

R É A L I T É S INDUSTRIELLES

MAI 2012 • PRIX : 23 €

Les industries de l'espace

Hors dossier :

La crise économique
et financière en Europe :
synthèse de la conférence
donnée par M. Paul Krugman
à la Maison de l'Amérique
Latine, le 12 janvier 2012



UNE SÉRIE DES

**ANNALES
DES
MINES**

FONDÉES EN 1794

ISSN 1148.7941

ISBN 978-2-7472-1908-2



*Publiées avec le soutien
du ministère de l'Économie,
des Finances et de l'Industrie*

 Editions
ESKA

Éditorial

Emmanuel SARTORIUS

L'origine de l'aventure spatiale ne remonte qu'à un peu plus d'un demi-siècle : le premier satellite artificiel de la Terre, Spoutnik 1, a en effet été lancé le 4 octobre 1957.

Depuis lors, que de chemin parcouru, au sens propre comme au sens figuré !

L'Homme a marché sur la Lune. Des engins fabriqués de sa main sont allés se poser sur Mars et sur Titan, le plus gros satellite de Saturne. Ils ont exploré les confins du système solaire. En termes de performances, on est passé des 83 kilogrammes de Spoutnik 1 aux 5 tonnes (au lancement) courantes pour les satellites de télécommunications actuels. Enfin, même si nous ne nous en rendons pas compte, les satellites font désormais partie de notre vie, qu'il s'agisse de recevoir la télévision, de connaître les prévisions météorologiques ou de se guider en voiture, pour ne prendre que des exemples triviaux.

Le contexte dans lequel s'exercent les activités spatiales a lui aussi beaucoup changé, au cours des cinquante-cinq années qui se sont écoulées depuis le lancement de Spoutnik 1. Au départ, il s'agissait avant tout, dans le contexte de la Guerre froide, d'une affirmation de force de la part des deux superpuissances, les Etats-Unis et l'Union soviétique. Cette confrontation a culminé avec la mission Apollo 11 et les premiers pas effectués par un homme - un Américain - sur la Lune. Les principaux pays européens (la France en tête, mais aussi le Royaume-Uni, l'Italie et l'Allemagne) leur ont rapidement emboîté le pas, de même que le Japon. Par la suite, des pays comme Israël et l'Iran se sont dotés de capacités de lancement de satellites. Mais ce sont surtout la Chine et l'Inde qui entrent aujourd'hui en force dans le club fermé des puissances spatiales.

Les pays européens ont rapidement ressenti la nécessité d'unir leurs efforts dans ce domaine, avec des résultats mitigés : échec de l'ELDO pour les lanceurs, succès d'estime pour les satellites de l'ESRO. Néanmoins, ils ont su rebondir en fusionnant en 1975 ces deux organisations au sein de l'Agence spatiale européenne (ASE), qui a connu de nombreux succès, notamment dans le domaine scientifique et dans celui de l'exploration de l'univers. Enfin, le traité de Lisbonne a doté l'Union européenne d'une capacité pleine et entière en matière de politique spatiale. L'Union est même chargée d'élaborer une politique spatiale visant à favoriser le progrès scientifique et technique, ainsi que la compétitivité industrielle et la mise en œuvre de ses politiques.

Les défis auxquels est confrontée aujourd'hui l'Europe de l'Espace sont donc nombreux. J'en retiendrai cinq.

Le premier défi est évidemment la mise en place d'une gouvernance européenne qui intègre harmonieusement et efficacement l'Union européenne et ses institutions (Commission, Conseil et Parlement européens), l'Agence spatiale européenne, ainsi que les États membres et leurs agences nationales (dont le CNES, pour la France).

Le second défi est de répondre aux besoins des citoyens européens et des grandes politiques publiques (télécommunications, météorologie, gestion des ressources naturelles et des risques, navigation-localisation...). Il faut souligner ici le rôle de premier plan au niveau mondial que peut jouer l'Europe en matière de prévention et de gestion des risques, de protection de l'environnement et de gestion des ressources de la planète, sur des thèmes aussi importants pour l'avenir de l'humanité que la gestion du cycle du carbone ou celle des ressources agricoles et des ressources en eau.

Le troisième défi est de répondre aux besoins de l'Europe en matière de défense et de sécurité. Depuis la première guerre d'Irak (1991), il n'y a plus d'opérations militaires sans utilisation de capacités spatiales. Mais l'enjeu de sécurité n'est pas seulement militaire : l'encombrement de l'espace par toutes sortes de débris et de satellites en fin de vie en est un autre, qui ne peut être résolu que par la mise en place de systèmes de surveillance de l'espace.

L'exploration de l'univers est le quatrième défi. Depuis toujours, l'Homme a voulu aller plus loin. Après avoir (presque) complètement achevé l'exploration de sa propre planète au début du XX^e siècle, il a entrepris d'aller sur la Lune. Le prochain objectif naturel est Mars, mais les défis technologiques à relever sont encore nombreux, même s'ils constituent un puissant moteur de progrès et d'innovation.

Enfin, le cinquième et dernier défi (mais non le moindre pour l'Europe) est celui de l'indépendance technologique et d'un accès autonome à l'espace. Un Etat (ou un groupe d'Etats, dans le cas de l'Europe) ne peut pas avoir de vraie politique spatiale sans disposer d'une maîtrise propre de toutes les technologies dont il a besoin pour la réalisation de satellites. Il ne peut pas non plus avoir de vraie politique spatiale s'il est dépendant de pays tiers pour ses lancements.

Au travers de ses articles, ce numéro de *Réalités Industrielles* apporte un éclairage sur ces différents aspects, qui sont déterminants pour l'avenir des politiques spatiales de l'Europe et de la France.

R É A L I T É S INDUSTRIELLES

UNE SÉRIE DES
**ANNALES
DES
MINES**
FONDÉES EN 1794

Rédaction

120, rue de Bercy - Télédock 797
75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
Fax : 01 53 18 52 72
<http://www.annales.org>

Pierre Couveinhes, rédacteur en chef

Gérard Comby, secrétaire général de la série
« Réalités Industrielles »

Martine Huet, assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier, lecteur

Comité de rédaction de la série
« Réalités industrielles » :

Michel Matheu, président,
Pierre Amouyel,
Grégoire Postel-Vinay,
Claude Trink,
Bruno Sauvalle
Jean-Pierre Dardayrol
Pierre Couveinhes

Maquette conçue par
Tribord Amure

Iconographe
Christine de Coninck

Fabrication :
Marise Urbano - AGPA Editions
4, rue Camélinat
42000 Saint-Étienne
Tél. : 04 77 43 26 70
Fax : 04 77 41 85 04
e-mail : agpaedit@wanadoo.fr

Abonnements et ventes

Editions ESKA
12, rue du Quatre-Septembre
75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 65
Fax : 01 42 60 45 35
<http://www.eska.fr>

Directeur de la publication :

Serge Kebabtchieff
Editions ESKA SA
au capital de 40 000 €
Immatriculée au RC Paris
325 600 751 000 26

**Un bulletin d'abonnement est encarté
dans ce numéro page 124**

Vente au numéro par correspondance
et disponible dans les librairies suivantes :
Presses Universitaires de France - PARIS ;
Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ;
Marque-page - LE CREUSOT ;
Privat, Rive-gauche - PERPIGNAN ;
Transparence Ginestet - ALBI ;
Forum - RENNES ;
Mollat, Italique - BORDEAUX.

Publicité

J.-C. Michalon
directeur de la publicité
Espace Conseil et Communication
2, rue Pierre de Ronsard
78200 Mantes-la-Jolie
Tél. : 01 30 33 93 57
Fax : 01 30 33 93 58

Table des annonceurs

Annales des Mines : 2° - 3° et 4° de couverture

Illustration de couverture :

La Station spatiale internationale (ISS, au premier plan) et le Véhicule automatique de transfert (ATV, au second plan), vaisseau cargo spatial développé par l'Agence spatiale européenne en vue du ravitaillement de la station.
© Photo ESA/D. Ducros

S o m m a i r e

LES INDUSTRIES DE L'ESPACE

- 1 Éditorial**
Emmanuel SARTORIUS
- 5 Avant-propos**
Laurent WAUQUIEZ

Les enjeux

- 6 Le programme scientifique de l'Agence spatiale européenne (ASE)**
Jean-Jacques DORDAIN
- 16 La politique spatiale de la France**
Yannick d'ESCATHA
- 25 Quelles seraient les conséquences sur le plan militaire de la perte par la France de ses capacités spatiales ?**
Le Colonel Iñaky GARCIA-BROTONS et François RAFFENNE

De multiples domaines d'application

- 29 Espace et télécommunications**
Jean-Paul BRILLAUD
- 36 L'espace et les services**
Eric BÉRANGER
- 44 A nouveaux services, nouveaux entrants**
Alain BORIES
- 50 L'industrie spatiale est prête pour éclairer une politique environnementale**
Joël CHENET



-
- 55 **Perspectives d'exploration du système solaire**
Catherine CÉSARSKY et Richard BONNEVILLE
- 61 **L'accès indépendant à l'espace : une condition préalable à toute politique spatiale**
Jean-Yves LE GALL
- 66 **L'industrie spatiale européenne**
Anne BONDIOU-CLERGERIE et Jean-Jacques TORTORA

Les grands acteurs en dehors de l'Europe

- 75 **L'adaptation de la politique spatiale américaine aux changements internationaux**
Xavier PASCO
- 82 **La Russie et l'espace**
Isabelle SOURBÈS-VERGER
- 92 **La Chine et l'espace**
Isabelle SOURBÈS-VERGER

HORS DOSSIER

- 102 **La crise économique et financière en Europe et aux Etats-Unis. Compte rendu d'une conférence donnée par Paul Krugman le 31 janvier 2012 à la Maison de l'Amérique latine, à Paris**
Yves LE YAOUANQ et Nicolas GOVILLOT
- 110 **Biographies des auteurs**
- 115 **Résumés étrangers**



Avant-propos

Laurent WAUQUIEZ

Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

La France est la première puissance spatiale européenne et l'Europe figure parmi les trois grandes puissances spatiales mondiales. Nous sommes redevables aux décisions visionnaires du Général de Gaulle et à l'engagement des pères fondateurs qui nous ont permis de disposer avec le CNES d'une agence spatiale à l'excellence reconnue, d'acquérir un accès indépendant à l'espace grâce à Ariane et de développer des filières d'excellence dans l'observation ou les télécommunications. Nous devons avoir à cœur de poursuivre cette aventure avec nos partenaires européens.

L'espace connaît actuellement des évolutions profondes : les applications d'origine spatiale jouent un rôle toujours plus important dans notre vie quotidienne, de nouvelles puissances spatiales entrent en scène. Dans ce contexte, le gouvernement a rendu public le 22 mars dernier un document de référence pour rappeler les grands principes qui guident notre politique spatiale et préciser ses orientations pour l'avenir.

L'espace est évidemment un enjeu de souveraineté mais pas seulement : la politique spatiale est et doit être au service direct du citoyen. L'espace est aujourd'hui indispensable dans la vie de tous les Français comme pour le bon fonctionnement de l'Etat. C'est grâce à notre politique spatiale que nous pouvons recevoir partout par satellite la télévision et bientôt le très haut débit. C'est aussi grâce à l'espace que nous pouvons sauver des milliers de vies en améliorant les prévisions météorologiques et en localisant les personnes en détresse.

L'espace n'est pas un luxe dont on pourrait se passer par temps de crise. C'est au contraire un investissement d'avenir, qui fait progresser la science et nous donne une avance technologique précieuse. La politique spatiale permet le développement d'un secteur industriel créateur d'emplois hautement qualifiés et est un investissement rentable à long terme pour la puissance publique grâce aux applications et aux services qu'il suscite.

La communication est un aspect à part entière de la stratégie spatiale. Il convient de mieux faire connaître à tous les Français ce que la politique spatiale leur apporte. Je voudrais à ce titre féliciter les Annales des Mines d'avoir décidé de consacrer un numéro à l'espace. Je suis certain que la lecture de ce numéro intéressera les passionnés d'espace comme les néophytes et montrera à nos concitoyens que nous pouvons être fiers de la politique spatiale de notre pays.

Le programme scientifique de l'Agence spatiale européenne (ASE)

L'Europe est au premier rang des progrès de la connaissance à partir de missions spatiales.

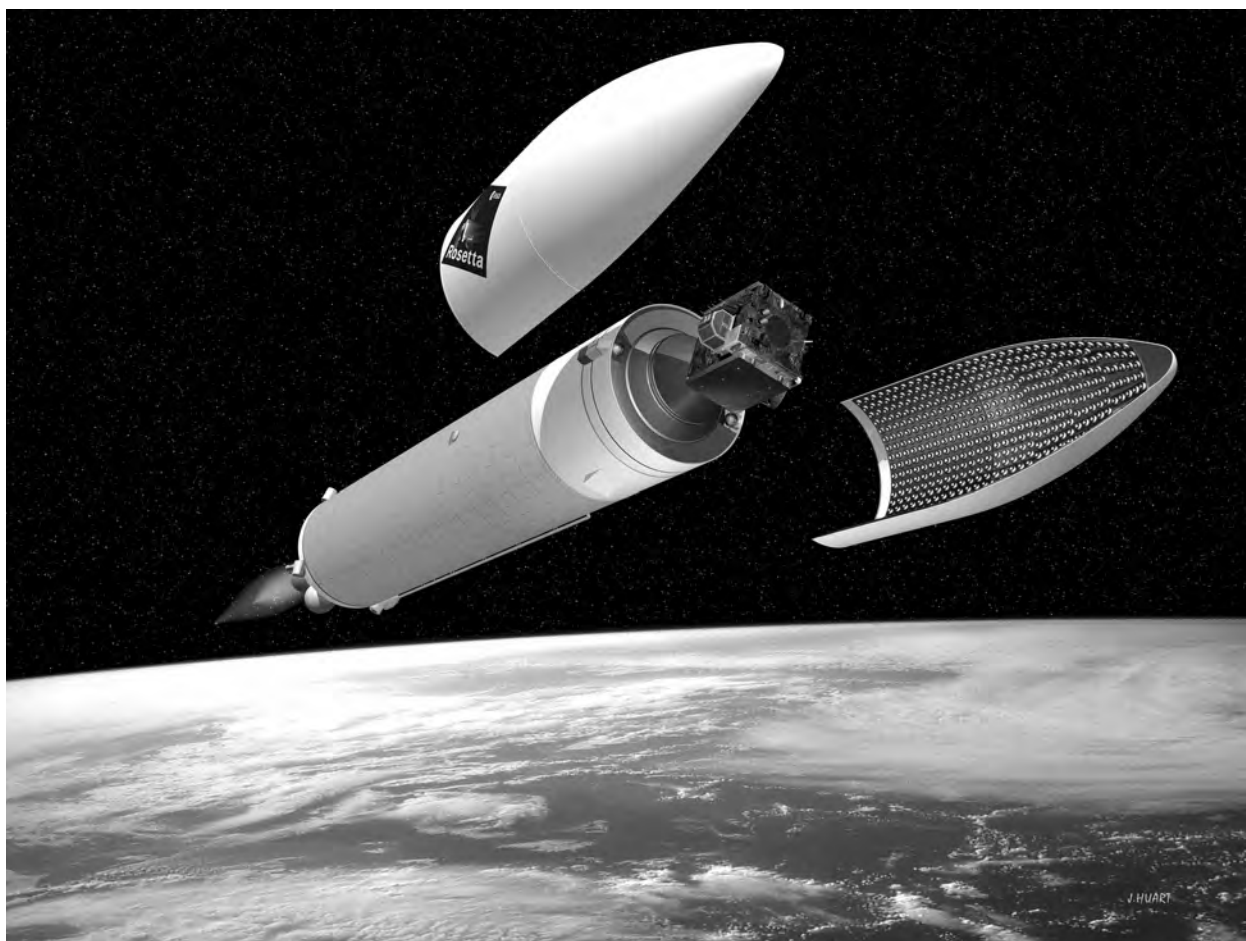
Au cours des trente dernières années, l'Europe a réalisé avec succès un grand nombre de premières dans les missions spatiales, qu'il s'agisse de l'exploration de l'Univers, de la découverte du système solaire, de la compréhension de notre planète ou des sciences exploitant les conditions uniques de l'environnement spatial.

Les exemples abondent, qu'il s'agisse de l'atterrissage d'une sonde sur Titan, la lune de Saturne, des missions autour de Mars et de Vénus, de celles visant à surveiller les glaces polaires ou la salinité de nos océans, ou encore de favoriser la compréhension des processus physiques en l'absence de pesanteur.

Cet impressionnant enchaînement de succès a permis à l'Europe de se placer au premier rang dans de nombreux domaines de ces disciplines scientifiques, de revendiquer des découvertes majeures et d'ouvrir la voie à des applications et à des services dérivés de ses progrès scientifiques. Ainsi, pour un budget modeste (en regard de ceux de ses principaux partenaires), l'Europe, au travers des programmes de l'Agence spatiale européenne (ASE) et de ceux de ses Etats, s'est dotée de moyens – en particulier d'une base technologique et industrielle compétitive et à la pointe de l'innovation – qu'elle a su mettre au service des communautés scientifiques européennes. Ce sont ces dernières qui définissent le contenu des programmes scientifiques de l'ASE, lesquels sont conduits en étroite coopération avec les Etats membres de l'ASE et leurs agences nationales respectives.

Par Jean-Jacques DORDAIN*

* Directeur Général de l'Agence spatiale européenne (ASE).



© ESA-CNES-ARIANESPACE/J. Huart

« Les précédents programmes, Horizon 2000 (préparé en 1984) et Horizon 2000 Plus (préparé en 1994-1995) ont permis, entre autres, d'explorer Mars, avec la sonde Mars Express, d'aller à la chasse aux comètes, avec Rosetta, et se sont conclus avec les succès exceptionnels des télescopes Herschel et Planck, en 2009 ». *Vue d'artiste du lanceur Ariane 5G+ transportant la sonde Rosetta.*

LES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES DE L'ASE

Dès l'origine de l'ASE, les activités scientifiques ont été au cœur de ses programmes, puisque cette agence a été créée sur une base scientifique, reprenant en 1975 l'héritage de l'Esro (*European Space Research Organisation*) qui avait été créée en 1964. Cet héritage est resté sous la forme du programme obligatoire qui couvre l'exploration de l'Univers et du système solaire, et la physique fondamentale, un programme auquel tous les États membres contribuent au prorata de leur PNB. A l'heure actuelle, ce programme représente un budget d'environ 470 millions d'euros par an, au sein d'un niveau de ressources dont le montant est fixé par tranche de trois ans. Mais ce programme de science spatiale n'est pas la seule activité scientifique conduite à l'ASE. Celle-ci a en effet désormais un programme scientifique sur la connaissance de la Terre (*via* des programmes d'observation et, plus récemment, *via* l'utilisation scientifique des satellites de localisation), ainsi qu'un programme portant sur l'utilisation de la microgravité, si bien qu'il

est plus exact de parler de programme(s) scientifique(s) de l'ASE – au pluriel.

