposant des offres de formation initiale ou continue tournées vers les métiers du spatial

- l'ISAE-Supaero et les trois CSU (formation initiale)
- ISU, AEROCAMPUS Aquitaine, etc. (formation continue).

¹ Décret n° 2015-818 du 6 juillet 2015 relatif aux attributions déléguées au secrétaire d'Etat chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche

² Le Décret n°84-510 du 28 juin 1984 relatif au Centre national d'études spatiales place le CNES sous la tutelle du ministre de la défense, du ministre chargé de l'espace et du ministre chargé de la recherche.

³ Le Décret n°84-510 du 28 juin 1984 relatif au Centre national d'études spatiales place le CNES sous la tutelle du ministre de la défense, du ministre chargé de l'espace et du ministre chargé de la recherche.

Les acteurs d'animation :

- l'animation économique se fait notamment autour des trois Pôles de compétitivité « spatiaux » - Aerospace Valley, Astec, Safe - qui animent la filière, des boosters (cf. chapitre 2) qui font le pont entre le spatial et les secteurs applicatifs des données spatiales et des incubateurs, notamment les incubateurs labellisés ESA-BIC ou l'incubateur Starburst à Paris,
- la diffusion de la culture spatiale vers le grand public est assurée par les centres de culture scientifique, généralistes (Universcience et les CCSTI) ou spécialistes (Cité de l'Espace à Toulouse) et par des associations de diffusion de la culture scientifique et spatiale, comme par exemple Planète science.

C. Les acteurs industriels

Le GIFAS, groupement des industries françaises aéronautique et spatiale, est la fédération professionnelle qui regroupe des entreprises de toute taille travaillant au développement de produits et services dans les domaines aéronautique et spatial, de l'amont à l'aval. Les activités du secteur privé se décomposent selon le schéma classique du domaine spatial, de l'« amont » à l'« aval » : les lanceurs, les objets orbitaux, les segments sols et les données spatiales.

Les principaux intégrateurs se positionnent sur une grande partie de la chaîne de valeur :

- **Airbus Defense and Space**, filiale à 100% d'Airbus, se positionne, soit directement, soit par l'intermédiaire de ses filiales (ASL ou Airbus Geo) et sur l'ensemble de ses sites répartis en Europe, sur l'ensemble de la chaîne de la valeur.
- **Airbus Safran Launcher**, ASL, est la nouvelle filiale d'Airbus et Safran qui porte l'industrie des lanceurs français civils - les différentes versions d'Ariane - et militaire - le M51. ASL est l'actionnaire principal d'Arianespace, opérateur de lancements européen depuis la base de Kourou en Guyane.
- La *Space Alliance* entre Thalès et Leonardo (anciennement Finmeccanica) explicite un partage des rôles entre leurs deux filiales communes :
 - **Thalès Alenia Space**, filiale à 66% de Thalès et à 33% de Leonardo, se concentre sur la production de satellites
 - **Telespazio**, filiale à 33% de Thalès et 66% de Leonardo, investit le domaine des services qui peuvent être fournis par la donnée.

Les équipementiers et sous-traitants sont généralement très spécialisés et offrent aux intégrateurs des éléments d'une très grande technicité. Pour la plupart d'entre eux, le spatial n'est plus l'activité principale. Par exemple :

- **Safran** qui offre des technologies de propulsion électrique
- **Sodern** produit les viseurs d'étoile d'un grand nombre d'objets orbitaux
- **Sofradir** produit des détecteurs infrarouges à l'état de l'art mondial
- **ST Microelectronics** permet de disposer de composants performants européens
- **Air Liquide** propose les services de cryogénie
- **Nexeya** propose par exemple des structures composites,
- **Saft** est leader mondial dans les batteries de haute technicité.

La fourniture des services à partir de données spatiales a traditionnellement été investie par les grands groupes, Airbus Defense and Space et Telespazio notamment ou Eutelsat, troisième acteur mondial de télécommunication par satellites. L'excellence française a permis de faire croître de belles PME et ETI, Magellium et CLS (filiale du CNES) par exemple. Ce secteur est également le secteur spatial où la création de start-ups est la plus importante.

Ci-dessous, afin d'avoir un aperçu des domaines que peuvent couvrir les créations d'entreprises liées au secteur, quelques exemples de start-ups françaises¹ incubées par des structures à composante spatiale :

BIC ESA Sud France

Aguila Technologie propose une gamme de produits et solutions Machine to Machine (M2M) basées sur différentes technologies de communication.