Le contenu des différents programmes scientifiques de l'ASE est décidé par les scientifiques eux-mêmes, qui déterminent discipline par discipline les domaines de recherche prioritaires et qui sélectionnent les missions par des appels d'offres ouverts, sur la base d'une évaluation par les pairs.

Dans le cadre de la collaboration de l'ASE avec la communauté scientifique européenne pour identifier les missions de science spatiale prioritaires, le processus de consultation de 2004-2005 a permis de définir les thèmes du programme *Cosmic Vision 2020*, qui concernera des missions qui seront lancées entre 2015 et 2025. Les précédents programmes, Horizon 2000 (préparé en 1984) et Horizon 2000 Plus (préparé en 1994-1995) ont permis, entre autres, d'explorer Mars, avec la sonde Mars Express, d'aller à la chasse aux comètes, avec Rosetta, et se sont conclus avec les succès exceptionnels des télescopes Herschel et Planck, en 2009. Horizon 2000 Plus a également décidé de la préparation de Gaia, Lisa et BepiColombo, et de la contribution européenne au télescope spatial James Webb, qui est le successeur du



télescope Hubble. A son tour, Cosmic Vision vient d'entrer dans une nouvelle phase avec les sélections des missions Euclid et Solar Orbiter (plusieurs appels à idées devant suivre, en 2013 et 2015).

Le programme concernant les sciences de la Terre vise à comprendre le fonctionnement des principales composantes de notre planète – terres émergées, océans, glaces polaires et atmosphère – et à comprendre les interactions entre ces différentes composantes, ainsi que l'impact qu'ont sur elles les activités humaines. Ce programme des « Explorateurs de la Terre » est conduit sur un modèle similaire au programme de science spatiale, avec des missions définies et choisies par les scientifiques et une enveloppe budgétaire définie par périodes de cinq ans. Le budget annuel de ce programme, qui comprend aussi une tranche pour la promotion du développement d'applications et de services basés sur les données d'observation de la Terre, est d'environ 300 millions d'euros.

L'ASE conduit également un programme de sciences exploitant les conditions d'apesanteur (dans des installations de chute libre au sol ou en orbite) : le programme ELIPS. La disponibilité récente d'instruments scientifiques volant à bord de la station spatiale internationale offre la possibilité de comprendre comment les processus physiques et biologiques se produisent en l'absence virtuelle de gravité. Le budget de ce programme est de l'ordre de 70 millions d'euros par an, en sus du programme de la station spatiale elle-même (qui est d'environ 200 millions d'euros par an).

Ces différents programmes scientifiques ont entre eux un point commun, la coopération internationale, qui reflète une coopération traditionnelle entre les scientifiques du monde entier. Les Etats-Unis, au travers de la Nasa, sont le partenaire le plus ancien de l'ASE et le plus étroitement associé à celle-ci, mais des coopérations ambitieuses sont également menées avec la Russie, le Japon, l'Inde et la Chine. Cette coopération s'effectue dans les domaines où l'Europe est leader, tout au moins sur des niches essentielles, ainsi que sur les grandes infrastructures ; la coopération coexiste avec la compétition, laquelle intervient au niveau des idées, et stimule innovation et progrès scientifique.

Les programmes de l'ASE ont ainsi constamment permis de combiner l'ambition scientifique et un fort contenu technologique innovant essentiellement lié aux défis que représentent l'environnement spatial et aux prouesses scientifiques et techniques requises par ces programmes. Ils ont également permis de développer, puis de mettre en œuvre des outils et des méthodes d'ingénierie innovants qui ont pu bénéficier, par la suite, à d'autres secteurs industriels.

LES DOMAINES DE RECHERCHE

La recherche scientifique, dans sa composante spatiale, a pour objet de chercher des réponses aux ques-

tions fondamentales qui ont toujours marqué l'histoire des hommes, qui portent non seulement sur l'origine de l'univers, sur celle de notre existence et sur les conditions de notre survie dans l'univers, mais aussi sur des questions plus récentes concernant l'évolution de notre planète et le rôle que nous jouons dans cette évolution. L'avancée des sciences et des technologies nous permet d'apporter des éléments de réponse à ces questions, qui nous semblaient hors de portée, il y a encore de cela une génération. Beaucoup de ces éléments ne peuvent être fournis qu'à l'aide de projets spatiaux qui requièrent une grande ingéniosité.

Ainsi, l'Agence spatiale européenne, *via* son programme scientifique et la coopération avec ses Etats membres, contribue à l'étude de questions majeures concernant l'univers, son évolution et notre place en son sein.

Comment l'univers est-il apparu et de quoi est-il composé ?

On estime que moins de 5 % de la masse de l'univers est identifiée, le reste étant potentiellement composé de matière et d'énergie « noire ». L'apparition et l'évolution de la matière et de l'énergie, depuis la naissance de l'univers jusqu'à nos jours, restent donc largement incomprises.

Quelles sont les conditions de la formation des planètes et de l'émergence de la vie ? Comment la vie est-elle apparue sur la Terre ? Peut-elle apparaître sur d'autres planètes ?

Dans ce cadre, le programme scientifique de l'ASE s'attache à étudier l'émergence de la vie non seulement dans notre système solaire, mais aussi sur les exo-planètes en orbite autour d'autres étoiles. Il s'agit, pour ce faire, d'étudier comment les étoiles et les planètes se forment, ainsi que d'éventuels signes d'apparition de la vie, à travers l'étude de marqueurs biologiques.

Comment le système solaire fonctionne-t-il ?

Il s'agit ici de comprendre le fonctionnement global du système solaire, depuis le soleil lui-même jusqu'aux limites de sa sphère d'influence, la formation des planètes géantes gazeuses et celle de leurs lunes, l'évolution des planètes telluriques, de leur climat et de leur environnement et, enfin, le rôle des astéroïdes et des autres petits corps célestes dans le processus de formation des planètes.

Comment notre planète fonctionne-t-elle ?

Il s'agit ici de comprendre le fonctionnement et l'évolution du « système Terre » comportant les grandes composantes citées plus haut et l'influence de l'Homme sur ces composantes, ainsi que leurs interactions.

Quelles sont les lois physiques fondamentales qui régissent l'univers ?

Malgré les progrès réalisés depuis les travaux d'Einstein sur la théorie de la relativité générale, il y a maintenant de cela un siècle, beaucoup reste à faire pour affiner les lois de la physique terrestre, qui ne s'appliquent pas dans les conditions extrêmes et dont le rôle dans les origines de l'univers n'a pas encore été explicité. Le comportement de la matière à très hautes températures et à très hautes énergies, ou encore l'existence des ondes gravitationnelles restent à être explorés. De plus, certaines expériences de physique fondamentale ne peuvent pas être réalisées sur Terre, car elles sont « masquées » par la pesanteur.

LES MISSIONS SCIENTIFIQUES DE L'ASE

L'astrophysique

La liste des succès européens en astrophysique est longue, mais son premier porte-flambeau est certainement le satellite Hipparcos (lancé en 1989), qui réalisa une cartographie, la plus complète et la plus précise à ce jour, de 100 000 étoiles, une cartographie qui nourrit toutes les branches de l'astronomie. L'Observatoire astronomique dans l'infrarouge (ISO, 1995) a fourni des données cruciales sur l'univers froid, y compris sur les lieux de formation des étoiles et sur le milieu interstellaire. XMM-Newton (1999) est, à ce jour, le plus sensible des télescopes fonctionnant dans les rayons X, ses miroirs multiples ont permis la détection de millions de nouveaux objets célestes, en particulier d'un immense filament de gaz chaud reliant deux grappes de galaxies situées à 2,3 milliards d'années-lumière l'une de l'autre, ce qui pourrait être la première preuve de l'existence d'un « réseau cosmique ». Integral (*International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory*) a, quant à lui, révélé l'existence des objets à l'origine de la production d'antimatière.

Les télescopes Herschel et Planck, lancés en 2009, étudient la formation de l'univers, Herschel en s'intéressant à la formation des étoiles et des galaxies les plus anciennes de l'univers, et Planck, en recherchant le

bruit de fond du Big Bang, c'est-à-dire les radiations fossiles émises au moment de la formation de l'univers. Ces deux satellites travaillent en tandem pour améliorer notre compréhension du Big Bang.

L'observatoire spatial Planck utilise un miroir d'un mètre cinquante de diamètre pour recueillir les échos de micro-ondes cosmiques provenant de tout le ciel afin de rechercher des fluctuations infimes de puissance qui pourraient indiquer des différences de densité de matière dans l'univers jeune, des concentrations de matière qui se transformeront ensuite en galaxies.

Herschel est un grand télescope opérant dans l'infrarouge (c'est le successeur d'ISO). Il est doté d'un miroir de 3,5 m de diamètre, le plus grand à avoir été déployé jusqu'ici dans un télescope spatial. Il a pour mission d'explorer la partie la plus méconnue du spectre, l'infrarouge lointain, pour y observer la naissance des étoiles et des galaxies ; pour rendre ces observations possibles, ce miroir doit être refroidi par une circulation d'hélium liquide permettant de travailler à des températures très basses, de quelques dizaines de millikelvins. Cela implique des contraintes énormes, en termes de sophistication technologique.

Gaia, qui est le successeur d'Hipparcos, sera lancé en 2013. Il aura pour mission de créer une cartographie en 3D de 1 000 millions d'étoiles de notre galaxie, et au-delà. Enfin, Euclid, la dernière mission sélectionnée dans le cadre du plan *Cosmic Vision 2020*, aura pour objectif de nous aider à comprendre la nature de la matière et de l'énergie noire au moyen d'une mesure précise de l'expansion de l'univers.

L'exploration du système solaire et planétaire

L'exploration du système solaire par l'ASE a pris son envol avec la mission Giotto, qui, en 1986, réalisa le premier survol d'une comète, la comète de Halley, et en photographia le noyau. Lancée en 1990, Ulysses, une mission réalisée en coopération avec la Nasa, a exploré jusqu'en 2009 les champs de particules du soleil et a, pour la première fois, survolé ses pôles. Il a été suivi de Soho (1995), qui étudie lui aussi la physique du noyau et de la couronne du soleil (voir la photo 1), et qui a révolutionné notre compréhension du soleil. La mission Cluster (composée de quatre satellites volant en formation) a, de son côté, fourni une vue en trois dimensions du proche environnement spatial de la Terre [la magnétosphère terrestre].

En 2005, l'ASE a réalisé un de ses plus beaux exploits interplanétaires, avec l'atterrissage réussi de la sonde Huygens sur le sol de Titan, l'une des « lunes » de Saturne. Huygens avait été lancé, en 1997, en passager du satellite Cassini de la Nasa et il a permis de découvrir à plus d'un milliard de km de la Terre un monde, semblable au nôtre, avec des océans, des rivières, des nuages, une atmosphère..., mais un monde où le méthane remplace l'eau terrestre.



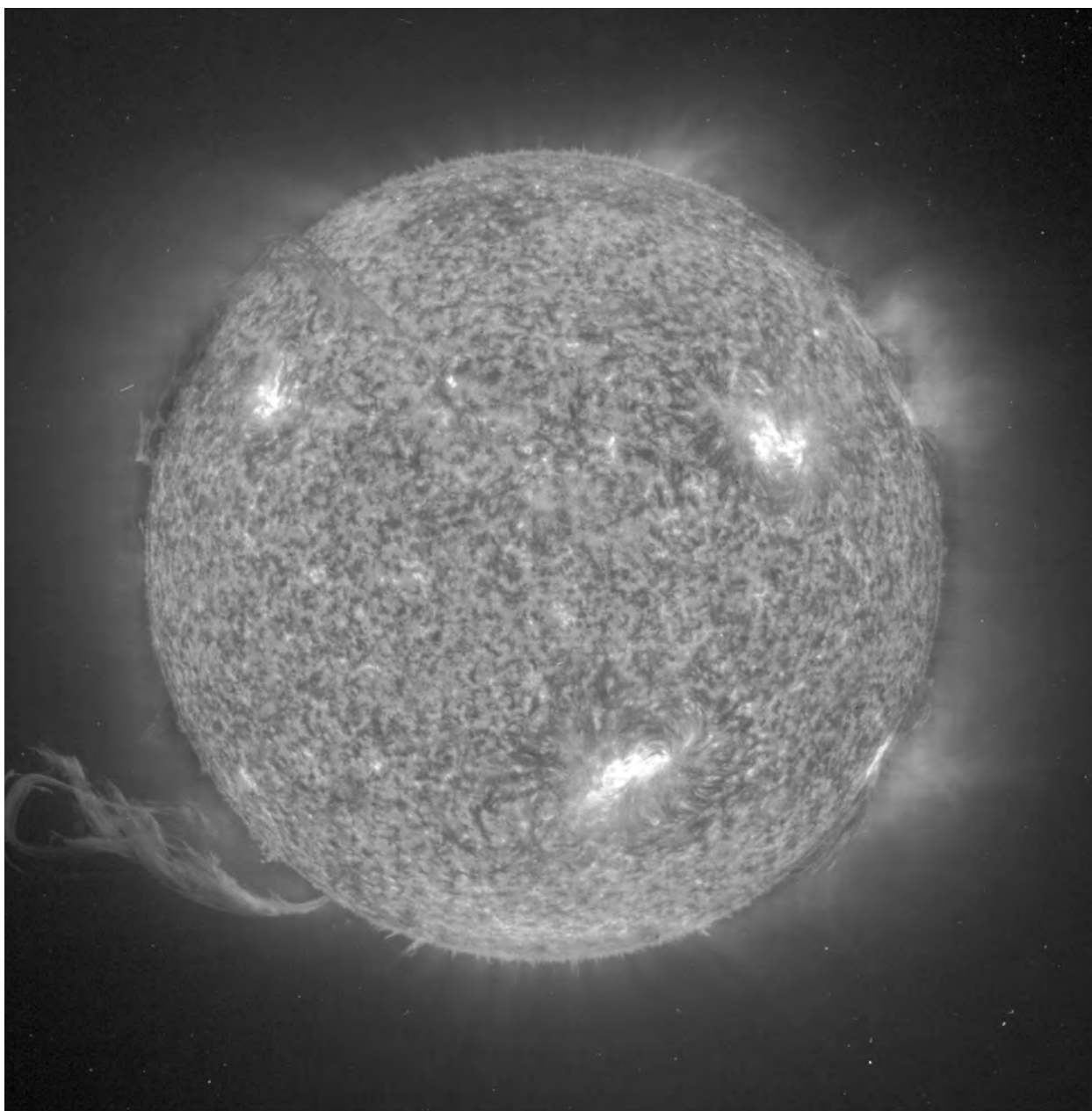
© 5568/GAMMA

« L'observatoire spatial Planck utilise un miroir d'un mètre cinquante de diamètre pour recueillir les échos de micro-ondes cosmiques provenant de tout le ciel afin de rechercher des fluctuations infimes de puissance qui pourraient indiquer des différences de densité de matière dans l'univers jeune, des concentrations de matière qui se transformeront ensuite en galaxies ». *Le télescope Planck, le 6 mai 2009.*

La sonde Mars Express est incontestablement une des missions martiennes ayant le plus contribué à l'avancée de notre connaissance de cette planète (de sa surface, de son atmosphère et de ses structures internes). Lancée en 2003 et toujours opérationnelle, cette sonde a envoyé des images stéréoscopiques à haute résolution qui ont permis une couverture complète de la surface de la planète et de comprendre son cycle de l'eau. Le succès de cette mission a poussé à en réutiliser le concept pour Venus Express, mis en orbite en 2005 et toujours opérationnel, qui a permis de révéler les dynamiques atmosphériques de la planète Mars et le fonctionnement de son vortex du Pôle Sud. Ces deux missions nous aident

aussi à comprendre les processus environnementaux à l'œuvre sur la Terre.

Enfin, Rosetta, lancé en 2004, est le successeur de Giotto. Il est en route vers la comète Churyumov-Gerasimenko autour de laquelle il se mettra en orbite en 2014. Son atterrisseur devrait être le premier à se poser sur le noyau d'une comète. BepiColombo, qui devrait être lancé en 2014, est composé de deux satellites ayant pour mission de se mettre en orbite autour de Mercure en 2020. Le Solar Orbiter, qui a été sélectionné dans le cadre de Cosmic Vision 2020 (son lancement étant prévu en 2017) sera, quant à lui, le successeur de Soho ; il fournira une étude du soleil d'une



© ESA/SOHO - EIT

Photo 1 : Le soleil vu par le satellite Soho.

plus grande résolution et réalisée à une distance moindre de l'astre solaire.

La physique fondamentale

e-Lisa est une mission de physique fondamentale extrêmement ambitieuse dont les relevés sont en cours d'étude. Réalisée en coopération avec la Nasa, cette mission composée de trois satellites volant en formation synchronisée par laser à 5 millions de kilomètres les uns des autres aura pour objectif de détecter, pour la

première fois, les ondes gravitationnelles que prévoit la théorie de la relativité générale.

Un grand nombre d'expériences de physique fondamentale et de métrologie peuvent être réalisées dans le cadre du programme Galileo (le système européen de navigation et de positionnement), lequel fonctionne sur la base d'horloges atomiques ultra-stables, notamment, la synchronisation quantique, l'étude de protocoles de cryptage et la définition de cadres de référence. Les signaux Galileo peuvent aussi être utilisés pour les sciences de la Terre (surveillance du niveau des océans et des plaques tectoniques, mesures précises de l'ionosphère, etc.).



L'étude de la Terre

L'observation de la Terre depuis l'espace, de manière continue, répétitive et sur des périodes longues nous permet de surveiller de nombreux phénomènes (naturels ou d'origine humaine) et de comprendre les interactions entre l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère, la cryosphère et l'intérieur de la Terre.

Les variables climatiques essentielles

L'initiative de l'ASE relative au changement climatique exploite les archives de données satellitaires accumulées depuis trente ans, en les combinant avec les données obtenues par les missions nouvelles. Cette initiative s'attache en particulier à l'étude des *variables climatiques essentielles* qu'a définies le groupe intergouvernemental du GCOS (*Global Climate Observing System* (en français, SMOC)). Cela permettra d'affiner les modèles et d'améliorer les actions d'adaptation et d'atténuation des effets du changement climatique.

Les missions « Explorateurs de la Terre »

Le programme d'observation de la Terre de l'ASE a commencé par la série des satellites Meteosat destinés à la météorologie, puis s'est étoffé avec le développement des missions ERS-1 (1991) et ERS-2 (1995), qui ont fourni ensemble des données pendant plus de vingt ans. Lancé en 2002, Envisat continue à acquérir des données avec ses dix instruments. Afin de mieux répondre aux questions scientifiques majeures, les « Explorateurs de la Terre » (*Earth Explorers*) ont été conçus, tout en permettant de valider des technologies observationnelles innovantes. La communauté scientifique est impliquée dès la définition des missions et la sélection de ces dernières se fait sur la base d'une évaluation par les pairs. Le programme comporte six missions en cours de réalisation (déjà placées sur orbite ou en cours de développement), tandis que cinq missions candidates sont en cours d'évaluation.

La première mission en cours est GOCE, la mission gravitationnelle, qui a été lancée en mars 2009. Son objectif principal est la détermination du champ gravitationnel terrestre et du géoïde. Combinées avec les données d'altimétrie spatiale, les données de GOCE permettent aussi d'étudier la topographie océanique dynamique et contribuent à la recherche portant sur la circulation océanique et sur le niveau des mers, des données essentielles pour les modèles climatiques globaux. Afin de remplir sa mission, GOCE a nécessité le développement de nombreuses technologies totalement nouvelles, telles que la propulsion électrique modulée permettant le contrôle de la trajectoire sans traînée, des capteurs solaires Gallium Arsenide à triple jonction et la production de grandes structures 3D en carbone-carbone afin de fournir au gradiomètre une stabilité mécanique

extrême. Ce gradiomètre, qui est le cœur de GOCE, est constitué de trois paires d'accéléromètres cent fois plus sensibles que les accéléromètres qui ont pu voler jusqu'ici. Ces paires, positionnées à 50 centimètres de distance l'une de l'autre sur le satellite, cette distance ne devant pas varier de plus d'un centième d'ångström (le diamètre d'un atome !), permettent de mesurer les gradients de gravité de la Terre et, ainsi, de fournir une carte du champ gravitationnel terrestre d'une très haute précision et d'une résolution spatiale maximale.

La mission Cryosat-2 a été lancée en avril 2010 (elle se substitue à la mission Cryosat, qui avait été perdue lors de son lancement, fin 2005) avec pour objectif l'observation des glaces terrestres et de leur évolution. En effet, la disparition éventuelle des glaces de mer pourrait conduire à un effet de serre accru dans l'Arctique et à des variations importantes du niveau des océans. Cryosat-2 permettra d'obtenir un bilan détaillé de la variabilité naturelle de la glace dans l'Arctique et d'étudier le taux de diminution des grandes couvertures glaciaires de l'Antarctique et du Groenland. D'ores et déjà, Cryosat-2 a permis d'établir la première carte complète des glaces de mer sur la période janvier-février 2011 et les informations obtenues en termes d'épaisseur des glaces ont pu être validées par des mesures tant aériennes qu'*in situ*.

SMOS est la mission dédiée à l'eau, plus précisément à l'humidité du sol et à la salinité de l'océan. Lancée en novembre 2009, SMOS, qui est une coopération entre l'ASE, le CNES et l'Agence spatiale espagnole CDTI, vise à améliorer notre connaissance du cycle de l'eau et, ainsi, de permettre une prévision améliorée des phénomènes météorologiques extrêmes et des climats saisonniers. La précision de cette mission est inédite : SMOS peut détecter l'équivalent d'une cuillerée à café d'eau dans une poignée de terre, et un dixième de gramme de sel dans un litre d'eau et ce, depuis son orbite, à 755 kilomètres d'altitude. Cette précision a nécessité le développement d'un instrument, le MIRAS, un radiomètre à synthèse d'ouverture fonctionnant en mode interférométrique.

Les missions en cours de développement sont la mission Swarm (étude du champ magnétique terrestre), effectuée par une constellation de trois satellites en orbite polaire qui devraient être lancés en juillet 2012 ; la mission ADM-Aeolus, une mission d'étude des vents (qui devrait être lancée à l'automne 2013) et, enfin, Earthcare, une mission d'étude des nuages et des aérosols, qui, menée en coopération avec l'agence spatiale japonaise (Jaxa), devrait être lancée fin 2015. D'autres missions sont en phase d'étude de faisabilité, telles que Biomass, qui porte sur les écosystèmes forestiers et le cycle du carbone ; CoReH2O, portant sur les régions froides et, enfin, Premier pour l'étude de la troposphère haute et de la basse stratosphère, qui se situe entre 6 et 25 kilomètres d'altitude.

Le programme d'observation de la Terre de l'ASE s'appuie fortement sur la fertilisation croisée entre sa composante scientifique - les Explorateurs de la Terre - et sa partie applicative, les *Earth Watches*, y compris dans leur partie météorologique. Dans cette perspective, il est utile de mentionner le programme GMES (Surveillance Globale

pour l'Environnement et la Sécurité) développé en coopération avec l'Union européenne, et dont les premiers satellites, les *Sentinels*, seront lancés dès 2013, ce qui devrait assurer notre approvisionnement en données d'observation de la Terre sur une longue durée.

L'orbite basse et la station spatiale internationale (ISS)

Les contributions européennes à l'ISS

L'Europe est un partenaire essentiel de la station spatiale internationale, principalement à travers deux contributions importantes, le module pressurisé Columbus et le véhicule de transfert automatique ATV, qui est lancé par Ariane 5.

Le laboratoire Columbus abrite dix « racks » (bâti instruments) où peuvent être réalisées des expériences touchant à différents domaines de la science, et il est également équipé, à l'extérieur, de plateformes porteuses d'instruments pointant vers le ciel, ou vers le sol. L'Europe a également fourni les *nœuds* (*nodes*), ces modules intermédiaires qui raccordent les laboratoires russes, américains, japonais et européens, ainsi, plus récemment, qu'un module supplémentaire conçu à l'origine pour le transport de charges utiles *via* la navette spatiale. Cette fonctionnalité n'étant plus remplie, après le retrait des dites navettes, ce module a été laissé en orbite lors de son dernier lancement, portant ainsi à un tiers la contribution européenne au volume pressurisé total de la station. En termes de systèmes de support, l'Europe a également fourni un bras robotisé permettant des manipulations de charges à l'extérieur de la station et un dôme à vision panoramique, la Coupole, qui permet de superviser les opérations depuis l'intérieur et qui constitue un poste particulièrement privilégié d'observation de la Terre.

En sus de ces éléments qui restent en orbite de façon permanente, l'Europe couvre sa part des « frais de fonctionnement » en contribuant avec cinq modèles récurrents du véhicule de transfert automatique (ATV) lancé par Ariane 5, qui est capable, d'une part, d'emporter sans guidage depuis le sol jusqu'à sept tonnes de charge utile et de fluides de support vers la station et, d'autre part, d'en rehausser l'orbite (cette opération doit être réalisée régulièrement en raison de la traînée aérodynamique résiduelle subie par les satellites en orbite basse et de la taille imposante de la station (l'équivalent de la superficie d'un terrain de football)).

Une plateforme de recherche unique

Avec la station spatiale internationale, la communauté scientifique, académique et industrielle dispose d'une

plateforme permettant de réaliser des expériences uniques qui viennent compléter la recherche menée au sol. Elle est en effet un site privilégié pour réaliser des expériences à caractère fondamental ou à caractère de R&D appliquée, elle permet également les études et les développements requis pour la préparation de l'exploration humaine du système solaire envisagée à plus long terme.

La station spatiale est en particulier indispensable pour la recherche concernant l'adaptation de l'être humain aux conditions spatiales. Ainsi, chaque spationaute est le sujet de plusieurs expériences sélectionnées et coordonnées au niveau international. L'adaptation neurosensorielle à l'absence de gravité et donc à l'absence des repères d'orientation habituels, l'évolution du squelette, celle du métabolisme, des capacités respiratoires ou cardiovasculaires ou de l'état psychologique, ainsi que les différentes mesures permettant d'en minimiser l'impact font l'objet d'expériences s'étalant sur plusieurs mois, en orbite.

Par ailleurs, certains symptômes observés chez les spationautes, tels par exemple la perte de masse osseuse ou de masse musculaire, sont comparables à ceux de maladies associées à l'âge, comme l'ostéoporose. La station devient dès lors un banc d'essai intéressant pour tester des traitements de ces problèmes de santé qui deviennent de plus en plus critiques en raison du vieillissement de la population mondiale. Plus généralement, l'absence de pesanteur permet de comprendre des problèmes qui, une fois résolus, permettront aux hommes de mieux vivre sur la Terre.

Les spationautes sont aussi chargés de mettre en place et de configurer (dans les *racks* prévus à cet effet) des instruments spécifiques visant à la compréhension de l'influence de la gravité sur les organismes vivants tant au niveau cellulaire qu'au niveau de systèmes plus complexes, tels que des plantes, des vers ou des insectes, ainsi qu'à la détermination des capteurs biologiques de gravité et à celle des adaptations à son absence virtuelle. Les expériences réalisées soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la station apportent des indications précieuses sur la résistance des organismes à l'effet combiné de différentes radiations. Ces informations ne peuvent être obtenues au sol, car il est physiquement impossible d'y réaliser tout le spectre des radiations solaires et cosmiques sur un même échantillon. Cette spécificité de l'environnement spatial - la grande variété des radiations qui y règnent - est par ailleurs considérée comme étant l'obstacle principal à surmonter pour envisager des excursions humaines de longue durée en dehors de la zone protectrice de la magnétosphère, lors de l'exploration future du système solaire.

La disponibilité d'une plateforme en orbite a également inspiré les physiciens, qui vont tester en orbite des horloges à atomes refroidis ultra-précises. Non seulement l'absence de gravité permet de ralentir encore plus les atomes et donc d'améliorer le niveau de précision de ces horloges en orbite, mais les mesures comparatives extrê-

mement fines avec de multiples horloges au sol permettront de réaliser des tests des principes de la physique fondamentale plus précis de plusieurs ordres de grandeur que ceux qui ont été jusqu'ici réalisés au sol. En outre, des études dans le domaine de la physique de la matière condensée ou des mécanismes de changement de phase apportent des mesures uniques et des échantillons de référence qui permettent d'alimenter et de valider des modèles numériques, et par là, d'améliorer la description physique de phénomènes complexes. La validation de ces modèles permet de confirmer leur capacité de prédiction et, par conséquent, de les utiliser comme outils pour le *design* ou l'optimisation de procédés au sol, avec de multiples applications pratiques dans les sciences des matériaux.

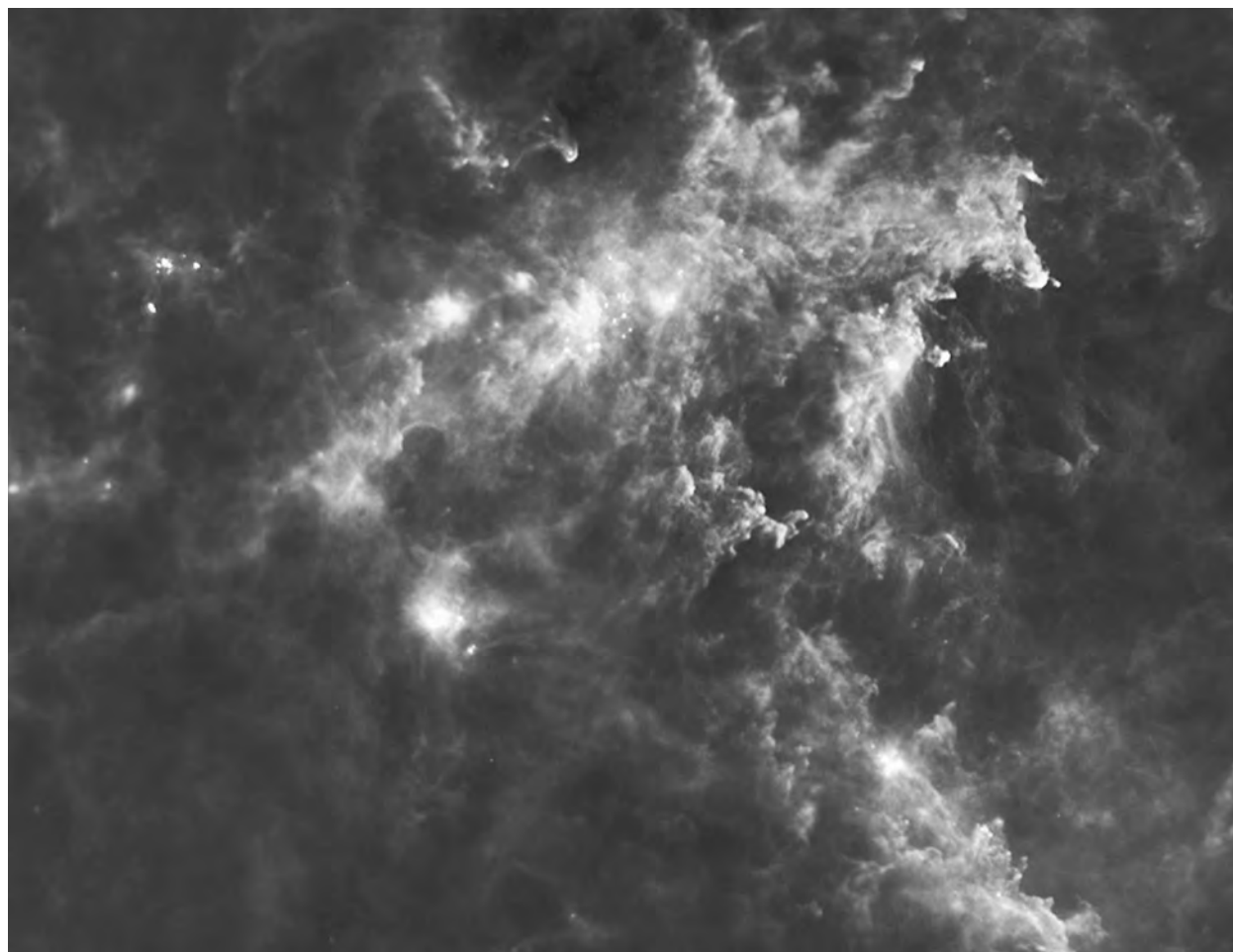
Au final, la dimension européenne, mais aussi, très largement, internationale de la coopération qui a permis la concrétisation du projet de station spatiale internationale, tant dans sa réalisation technique et ses opérations que dans son utilisation, doit être mise en exergue. Quatorze pays (dont dix pays européens) ont été impliqués dans sa construction et plusieurs milliers de scientifiques de plus de trente-et-un pays sont associés aux projets déjà réalisés à bord (ou en cours de préparation) pour exploiter, ensemble, les opportunités uniques qu'elle offre. Ces chiffres démontrent à quel

point le spatial est un puissant vecteur de coopération et de construction d'une vision globale de notre planète au XXI^e siècle. Ils nous montrent aussi l'esprit « terrien » dans lequel une exploration plus avancée de notre système solaire devrait être envisagée (voir la photo 2).

PROGRAMMES SCIENTIFIQUES, DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES ET NOUVEAUX SERVICES

Chercher à approfondir la compréhension de notre espace proche ou lointain et, à terme, son exploration par des êtres humains, s'inscrit dans la logique du déroulement de l'histoire de l'Homme. Comme par le passé, cette exploration apporte de nombreux bénéfices, culturels, scientifiques et économiques, et est à la source de développements technologiques qui, progressivement, se retrouvent dans la vie de tous les jours, de façon directe ou indirecte.

Les efforts continus dans la minimisation des ressources nécessaires à la recherche spatiale en général ont conduit à des développements nouveaux et à des approches d'ingénierie originales visant à maximiser l'efficacité des systèmes. Intégration et miniaturisation,



© ESA/PACS & SPIRE Consortium/HOBYS Key Programme Consortia

Photo 2 : Vue du nuage moléculaire Rosette – Vue du satellite Herschel.

réduction des poids morts à tous les niveaux, minimisation des besoins en énergie, maximisation des informations générées par tout instrument, optimisation des transmissions avec les opérateurs et les scientifiques au sol, optimisation des méthodes et outils de gestion des missions : tous ces aspects sont le pain quotidien des ingénieurs et des scientifiques impliqués. Certaines missions scientifiques ne peuvent du reste être envisagées avant certains développements technologiques et des petites missions de validation de ces technologies ont dû être entreprises avant de pouvoir démarrer le développement complet de la mission. Ainsi, par exemple, la mission Smart 1 a permis de valider la propulsion électrique. Le développement de matériaux nouveaux permettant de répondre efficacement aux contraintes structurales ou aux besoins énergétiques des satellites, celui de systèmes portables pour les mesures biomédicales sur les spationautes, ou de caractérisation *in situ* ou locale d'échantillons physiques ou biologiques résultent tous de programmes de R&D engagés spécifiquement pour des projets spatiaux, mais trouvant dans de nombreux cas des applications dans des systèmes ou dans des services terrestres. Ceux-ci sont bien évidemment un bonus ajouté aux connaissances et aux données acquises grâce aux missions spatiales et ils ne constituent pas la justification *a posteriori* de ces missions. Mais les poussées technologiques stimulées par le spatial sont avérées et permettent d'apporter des solutions dans d'autres domaines scientifiques ou industriels.

Il faut enfin souligner que, si les connaissances acquises au sein de programmes spatiaux peuvent bénéficier aux applications terrestres, elles bénéficient également, en retour, au spatial lui-même dans la mesure où tout progrès réalisé, par exemple, dans le domaine des matériaux structuraux ultralégers ou des systèmes de transfert de chaleur permet d'augmenter les performances des systèmes orbitaux, de manière générale.

Au-delà des mécanismes de transfert de technologie mis en place pour élargir le champ d'application des technologies développées, établir le lien avec la R&D industrielle est un souci constant de l'ASE afin de s'assurer de manière proactive que les connaissances acquises au sein de ses programmes scientifiques trouvent le plus rapidement possible leur chemin vers des domaines applicatifs. En plus des mesures d'incitation à destination des équipes scientifiques mises en place par l'ASE pour assurer la rapidité et l'efficacité de ce

transfert, un certain nombre de projets organisés autour de ces objectifs d'acquisition de connaissances dans l'espace et ciblés sur des objectifs définis par des industriels ont été soumis, avec succès, à des appels à propositions des programmes-cadres de la Commission européenne. L'exemple du projet Impress, dans le domaine des matériaux intermétalliques avancés, dont le succès a été salué par la Commission européenne, démontre qu'une intégration bien menée de la recherche dans l'espace avec la recherche appliquée au sol permet d'exploiter pleinement les capacités uniques dont l'Europe s'est dotée.

C'est peut-être dans le domaine de l'observation de la Terre que le lien entre missions scientifiques et futurs services opérationnels est le plus visible et le plus fort. Ainsi, ces missions ont permis de démontrer les capacités opérationnelles d'instruments comme le diffusiomètre ou l'instrument GOME, pour la surveillance de la couche d'ozone, des instruments qui transférés par la suite sur les séries opérationnelles Metop d'Eumetsat. De même, ERS-1, ERS-2 et Envisat ont permis de valider des services pré-opérationnels dans le domaine de la gestion des catastrophes, des services qui ont été ensuite repris dans le cadre du programme GMES.

CONCLUSION : UN LEADERSHIP À MAINTENIR POUR RENFORCER LA PLACE DE L'EUROPE EN MATIÈRE D'EXPLORATION SPATIALE

L'année 2012 sera une année clé pour les activités scientifiques au sein de l'ASE. C'est en effet en novembre 2012 que les ministres européens devront décider du niveau de financement alloué à ces activités pour les trois prochaines années, et donc du maintien des succès de l'Europe dans les différents domaines scientifiques dont les progrès sont liés aux missions spatiales. L'investissement d'aujourd'hui représente les emplois de demain..., mais la technologie et les missions scientifiques d'aujourd'hui engendrent également les services et les applications de demain, dans une société axée sur l'acquisition et l'exploitation de connaissances. Aussi est-il plus fondamental que jamais, en ces temps de crise économique, que l'Europe investisse de manière soutenue dans les domaines où sa maîtrise est reconvenue et qui lui garantissent compétitivité, innovation et emplois à forte valeur ajoutée et à haute qualification.