AirMems conçoit, fabrique et commercialise des circuits électroniques radiofréquence sur la base d'une rupture technologique (MEMS RF).

Coovia permet l'utilisation des sièges vides des voitures grâce à un réseau d'interMobilité.

CynSIS SAS conçoit des dispositifs fiables et innovants pour structurer et partager des données en cas de catastrophe environnementale.

Elements fournit des systèmes intelligents au secteur nucléaire.

FlyOps améliore la connectivité des aéronefs lorsqu'ils opèrent et lorsqu'ils sont en vol.

IIDRE permet la visualisation en temps réel ou différé des informations reliées à la géolocalisation en intérieur.

Imaging permet la production de données géo-référencées pour la gestion des réseaux de transports.

INNERSENSE permet le remplacement des catalogues mobiliers 'classiques' par une nouvelle génération d'outils accessibles directement sur portables et tablettes.

Innov'Atm conçoit des solutions d'aide à la décision dédiées au contrôle de trafic aérien.

I-SEA fournit à la communauté littorale des cartes bathymétriques précises.

IzarGolf développe des logiciels et les services associés ayant pour objectif de moderniser la pratique du golf en rapprochant les joueurs et les clubs de golf.

OPT'ALM développe un procédé permettant de transposer au domaine aéronautique l'utilisation de techniques utilisées initialement dans la conception des satellites.

QUCIT permet de réduire la pollution et le gaspillage de ressources naturelles en développant des solutions pour fluidifier la mobilité urbaine.

SUNBIRDS conçoit des drones aériens solaires à usage civil.

SYNTONY offre des produits GNSS (GPS, GALILEO), récepteurs embarqués et simulateurs de constellation, en radio logicielle.

TERRANIS développe une plateforme permettant de fournir des services d'aide à la décision dans les domaines de l'agriculture et de l'environnement.

TRAXxs développe des systèmes miniaturisés de géolocalisation *low power* intégrés dans des chaussures connectées.

USE propose une expertise et des produits innovants dans le domaine des télécommunications par satellite.

Whoog développe une application mobile gratuite qui permet aux utilisateurs de gérer rapidement une urgence grâce au soutien de leur communauté.

Starburst Accelerator

Octip offre des solutions de communication pour les experts dans les télécommunications et les applications smartphones (partenariat avec Satcom1).

Cosmica Spacelines travaille à une offre de vols spatiaux suborbitaux pour passagers.

TrustinSoft réalise des analyses de sécurité de codes open source, notamment dans le domaine spatial.

¹ Inventaire réalisé à l'occasion d'une étude réalisée par la société TKM en mars 2016

ANNEXE 7 - LES ORBITES TERRESTRES

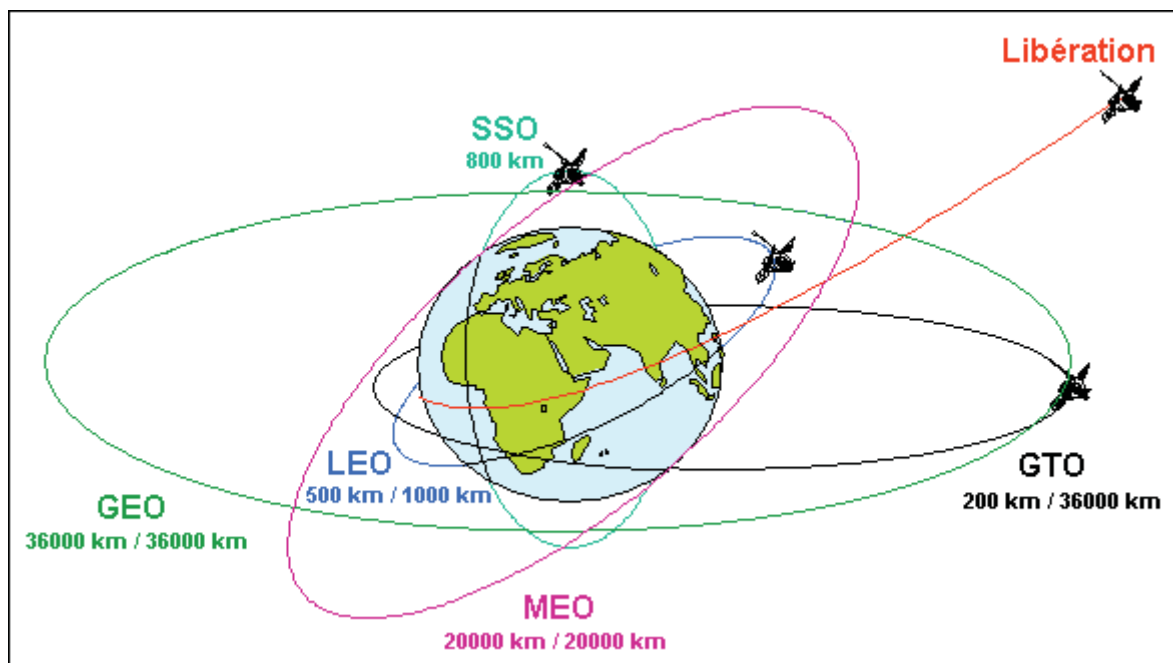
Les **orbites circulaires ou quasi-circulaires** sont généralement classées en 3 catégories, selon leur altitude :