La politique spatiale de la France

Le secteur spatial est omniprésent dans notre vie quotidienne, sans que nous en soyons toujours conscients, au travers d'un nombre croissant d'applications et de services opérationnels à destination des Etats et du grand public.

L'espace est ainsi un secteur stratégique au service des politiques publiques, de l'industrie, de l'économie et de la science.

Forte d'une stratégie d'investissements massifs réalisés depuis les années 1960, la France est aujourd'hui un des acteurs majeurs de la politique spatiale européenne. L'ambition de la France est de maintenir ce positionnement, pour pleinement profiter de ses investissements et du fort effet de levier économique du spatial, et de contribuer à la construction de l'Europe de l'Espace. Les grands axes de la politique spatiale de la France sont :

- l'Europe et la coopération internationale,
- l'indépendance de l'accès et de l'utilisation de l'espace,
- l'espace utile et ses applications,
- une base industrielle et technologique compétitive.

Par Yannick D'ESCATHA*

L'effort continu de la France, depuis le début des années 1960, qui s'est traduit par des investissements massifs, a permis à notre pays d'être reconnu comme un acteur majeur de l'Europe spatiale disposant d'une base industrielle puissante (représentant environ 40 % des capacités européennes), compétitive, diversifiée et très largement présente sur le marché commercial mondial (avec une part de marché de plus de 40 %). Sa communauté scientifique, internationalement reconnue, s'est progressivement élargie au fur et à mesure que l'outil spatial était utilisé pour de nouvelles thématiques scientifiques.

C'est au plus haut niveau de l'Etat que la politique spatiale de la France a été définie depuis les années 1960 et qu'elle continue de l'être aujourd'hui. Par ses discours consacrés à la politique spatiale nationale de 2008, 2010 et 2011, le Président de la République a réaffirmé l'importance de l'espace en tant qu'enjeu stratégique pour la France.

L'extraordinaire développement, ces dernières années, de l'utilisation de l'espace confirme la pertinence des

* Président du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

investissements publics réalisés, et révèle le fort effet de levier économique des financements alloués aux infrastructures spatiales. Ce développement se manifeste par le nombre toujours croissant d'applications et de services opérationnels devenus indispensables à la vie quotidienne des citoyens et de l'Etat. L'espace est un secteur stratégique qui est au service des politiques publiques, de l'industrie, de l'économie et de la science. Il est créateur d'emplois et contribue à la balance commerciale de la France.

La politique spatiale de la France s'inscrit à la fois dans le cadre de l'Europe et dans le cadre de coopérations internationales extra-européennes. L'Europe spatiale comprend tout à la fois l'Union européenne, l'Agence spatiale européenne et les Etats membres. La gouvernance de ce « Triangle spatial » est en train de se construire, notamment sous l'impulsion de la France.

C'est pourquoi les grands axes de la politique spatiale de la France sont l'Europe et la coopération internationale, l'indépendance dans l'accès et l'utilisation de l'espace, l'espace utile et ses applications, et la constitution d'une base industrielle et technologique compétitive.

L'ESPACE : UN OUTIL ÉCONOMIQUE À FORT EFFET DE LEVIER

Si les caractéristiques fondatrices du secteur spatial n'ont pas disparu (l'espace reste un enjeu de souveraineté pour les nations et sa maîtrise est un marqueur de leur maturité technologique), sa présence dans notre vie quotidienne ne cesse de croître, sans que nous en soyons toujours conscients. Progressivement, il est entré dans la vie de tous les jours des Etats comme celle de leurs citoyens, à travers un nombre grandissant d'applications et de services opérationnels. Depuis les deux dernières décennies, nous assistons à un développement extraordinaire des usages du spatial, avec une accélération au cours de la période la plus récente.

La France y investit afin de profiter du fort retour sur investissement qu'il génère grâce à quatre effets de levier particulièrement importants, qui sont :

- un effet de levier sur l'économie : les outils spatiaux procurent un effet de levier économique d'un ordre de 20, que l'on mesure sur la chaîne de valeur des applications et des services opérationnels dans les domaines marchands des télécommunications par satellite, du positionnement et de la navigation, et de l'observation de la Terre. En 2010, avec environ 6 milliards d'euros d'investissements dans les infrastructures spatiales (satellites et lanceurs) pour le marché commercial mondial, c'est plus de 120 milliards d'euros (bande passante, terminaux au sol et, surtout, contenus) qui ont ainsi été injectés dans l'économie mondiale ;

Les cinq grands domaines de l'espace

- * **L'accès à l'espace** : lanceurs et base spatiale ;
- * **Grand public** : télécommunications, navigation ;
- * **Terre, environnement et climat** : observation de la Terre *via* l'utilisation de toutes les fréquences ;
- * **Etude et exploration de l'univers** : sciences de l'univers, physique fondamentale, exploration du système solaire, micropesanteur ;
- * **Sécurité et Défense.**

- un effet de levier sur l'industrie : l'innovation nécessaire pour résoudre les problèmes complexes que pose la réussite des missions spatiales, renforce la compétitivité de l'industrie française ;

- un effet de levier s'exerçant sur les sciences : la recherche scientifique spatiale française se situe au meilleur niveau international, avec de nombreuses premières européennes ou mondiales (par exemple, les satellites Spot, Hélios, Pléiades, IASI, Jason, Parasol, Calipso, Demeter, Corot, Megha-Tropiques, etc.) et les instruments embarqués sur les missions scientifiques de l'ASE. En retour, la recherche fait progresser tous les secteurs technologiques et industriels, grâce aux innovations qu'elle génère ;

- un effet de levier sociétal : les politiques publiques et la société utilisent pour satisfaire leurs besoins tant civils que militaires les quatre grands domaines d'utilisation de l'espace (voir l'encadré « Les cinq grands domaines de l'espace »).

Enfin, l'espace donne une visibilité forte à l'action et à l'identité de l'Europe. Le programme Ariane est reconnu comme un exemple de réussite commune des Etats européens. Il devrait en être de même, demain, pour les programmes Galileo et GMES. L'espace joue ainsi un rôle de levier, apportant plus d'Europe aux citoyens de notre continent, attirant le grand public vers les sciences et inspirant des vocations dans la jeunesse.

UNE POLITIQUE SPATIALE FRANÇAISE INTÉGRÉE AU SEIN DE L'EUROPE

A l'initiative de la France, l'Europe spatiale s'est construite par étapes successives. D'abord, l'ASE (Agence spatiale européenne), avec ses Etats membres, a positionné l'Europe parmi les grandes puissances spatiales. Puis l'Union européenne (UE) a commencé à jouer un rôle croissant en la matière avec les programmes Galileo et GMES. Enfin, le traité de Lisbonne a fait de l'espace une compétence partagée

entre l'Union européenne et ses Etats membres. La nouvelle gouvernance de l'Europe spatiale repose ainsi sur les trois grands maîtres d'ouvrage publics que sont les Etats membres, l'Union européenne et l'Agence spatiale européenne (qui constituent ce que l'on nomme le « Triangle spatial »).

Les Etats membres de l'ASE et de l'Union européenne interviennent à la fois dans le cadre du fonctionnement des institutions (ASE et UE) et dans le cadre de leurs programmes spatiaux et de leurs capacités propres. Ils ont une volonté politique, des budgets et des programmes. Ils disposent de satellites et de segments sol, d'antennes et de radars, d'universités et de centres de recherche, d'installations et de moyens scientifiques et techniques au sol, et de capacités industrielles.

L'ensemble des capacités de ces acteurs constitue l'Europe de l'espace et fait de l'Europe la troisième puissance spatiale mondiale.

LES GRANDS AXES DE LA POLITIQUE SPATIALE DE LA FRANCE : L'EUROPE ET LA COOPÉRATION INTERNATIONALE, L'INDÉPENDANCE D'ACCÈS ET D'UTILISATION DE L'ESPACE, L'ESPACE UTILE ET SES APPLICATIONS, UNE BASE INDUSTRIELLE ET TECHNOLOGIQUE COMPÉTITIVE

Jouer un rôle moteur au sein de l'Europe de l'espace

La France contribue à la montée en puissance de l'Union européenne et à la réussite de ses programmes spatiaux (Galileo, Egnos et GMES). Elle contribue à la mise en place d'une nouvelle gouvernance (travail en commun et coordination des acteurs, implication et modalités de financement de l'UE, politique industrielle et indépendance technologique). Elle est le premier contributeur de l'ASE.

La France a également une politique de coopération internationale avec toutes les puissances spatiales.

Garantir l'indépendance de l'Europe pour l'accès à l'espace et l'utilisation de l'espace

Compte tenu des enjeux liés à l'espace, la maîtrise de l'accès à l'espace, d'une part, et celle de son utilisation, d'autre part, nécessitent de disposer des capacités technologiques et industrielles nécessaires d'une manière indépendante. Aucune nation européenne ne peut aujourd'hui disposer seule de l'ensemble de ces capacités. C'est donc au niveau européen qu'une politique d'indépendance technologique et industrielle doit être établie.

Développer des applications et des services à haute valeur ajoutée

Les outils spatiaux permettent de plus en plus de satisfaire les besoins des utilisateurs grâce à une offre de services opérationnels efficaces. L'Union européenne doit fédérer la demande institutionnelle européenne et amorcer ainsi un marché des applications spatiales et des services à l'échelle du continent ; elle est la seule à pouvoir le faire. Mais pour que les investisseurs privés prennent le relai et investissent sur ce marché, il faut que les infrastructures mises en place soient pérennes, et donc les renouveler en fin de vie, afin de garantir la continuité des données. Appliquer pleinement la résolution du 5^e Conseil Espace est donc une nécessité. Celle-ci a mis en place le « cercle vertueux des trois stades » du développement des infrastructures spatiales (constituées de satellites et des installations au sol) (voir l'encadré ci-dessous).

Disposer d'une base industrielle et technologique compétitive et des compétences clés nécessaires à l'atteinte des objectifs de la politique spatiale

Par sa compétence et sa compétitivité, l'industrie est un acteur clé de la politique spatiale française et européenne. De plus, elle contribue à la balance commerciale et crée des emplois. Le chiffre d'affaires de l'industrie spatiale française représente environ 50 % de celui de l'industrie européenne. L'industrie manufacturière des satellites et des lanceurs emploie directement 12 000 personnes en France (soit 35 % de l'emploi européen du secteur), auxquelles s'ajoutent les

Le cercle vertueux des trois stades

- * **1^{er} stade** : développement et financement de démonstrateurs innovants par les agences de R&D (c'est-à-dire par les agences spatiales nationales et par l'ASE) ;
- * **2^e stade** : développement des premiers de série sur spécifications de besoins émises par les utilisateurs, par un financement mixte entre les agences spatiales nationales, l'ASE et les utilisateurs, ces derniers pouvant être représentés par l'UE ;
- * **3^e stade** : prise en charge des infrastructures récurrentes par les utilisateurs et l'UE, laquelle doit veiller à la continuité des données et des services opérationnels demandés par les utilisateurs.

nombreux emplois indirects et ceux de la chaîne de valeur des applications aval.

Dans ce secteur qui se caractérise par une forte innovation et la production de petites séries, toutes les puissances spatiales ont une politique industrielle adaptée à ces spécificités et participent au financement d'une R&D ciblée sur l'innovation et la compétitivité : la France et l'Union européenne ne peuvent faire exception ; il leur appartient donc de veiller au maintien d'une base industrielle qui soit capable de soutenir la politique spatiale de la France et de l'Europe.

Le développement des applications de l'espace et des services aval est le moyen de faire émerger des entreprises innovantes satisfaisant aux besoins des politiques publiques et du marché commercial.

LA MISE EN ŒUVRE DE LA POLITIQUE SPATIALE FRANÇAISE

La mise en œuvre de la politique spatiale de la France est assurée par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) ; elle repose sur une stratégie, très sélective, d'innovation permanente, utile et féconde, sur une stratégie d'excellence dans chacun des cinq grands domaines de l'espace et, enfin, sur une stratégie de coopérations européennes et internationales.

Investir dans des positions stratégiques innovantes dans chacun des cinq grands domaines, mais sans se disperser (« stratégie de niches »), va de soi dans une compétition mondiale toujours plus forte, où les Etats-Unis, par exemple, investissent chaque année six fois plus que l'Europe prise dans son ensemble.

Une coopération fructueuse avec les autres puissances spatiales permet à la fois de progresser scientifiquement, technologiquement et industriellement, de partager les coûts et de réaliser des programmes hors de portée financièrement et techniquement pour un pays seul. Cette coopération se fait d'abord au sein de l'Europe, notamment avec nos partenaires historiques, l'Allemagne et l'Italie, et au sein de l'ASE. La coopération est le fondement même de l'Europe de l'espace. Elle se fait aussi hors d'Europe, principalement avec les grandes puissances spatiales que sont les Etats-Unis, la Russie, le Japon, l'Inde et la Chine (voir l'encadré ci-contre).

L'ACCÈS À L'ESPACE

Pour que l'Europe dispose d'une autonomie d'accès à l'espace à un coût acceptable pour ses Etats membres, il est nécessaire qu'elle possède une gamme de lanceurs pouvant satisfaire la grande diversité des besoins de lancements institutionnels et commerciaux. L'indépendance recherchée justifie aussi que les lanceurs soient développés, produits et opérés sur le territoire de l'Union européenne (voir la photo de la page suivante).

La Guyane

Si la Guyane est au cœur du dispositif européen d'accès à l'espace, le spatial est un élément majeur de cette région, notamment par sa contribution à l'économie guyanaise. L'activité spatiale représente plus de 15 % du PIB guyanais, avec près de 2 000 emplois directs et un ordre de grandeur de 8 000 emplois indirects.

L'Etat, *via* le CNES, participe au développement régional et ce, à plusieurs niveaux. Le CNES contribue au contrat de projet Etat-Région 2007-2013 (1 300 emplois durables ont déjà été créés dans le cadre du contrat, qui s'ajoutent aux 1 500 emplois créés sur la période 2000-2006), signe des conventions bilatérales avec les communes pour leur développement, apporte son expertise aux collectivités territoriales et contribue à la formation.

L'autonomie en matière spatiale repose sur des lanceurs fiables : cela requiert un nombre minimal de lancements chaque année, pour chacun des systèmes de lancement considérés. Compte tenu du faible nombre de lancements institutionnels en Europe, la présence de cette dernière sur le marché commercial est un impératif, même si les missions institutionnelles restent prioritaires.

Cette politique n'est soutenable que si certaines conditions sont remplies, notamment celle que tous les acteurs institutionnels européens – Etats membres, ASE, Union européenne et Eumetsat – accordent une haute priorité à l'utilisation des lanceurs européens (« préférence européenne »).

L'ESPACE MIS AU SERVICE DU GRAND PUBLIC

L'utilité de l'espace la plus visible pour le citoyen correspond au domaine des télécommunications spatiales et au domaine de la navigation, qui sont aujourd'hui au cœur du développement de l'économie numérique (voir la photo 2).

La contribution la plus forte à l'effet de levier économique de l'investissement spatial est apportée par les télécommunications : télévision HD et 3D, télévision sur mobile, télécommunications fixes et mobiles, Internet Haut Débit et Très Haut Débit (fixe et mobile). La France et l'Europe sont particulièrement bien placées dans ce domaine, avec des industriels et des opérateurs puissants. Les besoins en matière de positionnement, de navigation et de



© CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG, 2008

Photo 1 : Décollage du lanceur Ariane 5 ECA, vol 184 depuis le Centre spatial guyanais, le 7 juillet 2008. Le lanceur a placé en orbite les satellites Protostar-1 et Badr-6.

datation rendent indispensables les programmes Galileo et Egnos, desquels la France et le CNES sont fiers d'être à l'origine.

Afin de maintenir la compétitivité de l'industrie dans ce domaine, la France investit dans la R&D et l'innovation, tant au travers des programmes de l'ASE que de ses propres programmes nationaux.

L'espace au service de la Terre, de l'environnement et du climat

L'espace permet désormais d'apporter des contributions majeures et incontournables aux enjeux clés du XXI^e siècle que sont le suivi et la protection de l'environnement, l'adaptation au changement climatique et la gestion des ressources naturelles. Les satellites s'imposent comme outils d'observation et de mesure. Ils permettent d'appréhender les comportements des divers milieux (océans, atmosphère, surfaces continentales, glaces...) et leurs interactions complexes. Grâce aux satellites, on dispose en permanence d'informations décrivant l'état de ces différents milieux à travers le temps, on comprend, puis on modélise les évolutions futures de l'environne-

ment. Ils permettent d'élaborer les politiques publiques d'adaptation, de prévision, de prévention, et d'en évaluer l'impact. Le spatial représente un outil à la fois essentiel et unique du fait de sa capacité de couverture permanente, globale et homogène de toute la Terre.

La France a très tôt investi dans le domaine de l'observation de la Terre (imagerie optique, altimétrie océanographique en coopération avec la NASA et la NOAA, météorologie). Cela lui permet d'occuper une place éminente et reconnue dans ce domaine. L'objectif est de maintenir cette position en continuant d'investir, en amplifiant l'effort grâce au Programme d'Investissements d'Avenir et en étant présente dans le grand programme européen GMES, ainsi que dans les programmes de l'ASE et d'Eumetsat (voir la photo 3).

L'ESPACE AU SERVICE DE L'EXPLORATION ET DE L'ÉTUDE DE L'UNIVERS

Qu'il s'agisse de l'exploration et de l'étude de l'univers, des sciences de la vie dans l'espace, de celles de la matière en microgravité, ou de la physique fonda-



© CNES/Cyrille DUPONT, 2008

Photo 2 : Connexion internet en WIFI à bord du TGV Est. Le TGV Est propose en test à ses clients munis de leur ordinateur personnel équipé Wifi, un bouquet d'informations et l'accès à Internet. À terme l'ensemble du parc TGV pourrait être équipé. Le Cnes intervient dans ce domaine via le Banc de Test Lapsus Transportable (BTLT), un produit spécifique adapté aux besoins de la SNCF.

YANNICK D'ESCATHA

mentale, l'espace apporte une contribution majeure aux progrès de la connaissance dans ces différentes disciplines scientifiques. En retour, la science pousse la technologie spatiale à dépasser ses limites ; elle constitue le moteur de l'innovation technique, qui tire tout le secteur spatial.

La France est un acteur majeur des programmes scientifiques de l'ASE (Cosmic Vision, Aurora, Elips) et de l'Union européenne (Programme-cadre de recherche et développement). Elle développe également de nombreux projets en coopération internationale.

Dans le domaine des Sciences de l'univers, la priorité des chercheurs va au programme scientifique obligatoire de l'ASE, Cosmic Vision, qui permet la réalisation de missions très ambitieuses dont les instruments sont fournis directement par les Etats membres. Le partenariat entre le CNES et la communauté scientifique nationale permet à la France d'apporter entre 25 et 30 % des instruments de ce programme.

L'exploration du système solaire par des moyens robotiques et humains constitue la poursuite de l'aventure de l'Homme, que sa curiosité naturelle et son désir de se dépasser poussent à découvrir et à maîtriser son environnement. L'exploration de l'espace est d'abord scientifique, mais elle stimule aussi l'innovation et les

ruptures technologiques ; elle renforce la coopération internationale, elle retient l'intérêt du public et inspire les jeunes. D'un point de vue scientifique, Mars est la première priorité notamment parce que, dans la quête de l'origine de l'apparition de la vie, elle est la seule planète du système solaire avec la Terre, où ont pu régner au début de leur histoire les conditions propres à l'apparition de la vie.

La politique de la France est inscrite dans la Résolution du 5^e Conseil Espace de septembre 2008 : « L'exploration spatiale est une entreprise politique globale, et l'Europe doit mener son action à travers un programme mondial, sans monopole ou appropriation par un pays, les différents acteurs participant avec leurs propres capacités et priorités ».

L'ESPACE AU SERVICE DE LA SÉCURITÉ ET DE LA DÉFENSE

En juin 2008, le Livre Blanc sur la Défense et la Sécurité nationale a renforcé le rôle de l'espace (notamment au service de la nouvelle fonction stratégique « Connaissance et anticipation »). L'ambition spatiale préconisée par le Livre Blanc se traduit





© CNES, 2012

Photo 3 : Paris vue par le satellite Pléiades 1A le 17 janvier 2012. Le satellite Pléiades 1A, placé en orbite à 694 Km d'altitude, a fourni des images saisissantes de la Terre seulement 4 jours après sa mise en orbite le 17 décembre 2011 depuis le centre spatial guyanais.

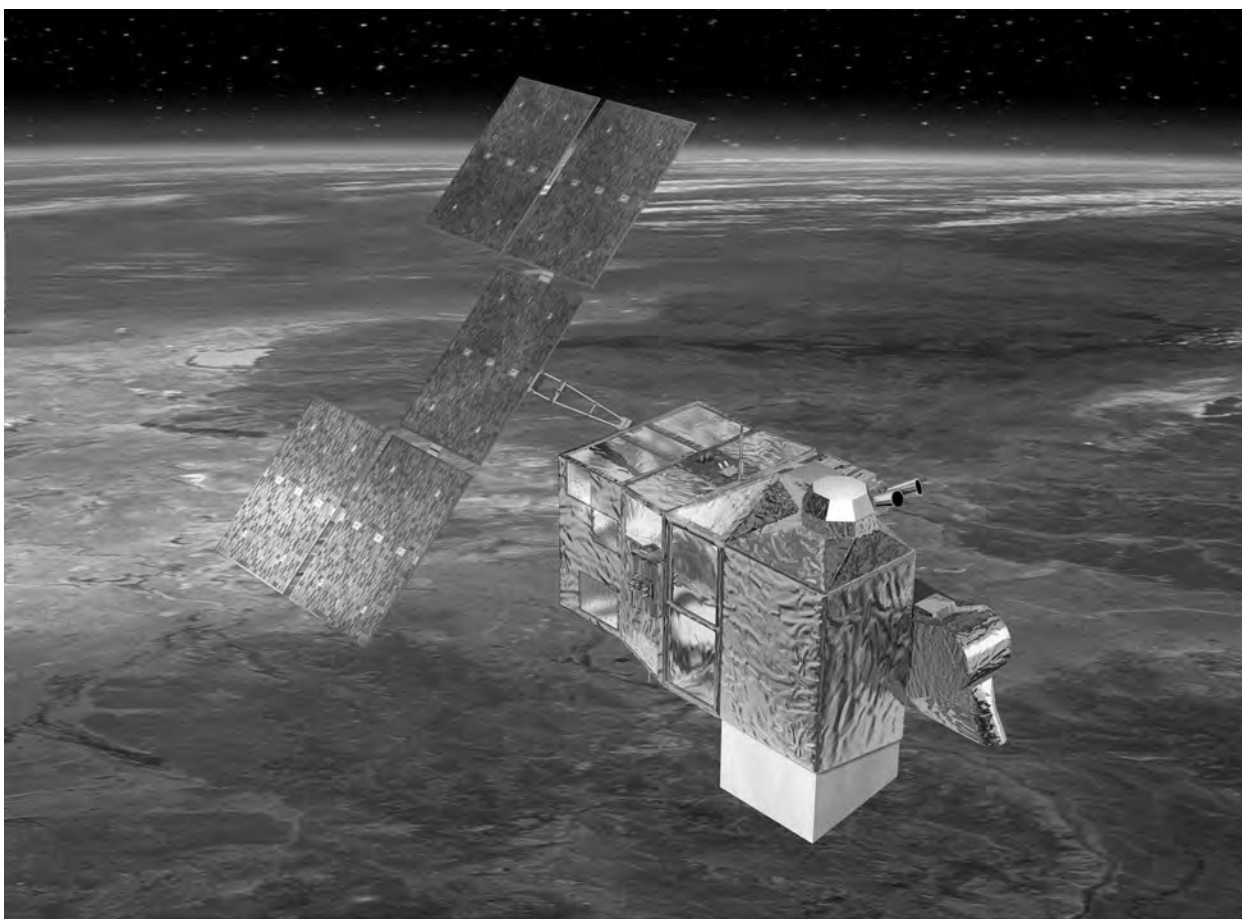
notamment par les priorités retenues dans la loi de programmation militaire 2009-2014 (voir la photo 4).

Les programmes spatiaux réalisés au profit du ministère de la Défense font l'objet d'une collaboration étroite entre l'Etat-major des armées, la direction générale de l'Armement (DGA) et le CNES. Cette collaboration s'applique dès les phases amont de R&T et se poursuit jusqu'à l'exploitation de satellites (dont le CNES est, le plus souvent, l'opérateur). L'objectif de cette approche commune est de faire jouer pleinement, et dans les meilleures conditions possibles, la dualité de l'espace.

Le CNES assure, par délégation de la direction générale de l'Armement (DGA), la maîtrise d'ouvrage de la composante spatiale des projets spatiaux de la

défense. La coopération est animée par une équipe Défense au sein du CNES, qui est pilotée par le Président du CNES, l'Etat-major des Armées et la DGA. Les relations avec le Commandement Interarmées de l'Espace et avec l'Armée de l'Air (CDAOA) sont étroites.

Dans le domaine de la sécurité, l'espace voit son domaine d'utilisation s'étendre. Sécurité aérienne et sécurité maritime viennent compléter la prévention des risques et le management des crises (Charte « Espace et catastrophes majeures » créée par la France avec l'ASE) ou la recherche et le sauvetage de personnes en détresse (Cospar-Sarsat). La France continue à jouer un rôle majeur dans ces domaines, au service de ses engagements internationaux.



© CNES/David DUCROS, 2009

Photo 4 : Illustration du satellite Hélios 2B. L'objectif du programme Hélios II est l'observation (visible et infrarouge) de la Terre à des fins de renseignement, de géographie, de ciblage et de préparation de missions. Hélios II, lancé en 1998, est un programme conduit en coopération avec la Belgique, l'Espagne, l'Italie et la Grèce, à hauteur d'une participation au programme de 2,5 % pour chacun. Le programme, qui assure la continuité de Hélios I, comprend deux satellites (Hélios 2A mis sur orbite en 2004 ; Hélios 2B qui a été lancé fin 2009) et une composante sol (programmation, réception, production et exploitation d'images).

LE CNES AU SERVICE DE LA STRATÉGIE SPATIALE DE LA FRANCE

Le Centre National d'Études Spatiales (CNES), qui est l'agence française de l'espace, est chargé de conseiller le gouvernement français dans l'élaboration de la politique spatiale du pays et de mettre en œuvre la politique décidée. Il a pour mission d'apporter une expertise technique au gouvernement sur les questions spatiales et d'assurer la maîtrise d'ouvrage des programmes spatiaux. Il représente la France dans les instances spatiales internationales et gère la contribution française à l'Agence spatiale européenne.

Le CNES a pour objectif d'obtenir la meilleure efficacité en s'appuyant sur sa double compétence d'agence et de centre technique. L'objectif de ses trois centres techniques (Toulouse pour les satellites, Paris pour les lanceurs, et Kourou pour la base spatiale - Port spatial de l'Europe) est d'assurer, en partenariat avec les chercheurs et les industriels, la boucle innovante et féconde que constituent successivement la préparation de l'ave-

nir (Recherche et Technologie, démonstrateurs, programmes probatoires, nouvelles méthodes et outils, etc.), la maîtrise d'ouvrage des programmes prioritaires décidés par le gouvernement et, enfin, le transfert aux utilisateurs et aux industriels.

Le CNES met les compétences dont il dispose au service des utilisateurs de données spatiales, ainsi qu'à celui de l'Agence spatiale européenne et de l'Union européenne.

Par ailleurs, la loi sur les opérations spatiales confie au CNES la mission d'assister l'État dans la définition de la réglementation technique et d'exercer, à la demande du ministre chargé de l'Espace, le contrôle de la conformité des systèmes et des procédures mis en œuvre par les opérateurs spatiaux à la réglementation technique et à la réglementation d'exploitation des installations.

CONCLUSION

Les traits majeurs du secteur spatial sont le développement extraordinaire des usages de l'espace au cours des



deux dernières décennies et l'accélération de ce développement dans la période la plus récente.

Par sa stratégie spatiale au sein de l'Europe, la France entend relever les quatre grands défis suivants :

- le premier de ces défis est de favoriser le passage des innovations poussées par la technologie aux innovations tirées par les besoins : les satellites, leurs instruments, les segments sol, les traitements de données sont désormais capables de répondre aux demandes de plus en plus exigeantes des utilisateurs dans des conditions économiquement compétitives ; les applications et les services opérationnels vont se multiplier à travers la fusion des informations, les développements logiciels et les initiatives *marketing* dans une combinatoire innovante et créative particulièrement bien adaptée aux PME. Il s'agit d'être au carrefour des besoins des utilisateurs, de l'innovation et de l'anticipation, pour pouvoir apporter des solutions compétitives et favoriser l'émergence d'un marché aval des applications à valeur ajoutée et des services opérationnels ;
- le second défi sera de faire fructifier les investissements spatiaux et leurs effets de levier, notamment en soutenant de façon volontariste l'essor industriel et technologique du domaine, ainsi que la recherche, tout en garantissant la continuité des données et donc le

renouvellement des infrastructures, condition indispensable pour que les investisseurs privés développent le marché aval des applications et des services. Le secteur spatial est ainsi appelé à connaître une forte croissance ;

- le troisième défi concerne la gouvernance du spatial en Europe. Le traité de Lisbonne confère à l'Union européenne une compétence spatiale partagée avec ses Etats membres. L'Union européenne, en tant qu'entité politique, est indispensable pour donner à la politique spatiale européenne le souffle dont elle a besoin sur la scène internationale. La gouvernance de l'espace reste à construire en Europe, avec les trois grands maîtres d'ouvrage publics : Etats membres, UE et ASE ;

- enfin, le quatrième défi est celui du développement de la coopération internationale : plus que jamais, l'espace sera le domaine par excellence de l'ouverture et de la coopération internationale, que ce soit, par exemple, pour la mise en commun des données d'observation de la Terre ou du changement climatique, ou pour la construction d'un grand programme mondial d'exploration du système solaire.

Par cette stratégie, la France entend maintenir sa place et celle de l'Europe sur la scène spatiale internationale afin de retirer de l'espace tous les bienfaits dont celui-ci est porteur.

Quelles seraient les conséquences sur le plan militaire de la perte par la France de ses capacités spatiales ?⁽¹⁾

LES ENJEUX

Comme l'ont montré les dernières opérations militaires de la France sur des théâtres extérieurs, la prégnance du spatial sur l'ensemble du spectre des missions de défense est forte.

La crédibilité du positionnement politique et diplomatique de la France reste subordonnée à sa capacité à évaluer chaque situation de manière autonome et souveraine.

Une perte d'autonomie en la matière aurait pour la France des conséquences durables pour son avenir stratégique et sa capacité à rester maîtresse de son destin.

Par le Colonel Iñaky GARCIA-BROTONS* et François RAFFENNE**

Afin de rendre compte de l'ensemble des conséquences d'une perte de capacités spatiales pour notre outil de défense sans nous limiter au seul prisme des opérations récentes, nous avons privilégié ici une approche évolutive (du court terme opérationnel au long terme stratégique) dans le but de montrer la prégnance du spatial sur l'ensemble du spectre des missions de défense.

Le point de départ de notre réflexion est l'examen des opérations menées ces dernières années par l'armée française tant sur des théâtres extérieurs (Force Internationale d'Assistance et de Sécurité (FIAS) en Afghanistan, Harmattan en Libye, Force Internationale des Nations Unies au Liban (FINUL), opérations Licorne, Atalanta, interventions en Somalie, au

Niger...) que sur le territoire national (lutte contre l'orpaillage clandestin en Guyane). Cet examen permet d'appréhender l'importance des capacités spatiales sur l'ensemble du cycle opérationnel. Les premiers retours d'expérience de l'opération Harmattan mettent en effet en relief la prééminence du spatial tant au niveau de la planification (utilisation de la cartographie satellitaire

* Chef d'Etat-major du Commandement interarmées de l'Espace.

** Responsable du suivi des questions de sécurité/défense UE et OTAN au sein de la division « Relations Institutionnelles » d'Astrium.

(1) Cette chronique présente les résultats d'un travail dirigé par le Colonel Iñaky Garcia- Brotons dans le cadre du séminaire d'expertise spatiale organisé par le Centre d'études stratégiques aérospatiales (CESA), sous l'égide du Commandement interarmées de l'Espace (CIE).

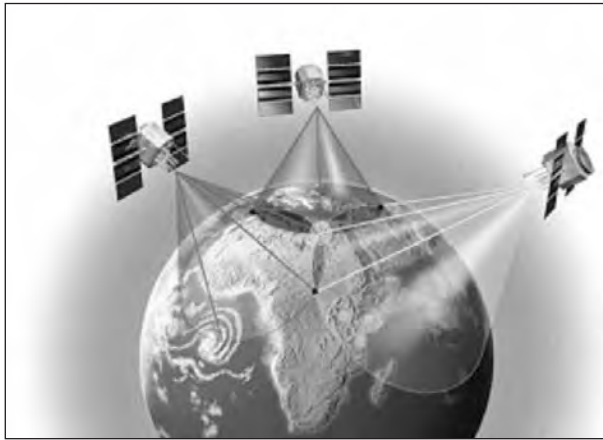


Photo 1 : Configuration de la radionavigation par satellites.

et des modèles numériques de terrain, renseignement optique et radar...) que de la préparation (renseignement opératif, météo, ciblage) et de la conduite des opérations (guidage GPS, systèmes de communication, *data-links*...). De nature essentiellement aéromaritime, l'opération Harmattan s'est en effet articulée autour de l'utilisation massive et continue de l'espace comme facilitateur capacitaire permettant la mise en réseau des différents moyens employés dans le respect des contraintes opérationnelles et politiques d'une telle opération. De manière générale, il est donc possible d'affirmer que la perte de capacités spatiales aurait profondément modifié la physionomie de l'opération (moindre efficacité des frappes aériennes, ralentisse-

ment de la boucle décisionnelle et du tempo opérationnel, risque accru de dommages collatéraux et de pertes humaines au sein de la coalition) avec une possible incidence sur la nature même du conflit et sur sa durée (2).

Toujours sur le plan des opérations, l'Afghanistan met en évidence l'importance du spatial pour appréhender les spécificités géographiques et opérationnelles du théâtre d'intervention. Les dimensions et le caractère montagneux et escarpé du territoire afghan nécessitent en effet le recours aux liaisons satellites pour les communications intra et inter-théâtres de toutes les emprises de la FIAS (Head-Quarters (HQs), bases opérationnelles avancées (FOBs), *Operational Mentor and Liaison Teams* (OMLTs)), comme pour l'utilisation des drones « au-delà de la ligne d'horizon », avec conservation de l'observation. En outre, l'ensemble des moyens d'écoute électromagnétique, cruciaux pour les actions des forces spéciales et l'élimination des *high-value targets*, ne peuvent être envisagés sans recours à l'espace. Enfin, la durée de l'opération imposant des temps de déploiement longs pour les personnels de la force, les moyens de soutien aux troupes (*welfare*) recourant aux satellites deviennent essentiels. En Afghanistan, la perte de capacités spatiales aurait ainsi pour conséquence de réduire les ambitions militaires et politiques d'une opération

(2) A titre d'illustration, l'élimination de la colonne du Colonel Kadhafi a été le résultat d'une action concertée et réactive d'un drone Predator et de Mirages 2000, une action rendue possible par le recours aux liaisons satellitaires.



Photo 2 : Image simulée de la rade du port militaire de Toulon à partir d'informations fournies par le satellite Pléiades.

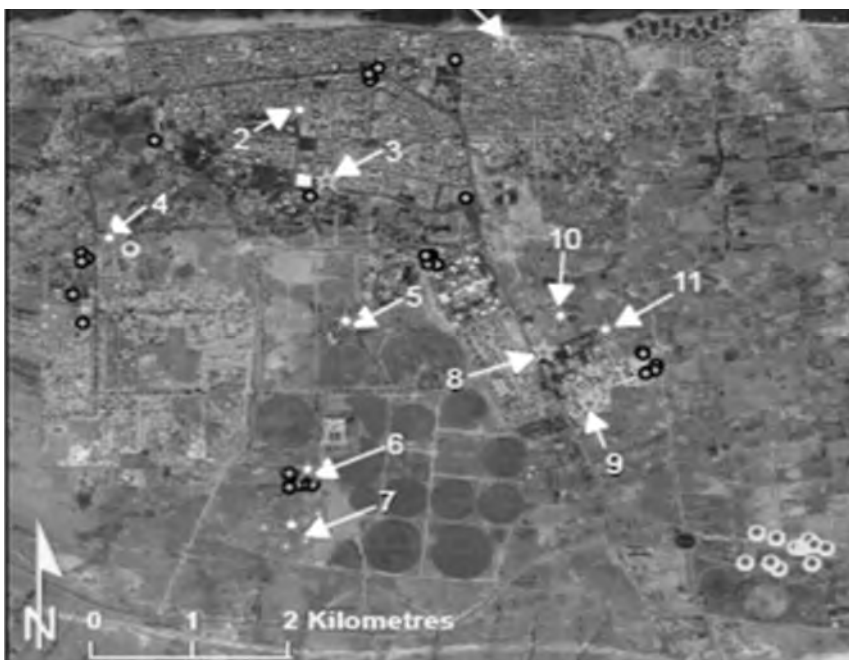


Photo 3 : Utilisation de l'imagerie spatiale pour la conduite d'opérations militaires.



© CNES

Photo 4 : Le satellite Hélios mis en orbite par le lanceur Ariane 5 (représenté ici juste après le largage de sa coque de protection).

dont le caractère complexe et protéiforme s'accommode déjà mal de toute carence capacitaire.