- l'**orbite terrestre basse**, dite **LEO** (Low Earth Orbit), a une altitude comprise entre 200 et 2000 km. On y retrouve des satellites de télédétection, des satellites de télécommunications ainsi que la Station Spatiale Internationale (ISS). L'ISS fait l'objet, avec l'orbite géostationnaire, d'une attention particulière, notamment en ce qui concerne la prolifération des débris spatiaux.
- l'**orbite terrestre moyenne**, dite **MEO** (Medium Earth Orbit), a une altitude de 2000 à 36 000 km. On y retrouve par exemple la constellation de télécommunication O3B.
- l'**orbite terrestre géostationnaire**, dite **GEO** (Geostationary Earth Orbit), est une orbite dans le plan de l'équateur et à une altitude de 36 000 km. Un satellite sur cette orbite a exactement la même période de rotation que la Terre et se situe donc toujours à la verticale du même point de la surface terrestre.

Un objet en **orbite polaire** survole les pôles à chaque révolution et permet de survoler quasiment l'ensemble du globe.

Un satellite avec une **orbite héliosynchrone** (SSO, Sun Synchronous Orbit) passe toujours à la même heure solaire au-dessus d'un même point. Cette orbite est d'un grand intérêt pour l'observation de la Terre : elle permet d'observer une même région dans des conditions d'éclairage similaires à chaque passage.

Il existe également des **orbites elliptiques**, parmi lesquelles on trouve en particulier les orbites de transfert vers l'orbite géostationnaire (GTO), et des orbites non fermées, qui sont décrites par les objets qui doivent se libérer de l'attraction terrestre, comme les sondes d'exploration.



Les différents types d'orbites terrestres (Source : CNES)

Documents français ayant trait à l'espace et à la politique spatiale

Projet de rapport d'information sur la politique spatiale européenne, présenté par Joaquim Pueyo et Bernard Deflesselles et dont les conclusions ont été approuvées le 12 juillet 2016 par la Commission des affaires européennes de l'Assemblée nationale

Le centre spatial de Toulouse du CNES (exercices 2008-2014), rapport de la Cour des comptes, mai 2016

L'espace sans limite... à portée de main - Prospectif stratégique N° 45, CEPS, avril 2016

Rapport d'évaluation du Centre National d'Études Spatiales - CNES, HCERES, janvier 2015

Les enjeux et perspectives de la politique spatiale européenne, Rapport de Catherine Procaccia et Bruno Sido, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, nov 2012

Stratégie spatiale française, ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, mars 2012

Décret n°84-510 du 28 juin 1984 relatif au Centre national d'études spatiales.

Convention de l'ESA

Articles L331-1 à L331-8 du code de la recherche

Documents d'accès restreint :

Note des autorités française ayant pour objet la stratégie spatiale européenne, avril 2016

Contrat d'objectifs et de performances du CNES 2016-2020 - Innovation et inspiration, signé par le Secrétaire d'Etat à l'enseignement supérieur et à la recherche et le Président du CNES le 15 décembre 2015

Documents européens et internationaux ayant trait à l'espace

Satellites and space, House of Commons, Science and Technology Committee, Third Report of Session 2016-17, juin 2016

NewSpace - Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft. Chancen für Deutschland und Europa in einer vernetzten Welt, space-tec partners et BHO Legal pour le BMWi, avril 2016 (résumé executive disponible en anglais sous le titre *NewSpace - New Business Models at the Interface of Space Industry and Digital Economy*)

UK National Space Policy, Gouvernement britannique (HM Government), décembre 2015

The Case for Space 2015, the impact of space on the UK economy, London Economics pour l'UKSA, juillet 2015