Les autres opérations menées ces dernières années, qui se situaient moins dans le registre de la haute intensité, utilisaient déjà toutes l'espace à des degrés divers. D'importance moindre, compte tenu du tempo opérationnel différent qui caractérise ces diverses opérations, les capacités spatiales n'en demeurent pas moins un multiplicateur d'effets dont la disparition soudaine aurait des conséquences importantes sur l'aptitude des armées à satisfaire aux exigences du contrat opérationnel issu du Livre Blanc sur la Défense et la Sécurité nationale de 2008.

En élargissant la perspective pour nous concentrer, dans un deuxième temps, sur les missions de défense s'inscrivant davantage dans le moyen terme, l'espace apparaît, là encore, comme un élément structurant. L'ensemble des missions recouvrant la surveillance de la proliféra-

tion nucléaire et balistique, la vérification de l'application des traités internationaux et la pérennité de la posture de dissuasion reposent sur une utilisation continue de moyens spatiaux tant dans leur dimension proprement opérationnelle que dans leur volet politico-stratégique. En effet, la crédibilité du positionnement politique et diplomatique de la France sur ces questions est consubstantielle à la capacité nationale à évaluer chaque situation de manière autonome et souveraine. Grâce à leur caractère non intrusif et récurrent, les moyens spatiaux, notamment optiques, garantissent l'autonomie nationale en matière de négociation et de prise de décision, permettant ainsi à la France de maintenir une posture stratégique souveraine et de disposer d'une information au service des seuls intérêts du pays. La perte de telles capacités spatiales aurait un impact profond et durable sur l'exercice de la souveraineté nationale en rendant la France dépendante d'informations étrangères qu'elle ne maîtriserait pas, et donc sujettes à falsification (3). Les prises de décisions les plus stratégiques pour le pays (entrée en guerre, vote au Conseil de Sécurité des Nations Unies, posture diplomatique) seraient entièrement assujetties aux moyens d'autrui. Devenue aveugle stratégiquement, la France se retrouverait ainsi dans la posture inconfortable d'un pays disposant de tous les attributs de la puissance, mais demeurant incapable d'en décider l'usage en toute connaissance de cause. Cette perte d'autonomie aurait de fait des conséquences durables pour l'avenir stratégique de la France et pour sa capacité à rester maîtresse de son destin.

(3) L'exemple le plus pertinent de ce cas de figure demeure l'évaluation autonome par la France du programme irakien d'armes de destruction massive grâce aux images fournies par le satellite de reconnaissance Hélios en 2002-2003. N'étant pas dépendante des images fournies par d'autres opérateurs, la France avait ainsi été en mesure de décider en toute connaissance de cause de ne pas participer à l'invasion de l'Irak.

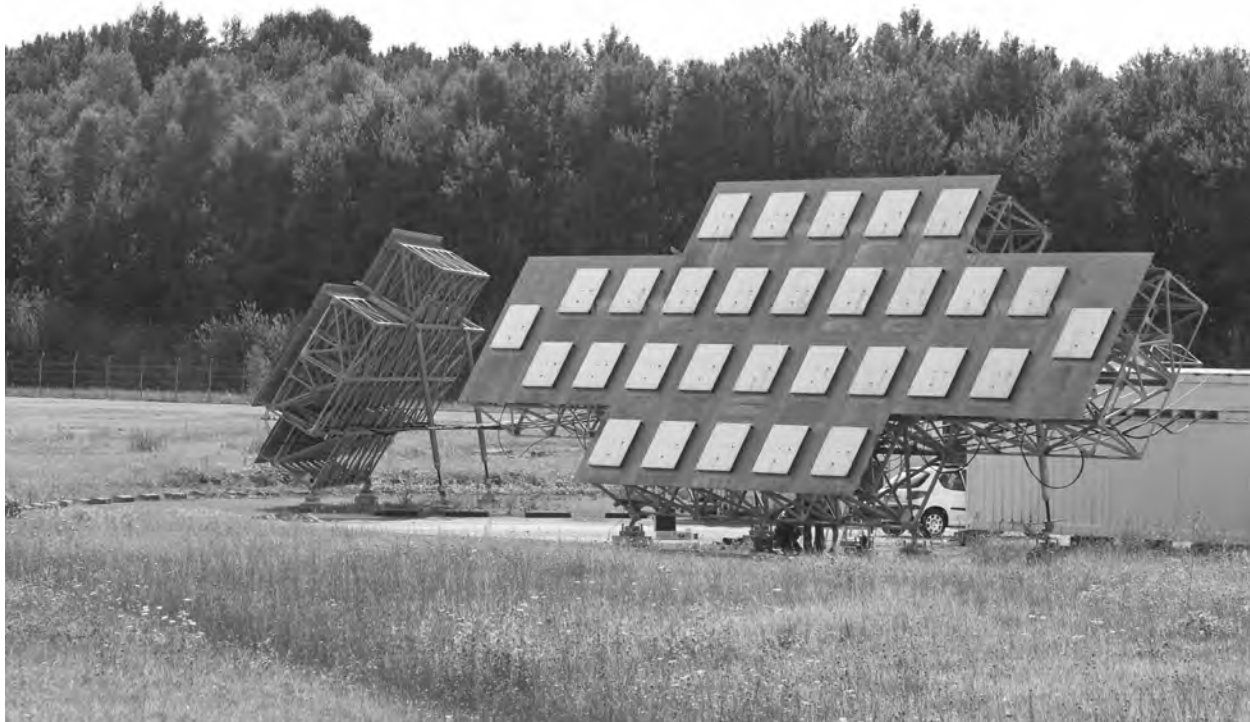


Photo 5 : Surveillance de l'espace au moyen de radars Graves.

Les conséquences à plus long terme de la perte de capacités spatiales peuvent être évaluées à l'aune des exigences de la fonction « Connaissance et anticipation ». La tension croissante entre, d'une part, la pression accrue sur les budgets alloués à la défense et, d'autre part, l'élargissement continu du spectre des missions qui lui sont assignées contribue en effet à faire de cette fonction stratégique le point d'équilibre de l'équation précaire entre moyens et missions. Dans cette perspective, l'espace apparaît plus que jamais comme l'élément constitutif de la puissance de demain, qui devrait, selon toute vraisemblance, être caractérisée par l'affirmation grandissante de nouveaux défis stratégiques, liés notamment au réchauffement climatique, à la réduction du format des armées, à la démocratisation des moyens de la puissance conventionnelle, ainsi qu'à un aplanissement relatif des écarts de puissance entre pays et, par conséquent, à l'importance grandissante des capacités différenciatrices. A l'instar des capacités de lutte informatique défensive et offensive, les capacités spatiales apparaissent, dans ce contexte, comme un multiplicateur de forces susceptible, à l'ère des puissances relatives, de préserver la supériorité qualitative des armées disposant de ces moyens, tant en amont des crises qu'en aval de celles-ci.

Clé de voûte de la puissance de demain et élément différenciateur par excellence, l'espace est ainsi autant porteur d'atouts que générateur de vulnérabilités. Cette notion est notamment au centre du concept (en cours de popularisation) des « espaces communs partagés » (ou *Global Commons*, selon la terminologie

américaine et désormais selon celle de l'Otan). À l'instar de l'espace maritime et du *cyberespace*, l'espace extra-atmosphérique constitue un milieu dont la maîtrise des flux – plus que le contrôle à proprement parler – constitue un avantage tant stratégique qu'opérationnel. Toute restriction imposée à la liberté d'action au sein des *Global Commons* modifie, en revanche, l'équation de la puissance de manière tout autant exponentielle. La perte de capacités spatiales aurait donc sur le long terme un impact considérable sur l'équilibre entre les puissances respectives des nations.

Par conséquent, l'espace, vecteur autant de puissance que de vulnérabilités, doit pouvoir être sécurisé à la hauteur des enjeux qu'il véhicule. Les programmes de sécurité dans l'espace et de *Space Situational Awareness* (SSA) deviennent d'autant plus indispensables qu'ils permettent de préserver la maîtrise de capacités dont l'importance stratégique et opérationnelle va continuer de s'accroître. En dépit du caractère encore « non-arsenalisé » de l'espace extra-atmosphérique, le caractère évolutif et protéiforme des conflits de demain (qui seront sans doute moins centrés sur des problématiques exclusivement territoriales) risque fort d'investir le milieu spatial, le transformant d'espace de partage qu'il était, en un champ potentiel de batailles. Il est du devoir de tous les acteurs du spatial de défense, des opérationnels jusqu'aux industriels, de prendre la pleine mesure de cet enjeu afin d'être à même de préparer la France à faire face à cet avenir incertain en toute connaissance de cause et en disposant des moyens nécessaires.

Espace et télécommunications

DE MULTIPLES DOMAINES
D'APPLICATION

La croissance impressionnante et ininterrompue enregistrée par l'industrie spatiale a été nourrie par celle du secteur des médias et des télécommunications pris dans son ensemble.

Fort de sa qualité technologique (diffusion en haute définition, en tout point du territoire, de manière uniforme) et de ses faibles coûts de diffusion, le satellite est un maillon essentiel du développement de l'économie et de la société numériques.

Dans un monde où l'accès à Internet à haut débit devient une commodité essentielle au même titre que l'eau ou l'électricité, la question de son accessibilité pour tous à un prix abordable devient une question d'équité entre les citoyens, entre les entreprises et entre les territoires. Là encore, de par sa complémentarité avec les réseaux terrestres, le satellite est porteur d'opportunités et s'affirme comme le vecteur essentiel de la réduction de la fracture numérique.

Par Jean-Paul BRILLAUD*

LES TÉLÉCOMS SPATIALES

*"A true broadcast service, giving constant field strength, at all times over the whole globe would be invaluable, not to say indispensable in a world society".***

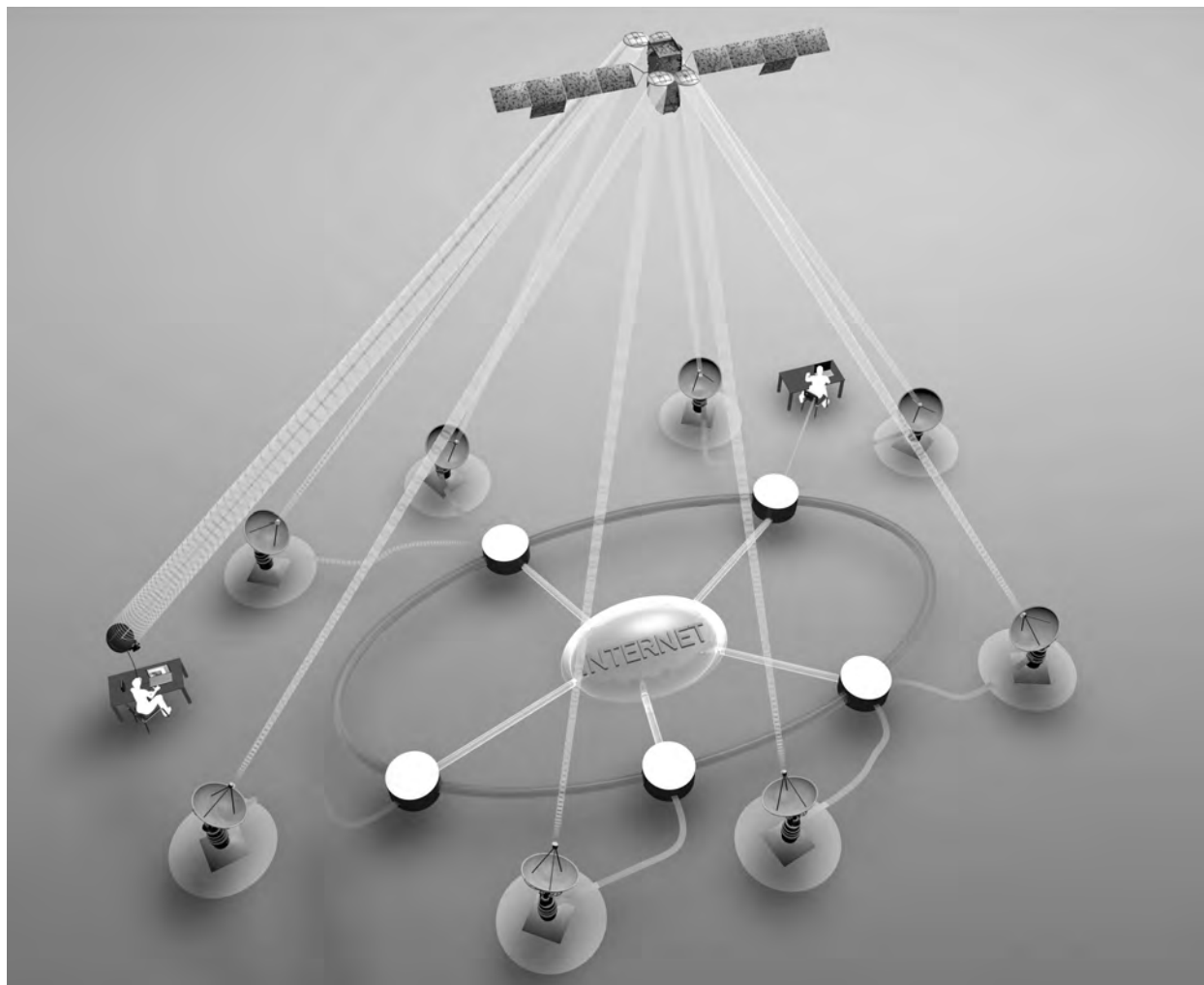
Vingt ans furent nécessaires aux ingénieurs avant de maîtriser les technologies de propulsion permettant de placer sur l'orbite géostationnaire des satellites artificiels et donner corps à cette vision exprimée dès 1945 par Arthur C. Clarke dans un article de la revue *Wireless World*. A l'époque, Clarke pensait que trois satellites espacés de 120 degrés seraient suffisants pour répondre aux besoins d'un réseau mondial de communications : une ambition bien modeste en regard de la croissance impressionnante et ininterrompue que l'industrie spatiale a connue depuis, nourrie par celle du

secteur des médias et des télécommunications pris dans son ensemble.

Ce développement trouve son origine dans la très forte adaptabilité des technologies satellitaires résultant de la combinaison d'une large couverture, d'une grande flexibilité et de leur capacité à supporter tous les types de protocoles de transport. Ainsi, alors qu'initialement, il avait été dédié aux transmissions transatlantiques (puis à la téléphonie intercontinentale et à la diffusion de la télévision analogique), le satellite a su utiliser ses atouts intrinsèques pour évoluer

* Administrateur d'Eutelsat.

** « Un véritable service de radiodiffusion produisant une puissance de champ constante à tout moment et sur toute la surface du globe serait non seulement d'une valeur inestimable, mais indispensable dans une société globalisée ».



© EUTELSAT/ROLLE/REA

« Plus récemment, le satellite a ajouté une corde à son arc, en fournissant des services IP (*Internet Protocol*) à haut débit aux régions que les infrastructures terrestres ne permettent pas de desservir ». *Le satellite KA SAT, mis en orbite en décembre 2010, fournissant un accès à Internet à haut débit sur toute l'Europe. Maquette présentée au Téléport d'Eutelsat Communications, décembre 2010.*

progressivement vers la distribution de contenus vidéos numériques à destination des régions développées comme des régions en développement, ainsi que vers les services de stockage de données à destination des opérateurs de télécommunications, des entreprises et des administrations. Plus récemment, le satellite a ajouté une corde à son arc, en fournissant des services IP (*Internet Protocol*) à haut débit aux régions que les infrastructures terrestres ne permettent pas de desservir.

D'aucuns prédisaient pourtant un avenir plutôt sombre aux télécommunications spatiales. Avec quel argument ? Sous l'effet de la numérisation de la télévision, le marché adressable allait, selon eux, se réduire comme peau de chagrin puisque là où un canal entier de transmission satellitaire était nécessaire pour la diffusion d'une chaîne en format analogique, seulement 10 % de la bande passante correspondante suffiraient pour diffuser son équivalent en numérique. C'était en réalité ignorer qu'en abaissant fortement les barrières à l'entrée, cette réduction drastique des coûts de transmission allait ouvrir la voie à un

formidable développement de l'offre de chaînes de télévision. Alors que la position Hotbird d'Eutelsat ne diffusait que 16 chaînes analogiques en 1990, ce sont plus de 1 150 chaînes numériques qui sont aujourd'hui disponibles grâce au cercle vertueux qu'Eutelsat a réussi à initier, à partir de cette même position orbitale, entre la présence de chaînes attirant une large audience et l'augmentation du nombre des foyers équipés pour recevoir les signaux émis depuis cette position.

EUTELSAT

Eutelsat a été un des principaux moteurs du développement des télécommunications spatiales. A l'origine, les activités actuelles d'Eutelsat étaient exercées par une organisation intergouvernementale (OIG), l'Organisation Européenne de Télécommunications par Satellite. Cette organisation avait été fondée par certains pays d'Europe occidentale afin de développer

et d'exploiter un système de télécommunications par satellite dans un cadre de télécommunications transeuropéen.

Partant du constat que les satellites pouvaient apporter un moyen de transmission aux chaînes de télévision qui en étaient privées et une solution aux chaînes publiques cherchant à étendre leur couverture internationale ou toucher leurs expatriés, Eutelsat, initialement focalisé sur la téléphonie, a ainsi vu son centre de gravité se déplacer progressivement vers la télévision. Cette évolution ne s'est pas faite sans d'intenses débats entre, d'un côté, ceux qui considéraient initialement que le marché de la télévision devait être laissé à d'autres et qu'Eutelsat devait se concentrer sur son métier de base et sa vocation première, la téléphonie et, de l'autre, ceux qui voyaient dans la diffusion de la télévision un domaine dans lequel les forces intrinsèques du satellite offrirait de belles perspectives.

Eutelsat est devenue une société anonyme en juillet 2001. Cette transformation a été principalement motivée par la libéralisation générale du secteur des télécommunications en Europe, et elle s'est plus spécifiquement inscrite dans le cadre tracé par la Commission européenne (dans son Livre Vert de 1990), qui préconisait une réforme des organisations internationales de télécommunications par satellites afin de libéraliser l'accès des utilisateurs finaux à la capacité satellitaire et d'assurer la libre commercialisation de celle-ci par les opérateurs. La transformation en société anonyme a donc principalement eu pour objet d'inscrire l'activité opérationnelle de l'OIG dans un cadre concurrentiel, dans le contexte de l'ouverture du marché des télécommunications par satellites.

L'OIG Eutelsat a été maintenue en tant qu'organisation intergouvernementale et réunit à ce jour 48 pays européens.

La société a été introduite en Bourse en décembre 2005. Ses deux principaux actionnaires sont aujourd'hui Abertis Telecom, filiale détenue à 100 % par le groupe espagnol Abertis, et le Fonds Stratégique d'Investissement (FSI) détenu par la Caisse des Dépôts et Consignations et par l'État français.

Au 30 juin 2011, la société opère une flotte de 28 satellites situés sur 21 positions orbitales comprises entre 15° Ouest et 75° Est, qui permettent de couvrir l'ensemble de l'Europe étendue (l'ensemble du continent européen, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord), ainsi que l'Afrique sub-saharienne et une partie importante des continents asiatique et américain. Cette flotte représente un total de 742 répéteurs opérationnels en orbite stable au 30 juin 2011 (contre 652 répéteurs en orbite stable au 30 juin 2010, à la suite de la réussite des premières étapes d'un important plan de renouvellement et d'accroissement de nos ressources).

Au 30 juin 2011, le groupe diffusait dans le monde 3 880 chaînes de télévision (en croissance de 6 % par

rapport au 30 juin 2010) à destination de plus de 204 millions de foyers abonnés au câble et au satellite.

Parmi les utilisateurs de la capacité du groupe figurent les principaux opérateurs européens et internationaux de médias et de télécommunications : radiodiffuseurs (privés et publics), opérateurs de télévision numérique payante, prestataires de services de réseaux d'entreprises ou d'opérateurs de réseaux, opérateurs de services satellitaires (au Moyen-Orient), opérateurs télécoms pour la fourniture de solutions d'accès à l'Internet haut débit, ainsi que des groupes internationaux à la recherche de solutions d'interconnexion, auxquels Eutelsat offre ses services soit directement, soit par l'intermédiaire de distributeurs.

Au cours de l'exercice clos au 30 juin 2011, le groupe a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 1 168,1 millions d'euros (en croissance de plus de 11 % par rapport à l'année fiscale précédente) et un EBITDA (bénéfice brut d'exploitation) consolidé de 926,4 millions d'euros. Par ailleurs, au 30 juin 2011, le carnet de commandes du groupe s'élevait à 4,96 milliards d'euros (représentant plus de 4,2 années de chiffre d'affaires).

LES SATELLITES ET LES TÉLÉCOMMUNICATIONS AUJOURD'HUI

Sur les dix dernières années, le marché des communications par satellites s'est montré non seulement particulièrement résistant aux effets de cycles de l'économie mondiale (à laquelle l'industrie des médias et des télécommunications dans son ensemble paraît largement plus corrélée), mais aussi nettement plus dynamique. En prenant l'année 2003 pour base 100, le PIB mondial s'élevait à 121 en 2010, et les revenus du secteur des médias et des télécommunications, à 129. Ces deux indicateurs avaient présenté un net infléchissement en 2009. *A contrario*, l'évolution en volume de la demande de capacité satellitaire mondiale, toutes applications confondues, a présenté une croissance forte et ininterrompue sur la décennie passée, et elle s'élève aujourd'hui à 149 (toujours sur une base 100 en 2003) (voir la figure 1).

Pourtant, avec à peine plus de 10 milliards de dollars de chiffre d'affaires au niveau mondial, certains pourraient arguer du fait que l'opération de satellites de télécommunications ne représente qu'une part modeste du secteur (plus de cent fois plus important) des médias et des télécommunications pris dans son ensemble. L'originalité du satellite réside dans le fait que, bien que situé dans une niche de marché, le rôle qu'il joue dans l'économie et la société numériques est tout sauf marginal.

D'abord, le nombre de foyers recevant directement la télévision grâce au satellite est plus que conséquente. Et ce chiffre est en forte augmentation, non seulement en termes absolus, mais aussi en proportion du

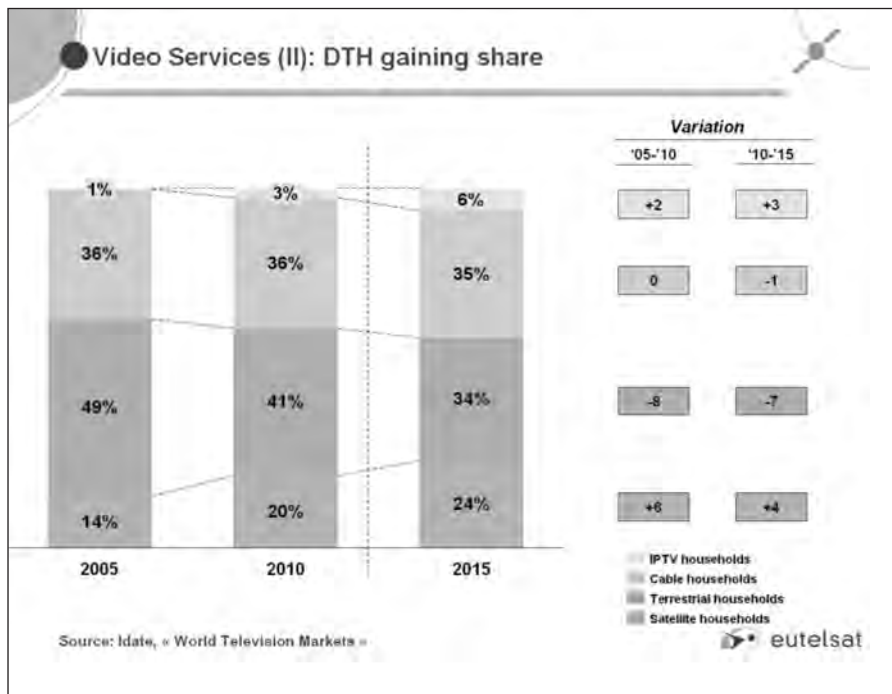


Figure 1.

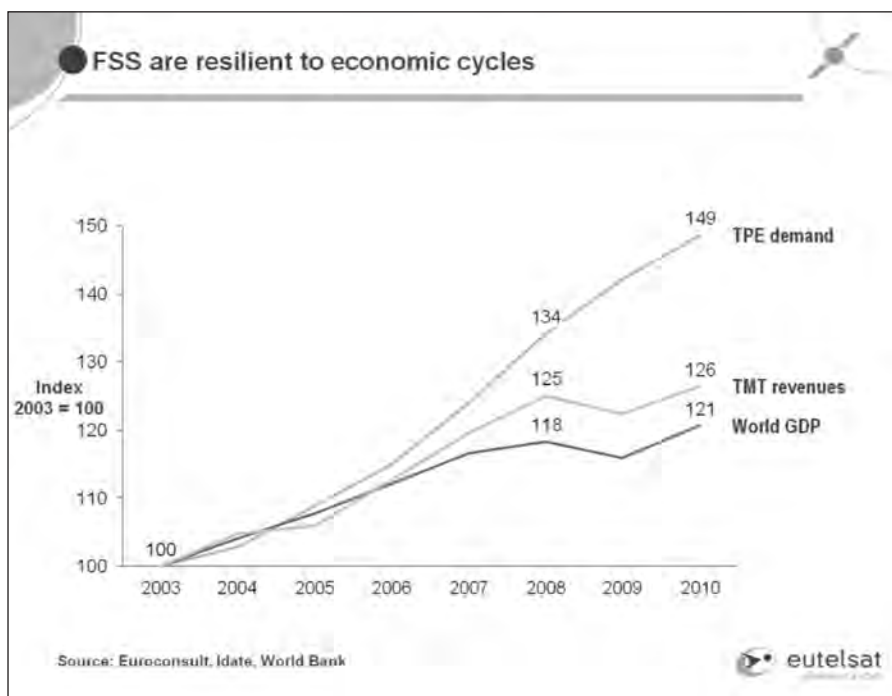


Figure 2.

nombre total de foyers recevant la télévision (1) (voir la figure 2).

Ce dynamisme s'explique à la fois par la qualité du service fourni par le satellite et par une disponibilité uniforme sur l'ensemble du territoire, pour un coût indépendant de la localisation géographique de celui qui en bénéficie. Le satellite permet ainsi de combler la fracture numérique laissée par les infrastructures terrestres (dont le coût de déploiement augmente, au contraire, de manière exponentielle à mesure que leur capillarité augmente, que ce soit pour la télédiffusion ou pour les services de données informatisées). Cette caractéristique unique du satellite permet d'en faire :

- une solution de complément à part entière pour les territoires où la densité de la population ne permet pas aux infrastructures terrestres de les desservir avec la qualité requise. Ainsi, dans le cas de la France, 5 % des foyers ne pourraient recevoir la télévision et 1 % n'au-

(1) Selon l'Idate [Ndlr : L'Institut pour le Développement et l'Aménagement des Télécommunications et de l'Économie (IDATE) est devenue en 1986, l'Institut de l'Audiovisuel et des Télécoms en Europe], près de 300 millions de foyers recevaient en 2010 la télévision directement par satellite, ce qui représente plus de 20 % des foyers recevant la télévision dans le monde. Toujours selon cet Institut, ce pourcentage devrait atteindre 25 % en 2015.

rait aucun moyen d'accéder à Internet sans l'existence de solution(s) satellitaire(s),

- ... mais aussi une solution qui, combinée aux réseaux terrestres, permet de concevoir un réseau hybride satellite/terrestre améliorant la qualité du service global apporté aux utilisateurs. En plus de la réception directe de la TNT (pour les foyers situés dans des zones d'ombre des réseaux terrestres), le satellite alimente les radars des têtes du réseau hertzien terrestre. Le satellite est également utilisé de manière croissante par les opérateurs de télécommunications pour rendre accessibles leurs offres *triple-play* à l'ensemble de leurs abonnés Internet, même à ceux, et ils sont nombreux, dont leur éloignement d'un central téléphonique ne leur permet pas de disposer d'un débit suffisant pour accéder à la télévision en mode IP. Enfin, dans les régions en développement (comme l'Afrique, où les réseaux terrestres sont peu développés), le satellite permet de relier instantanément au réseau les antennes de téléphonie mobile installées par les opérateurs, rendant ainsi possible un déploiement rapide de l'infrastructure de ces derniers en réponse à l'explosion de la téléphonie mobile.

L'AVENIR

Les perspectives de développement des télécommunications par satellite sont prometteuses tant à court terme qu'à long terme

La demande de capacité pour la transmission des applications vidéo, premier marché d'Eutelsat, restera dynamique dans les dix années à venir sous l'effet de la combinaison de plusieurs facteurs :

- la croissance du nombre des chaînes de télévision (2). Cette augmentation est particulièrement soutenue par le développement de l'offre de chaînes dans les pays émergents. L'augmentation des audiences dans ces pays est le principal ressort de l'augmentation du nombre des chaînes, que favorise de surcroît la réduction des coûts d'accès à la capacité satellitaire ;
- le développement de la télévision haute définition (TVHD), notamment dans les pays développés (3). Les transmissions de programmes de TVHD requièrent une plus grande capacité satellitaire que la télévision numérique traditionnelle. A technologies de diffusion et de compression égales, une chaîne à haute définition peut requérir une capacité cinq fois plus élevée qu'une chaîne au format numérique standard. L'utilisation du mode de compression MPEG-4 et du système de diffusion DVB-S2 permet d'améliorer l'efficacité spectrale de 50 %, de sorte qu'une chaîne HD requiert une capacité encore 2,5 fois plus élevée que la même chaîne en définition numérique standard ;

- le développement de la diffusion HD est porté notamment par l'adoption massive des téléviseurs *HD-ready* ou *Full HD* en Europe occidentale et en Europe orientale (4). Ce développement est soutenu par la baisse des prix des téléviseurs à écran plat et à leur standardisation HD ;

- le développement de la Télévision Numérique Terrestre (TNT). Initialement lancée en Europe occidentale (notamment au Royaume-Uni, en Espagne, en Suisse, en Allemagne, en France et en Italie), la TNT commence à se développer plus largement en Europe (5). L'apparition de la TNT offre aux opérateurs de satellites une opportunité de fournir de la capacité pour alimenter les réémetteurs terrestres et pour assurer le complément de couverture en réception directe par antenne parabolique (pour les foyers situés dans les zones d'ombre des réémetteurs terrestres).

Les services de données ne seront pas en reste, sous l'effet :

- du développement rapide des applications satellitaires à haut débit : à titre d'illustration, la demande de capacité satellitaire pour les réseaux d'entreprises et les services à haut débit a augmenté au taux annuel moyen de 19 % entre 2006 et 2010 en Europe étendue (source : Euroconsult 2011) et cette croissance devrait s'accélérer avec l'essor des satellites multifaisceaux, notamment en bande Ka, permettant une réduction significative du coût d'accès à la capacité satellitaire des régions peu ou non desservies par les réseaux terrestres (voir le point ci-après) ;
- de l'explosion du trafic de données en général et, en particulier, de celui qui est transporté par satellite, en provenance des marchés émergents (6) ;
- le développement de nouveaux services et applications liés à la mobilité, notamment à destination des

(2) Selon le cabinet Euroconsult, le nombre de chaînes de télévision devrait passer de près de 9 700 en 2009 à plus de 15 000 d'ici à dix ans, dans l'Europe étendue.

(3) Selon les données publiées par Lyngsat en décembre 2010, le nombre des chaînes HD diffusées par satellite dans l'Europe étendue a crû de 82 % sur une année, passant de 301 chaînes HD au 31 décembre 2009 à 548 chaînes HD au 31 décembre 2010. Selon Euroconsult, le nombre de chaînes de TVHD devrait progresser à un taux annuel moyen pondéré de 28 % en Europe étendue, sur la période 2010-2015, pour s'établir à plus de 1 800 chaînes en 2015.

(4) Selon l'institut Screendigest, plus de 103 millions de foyers européens étaient équipés de téléviseurs *HD-ready* à la fin de l'année 2010, ce qui représente plus de 60 % du parc des téléviseurs.

(5) À la fin de l'année 2010, près de 90 millions de foyers européens avaient accès à la TNT (principalement pour la réception de chaînes gratuites) (source : Screendigest, juin 2011).

(6) Croissance prévue supérieure à 50 % par an en moyenne du trafic de données entre 2010 et 2015 en Amérique Latine, en Afrique et au Moyen-Orient (source : CISCO Visual Networking Index 2010, juin 2011). Selon l'UIT (Union internationale des télécommunications), le nombre d'utilisateurs d'Internet a crû de 25 % par an, en moyenne, entre 2006 et 2011 dans les pays en développement, si bien qu'aujourd'hui 62 % des utilisateurs vivent dans ces régions, contre seulement 44 % il y a de cela cinq ans. Pour autant, le potentiel des pays en développement reste immense puisque plus de 70 % de leur population n'a pas accès à Internet (soit plus de 4 milliards de personnes), contre moins de 30 % dans les pays développés.

secteurs du transport terrestre, maritime ou encore aérien. Pour les deux derniers au moins, la place croissante occupée par les services numériques, y compris en mobilité, alliée à l'absence de réelle alternative au satellite laisse présager un fort développement à long terme.

Le satellite peut s'appuyer sur ses forces intrinsèques

Pour contribuer pleinement au développement de l'économie et de la société numériques, le satellite devra continuer à s'appuyer sur ses forces intrinsèques, qui ont été à l'origine de son essor au cours des vingt dernières années :

- sa qualité : la technologie satellitaire permet de diffuser plusieurs centaines de chaînes en qualité haute définition et ce, de manière uniforme, depuis une même position orbitale. Cela la distingue non seulement des technologies de diffusion hertziennes terrestres, dont les ressources spectrales dans la bande UHF sont nettement plus limitées, mais aussi des réseaux filaires dont la couverture n'est que partielle et qui, dans le cas de l'ADSL, fournissent un débit variable selon la position de l'utilisateur au sein du réseau ;
- ses faibles coûts de diffusion : le coût maximum par abonné (ou par téléspectateur) de la diffusion d'une chaîne de télévision numérique par satellite représente moins de un centime d'euro par mois, sur une base de 4 millions d'abonnés ou téléspectateurs. De surcroît, le coût marginal de diffusion à un abonné ou à un téléspectateur supplémentaire est nul, alors qu'il croît de manière exponentielle, dans le cas des réseaux terrestres, au fur et à mesure que la capillarité du réseau augmente ;
- son ubiquité : là où le déploiement des infrastructures terrestres se heurte à des limites techniques et économiques et là où (dans le cas des nouveaux réseaux) il ne peut se faire que dans la durée, le propre du satellite est de fournir un service uniforme et disponible en même temps, depuis n'importe quel point de la zone de couverture. Le satellite est donc particulièrement adapté aux situations d'urgence ou à toute situation requérant un complément de couverture.

La complémentarité des réseaux satellitaires et terrestres : la solution la plus adaptée pour le très haut débit (à l'exclusion des zones les plus densément peuplées)

Le monde des médias et des télécommunications est en constante transformation. Ce secteur est marqué par l'apparition ou la volonté d'apparition de nouveaux entrants issus de l'Internet dans la chaîne de valeur des médias, concomitante à une évolution progressive vers une consommation délinéarisée et personnalisée des contenus vidéos dans les pays développés. L'avènement

de la télévision connectée est susceptible de démocratiser ces nouveaux usages ; elle peut faire craindre aux acteurs traditionnels (notamment aux chaînes de télévision) une remise en cause de leur modèle. Ne perdons toutefois pas de vue le fait que l'infrastructure des opérateurs de télécommunications n'est pas correctement dimensionnée aujourd'hui pour supporter l'explosion du trafic que l'on voit poindre à l'horizon. Pour résoudre ces problèmes de saturation, de lourds investissements dans la fibre optique et le très haut débit pourraient s'avérer nécessaires (la Commission européenne les a chiffrés à 300 milliards d'euros pour la seule Europe). L'accès des foyers européens aux promesses de la TV connectée serait à ce prix.

Le déploiement de la fibre optique dans les zones les plus densément peuplées peut assurément trouver son équilibre économique. Mais en dehors de ces zones, ce déploiement dépendra des ressources publiques que les Etats voudront bien (ou pourront) mettre à disposition, dans une perspective d'aménagement numérique de leur territoire. Ce déploiement sera forcément long et coûteux pour les finances publiques, dans les zones peu denses. Une solution plus rapide et nettement moins coûteuse existe pourtant, en dehors des zones les plus denses : plutôt que de remplacer la paire de cuivre par la fibre optique, dans ces zones, pourquoi ne pas d'abord chercher à décharger la paire de cuivre du trafic qu'il serait plus approprié de transporter *via* une autre infrastructure ? L'essentiel de l'augmentation actuelle et future du trafic étant liée aux contenus vidéo (7), son transport partiel par satellite (la télévision traditionnelle, mais aussi les flux non linéaires les plus populaires, en mode *push*, pour un stockage en cache) associé à une montée en débit du réseau cuivre permettrait d'accélérer la transition vers le très haut débit de l'ensemble des territoires concernés. Il ne s'agirait là que d'une nouvelle déclinaison de la logique d'hybridation entre satellite et infrastructures terrestres, aujourd'hui intégrée par un nombre croissant d'opérateurs de télécommunications, pour la composante TV de leur offre *triple-play* à destination des foyers dont les lignes téléphoniques ne supportent pas un débit suffisant pour leur permettre d'accéder à l'IP-TV.

La réponse à la convergence progressive des usages entre télévision et Internet pourrait fort bien être dans une hybridation des divers réseaux les mieux à même de les transporter.