UK Space Innovation and Growth Strategy - 2015 Update report, Innovation and Growth Strategy Team, juillet 2015

NASA Cost estimating handbook - version 4.0, NASA, avril 2015

Évaluation détaillée des répercussions socioéconomiques du secteur spatial canadien, document préparé par Euroconsult pour le compte de l'Agence spatiale canadienne, mars 2015

The Space Economy at a Glance 2014, OCDE, octobre 2014

Space Innovation and Growth Strategy 2014-2030 - Space Growth Action Plan

NASA Socioeconomic impacts, The Tauri Group pour la NASA, avril 2013

Plan d'action national en matière de sciences et technologies spatiales, Gouvernement du Grand-Duché du Luxembourg, octobre 2012

Making Germany's space sector fit for the future - The space strategy of the German Federal Government, Ministère fédéral de l'économie et des technologies (BMWi), novembre 2010

Autres documents

Industrial Data Space - Digital sovereignty over data, white paper de la Fraunhofer-Gesellschaft, publié en 2016.

Quinze ans de politiques d'innovation en France, rapport de la Commission nationale d'évaluation des politiques d'innovation - France Stratégie, janvier 2016 par France Stratégie.

Les Centres Catapult, n° 77 de Science et technologie au Royaume Uni, journal d'information du Service pour la science et la technologie de l'ambassade de France à Londres, décembre 2015.

Rapport de la mission sur l'évaluation de la contribution française aux programmes cadre de recherche et développement technologique, Inspection générale des finances (IGF), Inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche (IGAENR) et Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGE), décembre 2015

Stratégie nationale de recherche - France Europe 2020: préconisations du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2014 puis rapport final, Secrétariat d'Etat à la recherche et à l'enseignement supérieur, mars 2015

Un principe et sept ambitions pour l'innovation, Commission Innovation présidée par Anne Lauvergeon, remis au Président de la République en octobre 2013

ANNEXE 9 - CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Couverture

Météorite de Caille à la Cité de l'Espace de Toulouse - Cité de l'Espace/ HUYNH Manuel

Satellite d'observation de la Terre Sentinel 2 - ESA/CARRIL Pierre, 2007

Robot Rover Curiosity de la mission Mars Science Laboratory - NASA/JPL Caltech, 2011

Illustration d'un décollage du lanceur Ariane 6, version 4 boosters - ESA/DUCROS David, 2016

Page 9

Illustration d'un décollage du lanceur Ariane 6, version 4 boosters - ESA/DUCROS David, 2016

Page 11

Lancement d'Ariane 1, vol L01 - CNES/, 1979

Ariane 2 sur son pas de tir pour le vol 26 - CNES/, 1988

Premier lancement d'Ariane 3 - CNES/CSG Service Optique, 1984

Décollage du lanceur Ariane 401 - CNES/PARIS Bernard, 1988

Décollage Ariane 5 ECA, vol 221 - CNES/Optique Vidéo CSG, 2014

Page 13

Vue aérienne de l'ensemble de lancement n°3 - CNES/CORVA Stéphane, 2004

Page 14

Décollage du lanceur Ariane 5 ECA, vol 209 - CNES/Optique Vidéo CSG, 2012

Page 21

Conteneur Emergesat déployé au Tchad - CNES/COLLOT Philippe, 2007

Page 26

Vue de la Grèce et du golfe de Corinthe depuis l'ISS - NASA/, 2002

Page 47

Illustration du satellite Pléiades - CNES/Mira Productions/PAROT Rémy, 2012

Page 48

Cubesats en orbite autour de la Terre - ESA/Medialab

Page 55

Illustration d'un décollage du lanceur Ariane 6, version 2 boosters depuis le futur pas de tir Ariane 6 - ESA/DUCROS David, 2016

Page 67

Rover MSL Curiosity - NASA/JPL Caltech, 2011

Page 74

Stratobus - TAS

Page 83

Préparation aux essais du satellite Taranis -CNES/GRIMAULT Emmanuel, 2016

Page 84

MERIS Mosaic of Europe - ESA, 2010

Page 119

Trace d'impact sur la station spatiale internationale - NASA/PEAKE Tim, 2016

Page 128

Atterrissage de Philae sur la comète Churyumov-Gerasimenko - CNES/DUCROS David, 2014

Page 129

Illustration du projet Moon Village -ESA/Fosters + Partners

Page 137

La Terre vue depuis la station Mir - CNES/HAGNERE Jean-Pierre, 1999