La transition vers la bande Ka permettra de combler la fracture numérique

Dans un monde où l'accès à Internet à haut débit devient une commodité essentielle au même titre que

(7) Selon le *CISCO Visual Networking Index*, 90 % du trafic Internet généré par les foyers concernent la vidéo. La vidéo sur Internet devrait représenter à elle seule 62 % du trafic Internet généré par les foyers en 2015 (contre 40 %, en 2010).



l'eau ou l'électricité, la question de son accessibilité pour tous à un prix abordable devient une question d'équité entre les citoyens, entre les entreprises et entre les territoires. Déjà, plusieurs pays développés ont décidé d'inclure l'accès à Internet à haut débit dans le périmètre de leur service universel de télécommunications. D'autres suivront, à n'en pas douter, notamment en Europe, où la Commission européenne fait désormais des appels du pied aux pays de l'Europe de l'Ouest. Mais la problématique ne se limite pas aux pays développés : dans les pays en développement, où les infrastructures terrestres sont moins développées, ce problème se pose en réalité avec encore plus d'acuité. Les bienfaits du développement de l'économie numérique ne seront accessibles à ces pays qu'à la condition que leurs citoyens et leurs entreprises puissent accéder à Internet.

Aujourd'hui, les regards se tournent volontiers vers la prochaine frontière, celle du très haut débit. Il n'en reste pas moins qu'il est de la responsabilité du poli-

tique de commencer par veiller à ne laisser personne sur le bord du chemin du haut débit. Des solutions innovantes, en bande Ka, disponibles depuis peu *via* les satellites multifaisceaux de nouvelle génération, telle que celle proposée en Europe par Eutelsat *via* le satellite KA-SAT, permettent de réduire d'un facteur 10 le coût par bit, et donc de proposer un accès à Internet avec une qualité et un prix comparables à ceux de l'ADSL pour les personnes non (ou mal) desservies par les réseaux terrestres. Faire de l'accès à Internet à haut débit un service universel en tant que tel est désormais possible : pour les opérateurs satellitaires, c'est là à la fois une responsabilité et une formidable opportunité. A plus long terme, les progrès continus des technologies satellitaires (du type de ceux ayant permis à Eutelsat de lancer KA-SAT) permettront de poursuivre la baisse rapide du coût par bit, permettant au satellite, en complément du rôle pivot qui est déjà le sien pour l'accès du plus grand nombre aux contenus télévisuels, d'assurer un accès équitable au très haut débit.



L'espace et les services

Le spectre des services spatiaux recouvre quatre grands types d'applications, à savoir : les télécommunications, la navigation, l'observation de la Terre et les missions scientifiques.

Ce sont les télécommunications qui ont connu le développement commercial le plus spectaculaire au travers d'applications civiles (comme la télévision) ou militaires.

Les défis à venir ne manquent pas. S'ils sont bien sûr techniques, ils sont également sociaux, politiques et financiers.

Fort de ses propriétés uniques (ubiquité, vision globale ou précise, disponibilité), le satellite est et restera le vecteur incontournable pour un nombre croissant d'applications : télédiffusion, communications sécurisées et robustes, navigation, surveillance, étude des phénomènes météorologiques, environnement...

Par Eric BÉRANGER*

LES SERVICES SPATIAUX ET LEURS APPLICATIONS

Les services spatiaux sont récents. Ils sont nés avec notre capacité à satelliser des objets autour de la Terre. On les distingue généralement en fonction de quatre types d'applications : les télécommunications, la navigation, l'observation de la Terre et les missions scientifiques.

Les télécommunications spatiales

Les télécommunications spatiales représentent l'application dont l'essor commercial est, de loin, le plus significatif. Depuis le lancement de Telstar 1, qui a permis (le 11 juillet 1962) la première transmission de télévision en direct entre les Etats-Unis et la France, l'essor de ces télécommunications a été extraordinaire (avec un taux annuel de croissance supérieur à 10 %).

Aujourd'hui, les satellites de télécommunications permettent de diffuser des milliers de chaînes de télévision et de communiquer entre tous les points du globe.

La navigation

Ces systèmes sont généralement constitués de constellations de quelques dizaines de satellites permettant une couverture de l'ensemble du globe. Tous les systèmes (américain : GPS, européen : Galiléo, russe : Glonass, ou chinois : Beidou) fonctionnent sur le même principe : la mesure simultanée des distances séparant un point d'au moins trois satellites permet de déterminer les coordonnées de ce point dans l'espace et donc de se situer sur Terre, avec une précision métrique (voire infra-métrique).

* Ingénieur des Mines, CEO d'Astrium Services.



L'observation de la Terre

L'impact visuel des images satellite de la Terre est toujours aussi grand, cinquante ans après l'obtention du premier cliché de ce type. L'observation de la Terre apporte une vision de sa surface qui peut être soit globale, soit très précise. Dans le premier cas, des applications aussi diverses que les prévisions météorologiques ou la détection de lancements de missiles sont rendues possibles grâce à des satellites qui prennent une image du globe terrestre à intervalles réguliers. Dans le second cas, l'observation satellitaire, grâce à sa précision, permet de cartographier un territoire, de mesurer l'impact d'une catastrophe naturelle ou de suivre l'évolution de l'urbanisation d'une région (par exemple, sur une décennie).

Les missions scientifiques

Elles recouvrent une grande variété d'applications. Citons (sans prétendre à l'exhaustivité) l'analyse des propriétés physiques de notre étoile (le Soleil), l'exploration du système solaire et, plus globalement, l'étude de l'univers et de son histoire : la vie et la mort des étoiles, la formation des galaxies et la naissance de l'univers !

Nous nous intéresserons dans la suite de cet article aux trois premières de ces applications.

Les télécommunications spatiales

La majorité des satellites de télécommunications sont placés sur une orbite circulaire, à 36 000 km d'altitude, dans le plan de l'Equateur (l'orbite géostationnaire).

Pourquoi choisit-on cette orbite ?

Un satellite placé sur cette orbite a la particularité d'effectuer un tour autour de la Terre en 24 heures. Comme la Terre effectue dans le même laps de temps un tour sur elle-même, le satellite apparaît donc à un observateur terrestre comme un point fixe dans le ciel. Les antennes que nous utilisons pour communiquer avec un tel satellite peuvent donc être orientées en permanence vers ce point fixe. Cette simplicité a fortement contribué au spectaculaire développement commercial des télécommunications spatiales.

Les applications civiles

Les satellites de télécommunications ont d'abord été destinés à assurer les liaisons intercontinentales, mais ils



© Paradigm

Colerne - Station de contrôle satellite.



ont rapidement été utilisés pour communiquer entre deux points d'un même continent. Plus les pays ont un territoire étendu (Russie, Canada) ou dispersé (l'Indonésie, avec ses milliers d'îles), et plus l'usage du satellite est attractif. Progressivement, les satellites ont été utilisés de plus en plus pour la diffusion télévisée. Un seul satellite peut diffuser simultanément plusieurs centaines de chaînes de télévision et ce, à l'échelle d'un continent. Cette application génère aujourd'hui la majorité du chiffre d'affaires des opérateurs de satellites de télécommunications et représente environ 60 % de la capacité civile mondiale.

Même si les orbites géostationnaires sont les orbites privilégiées pour les télécommunications spatiales, d'autres orbites sont également utilisées. Un des inconvénients de l'orbite géostationnaire tient au fait qu'étant située dans le plan de l'Equateur, la communication n'est plus possible dès que l'on se trouve à proximité du Pôle Nord ou du Pôle Sud. Pour assurer une couverture globale, il faut donc placer des satellites sur des orbites non équatoriales : c'est ce qu'ont entrepris des sociétés comme Iridium ou Globalstar. Ne se trouvant pas sur l'orbite géostationnaire, ces satellites ne constituent pas un point fixe par rapport à la surface du globe. Comme ces satellites sont beaucoup plus proches de celle-ci (de l'ordre de 1 000 km, et non plus 36 000 km) et comme les fréquences de communications utilisées sont plus basses, on peut utiliser des antennes omnidirectionnelles, qui permettent d'entrer en communication avec ces satellites au moyen de « gros » téléphones portables et ce, depuis n'importe quel point du globe.

Les applications militaires

Les satellites de télécommunications militaires évoluent généralement sur orbite géostationnaire, ils ressemblent beaucoup à leurs homologues civils. S'ils en diffèrent, c'est par les bandes de fréquence utilisées : celles-ci sont exclusivement réservées aux gouvernements, ce qui permet d'éviter tout risque d'interférence avec les applications civiles. Les satellites militaires sont également plus robustes : ils résistent au brouillage et sont capables (pour les plus sophistiqués) de survivre à l'impulsion électromagnétique générée par une explosion nucléaire. Enfin, les communications avec les satellites militaires sont sécurisées par cryptage ainsi que par le recours à certaines astuces, comme celle consistant à utiliser plusieurs fréquences à la fois pour transmettre un message. L'exposé des applications civiles permet facilement d'imaginer l'intérêt de ces satellites pour les militaires. Disposer, sur un théâtre d'opération, d'un moyen de communication sécurisé, difficile à perturber et quasiment impossible à mettre hors service est une capacité stratégique de premier plan. Les pays qui ont pu s'en doter l'ont tous fait : en Europe, la France a déployé les satellites Syracuse ; le Royaume-Uni, les satellites Skynet ; l'Allemagne, les satellites Satcom BW ; l'Italie,

les satellites Sicral et, enfin, l'Espagne, le satellite Spainsat. Les Etats-Unis opèrent plusieurs systèmes en parallèle, et la Russie et la Chine ont elles aussi chacune leurs propres infrastructures.

LA NAVIGATION

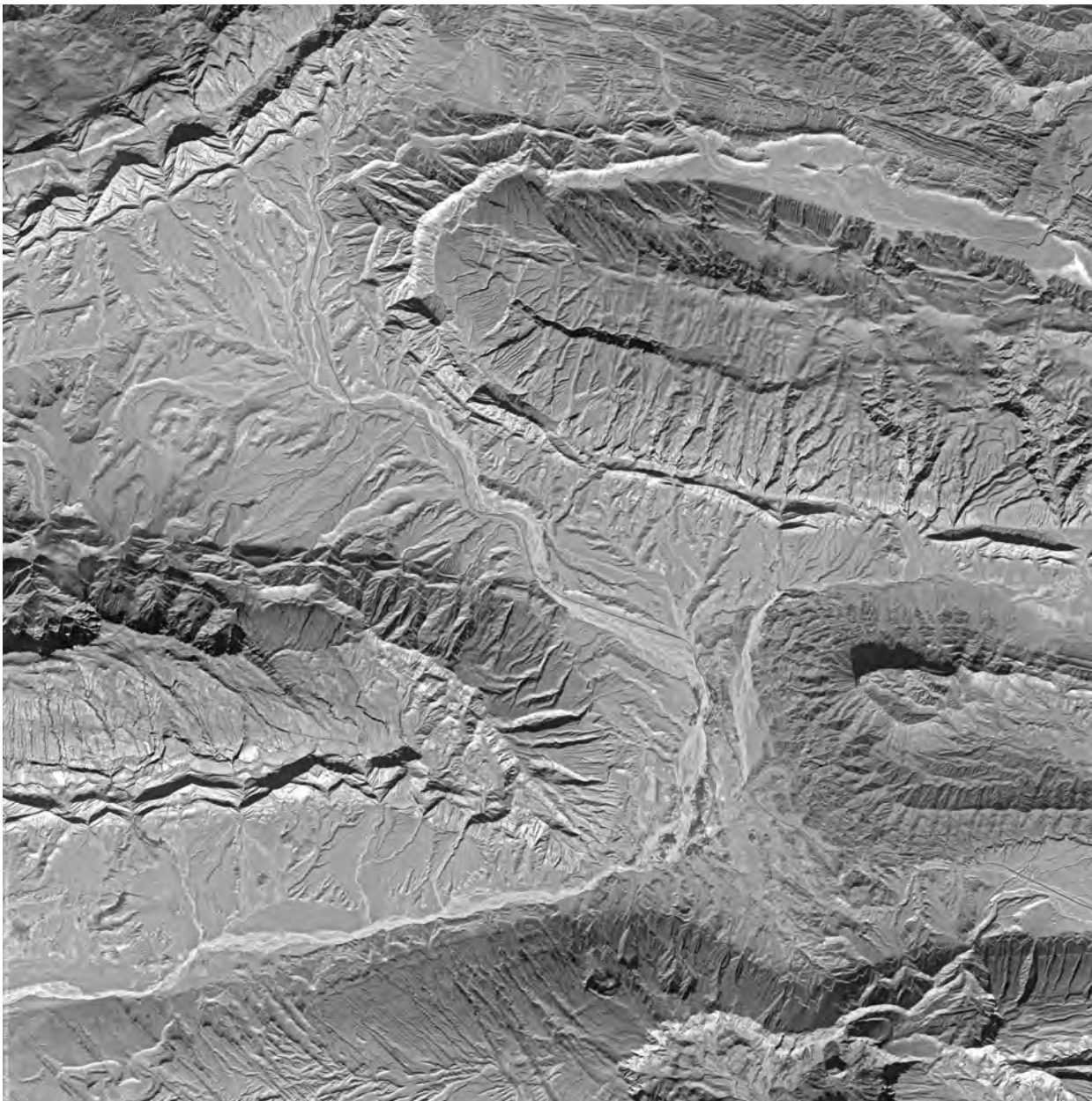
Les satellites de navigation, imaginés à l'origine par les militaires américains, sont aujourd'hui utilisés partout dans le monde pour des applications tant civiles que militaires. Evoluant sur des orbites situées entre l'orbite géostationnaire et des orbites basses (à une altitude d'environ 24 000 km pour Galileo, le système de navigation européen), ils émettent des signaux périodiques qui indiquent leur position à un instant donné. Un utilisateur sur la surface de la Terre recevant les signaux émis par quatre satellites différents peut ainsi calculer sa position par triangulation. Mathématiquement, seuls trois satellites seraient nécessaires pour déterminer une position par triangulation, mais cela nécessiterait une horloge parfaitement synchronisée : les signaux se propagent à la vitesse de la lumière, une erreur de 1 m/s correspond à une distance de 300 km ! Le quatrième satellite permet de s'affranchir de cette contrainte, et permet, en plus, de synchroniser une horloge terrestre avec une excellente précision. Cette propriété est d'ailleurs utilisée par les opérateurs de téléphonie mobile pour synchroniser leurs réseaux en tous les points du globe.

L'OBSERVATION DE LA TERRE

La majorité des satellites d'observation occupent des orbites basses se situant entre 600 et 1 000 km d'altitude. A ces altitudes, la loi de la gravitation fixe la période de rotation d'un satellite autour de la Terre à environ 100 minutes. Alors qu'un satellite de télécommunications en orbite géostationnaire effectuait un tour complet en 24 heures, un satellite d'observation en orbite basse décrira une quinzaine d'orbites dans ce même laps de temps.

Certains satellites météorologiques constituent une exception, car ils sont situés sur l'orbite géostationnaire. En effet, une image d'ensemble du globe avec une résolution de l'ordre du kilomètre (la taille d'un pixel de l'image) est parfaitement adaptée à l'étude des phénomènes climatiques.

Revenons aux satellites d'observation placés en orbite basse. Leur principale différence avec les satellites de télécommunications est le plan dans lequel s'inscrit leur orbite. Si dans le cas de ces derniers, le plan correspond à celui de l'Equateur, les orbites des satellites d'observation sont généralement situées dans un plan quasi polaire. Si les paramètres orbitaux sont réglés de manière astucieuse, ces deux propriétés permettent à un satellite d'observation de survoler n'importe quel point du



© CNES 2002 - Distribution Astrium Services / Spot Image

Spot 5 - Monts Zagros en Iran. Zone de jonction de la plaque tectonique arabe et de la plaque euro asiatique.

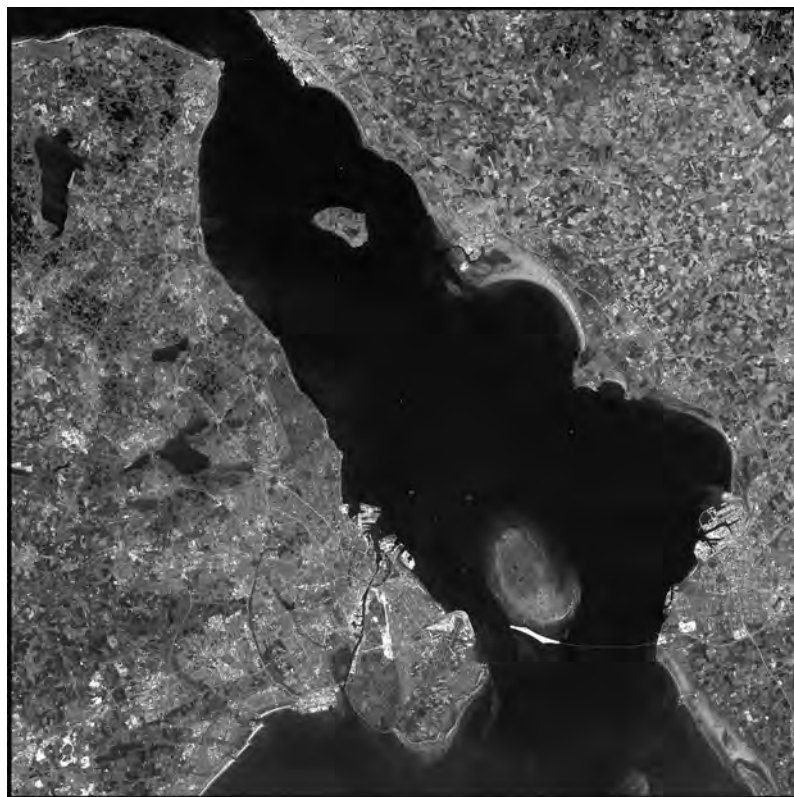
globe depuis une altitude fixe (de l'ordre de 600 km). A cette altitude, les instruments optiques les plus performants peuvent distinguer des détails de l'ordre du mètre pour les applications civiles, et jusqu'à quelques dizaines de centimètres pour les applications militaires. Si dans le domaine des télécommunications, les applications civiles ont précédé les applications militaires, c'est l'inverse dans celui de l'observation de la Terre.

Les applications militaires

Le satellite d'observation, souvent appelé satellite « espion », a joué pendant la Guerre froide un rôle central. Dès la fin de la Deuxième guerre mondiale,

Américains et Soviétiques ont travaillé en grand secret à mettre au point les premiers satellites espions. Les premières images ont été obtenues en 1960 par un satellite américain. A l'aide d'une caméra, ce satellite filmait le sol défilant à plus de 7 km/s à quelques centaines de kilomètres au-dessous de lui. Le film était désorbité, parachuté et récupéré en vol par un avion. Les données étaient ensuite examinées pour en déduire, en particulier, la position des sites de lancement de missiles. Les photos satellites américaines de Cuba ont sans doute contribué à éviter une issue dramatique lors de la crise de la Baie des Cochons en 1962. Depuis 1995, la France dispose du satellite d'observation militaire Hélios, qui a permis, en 2003, à ses responsables politiques de se faire une opinion en toute indépendance sur la présence supposée d'armes de destruction massive en Irak.





© CNES/Spot image/GAMMA

« La résolution spatiale, de 10 mètres avec Spot 1, en 1986, atteint aujourd'hui quelques dizaines de centimètres dans le domaine militaire, et cette performance sera très vraisemblablement atteinte par les satellites commerciaux dans les prochaines années. Nous atteignons des limites physiques et il sera difficile de faire beaucoup mieux dans le moyen terme ». *La baie de Malmö (au Danemark), vue par le satellite Spot 5 en 2002.*

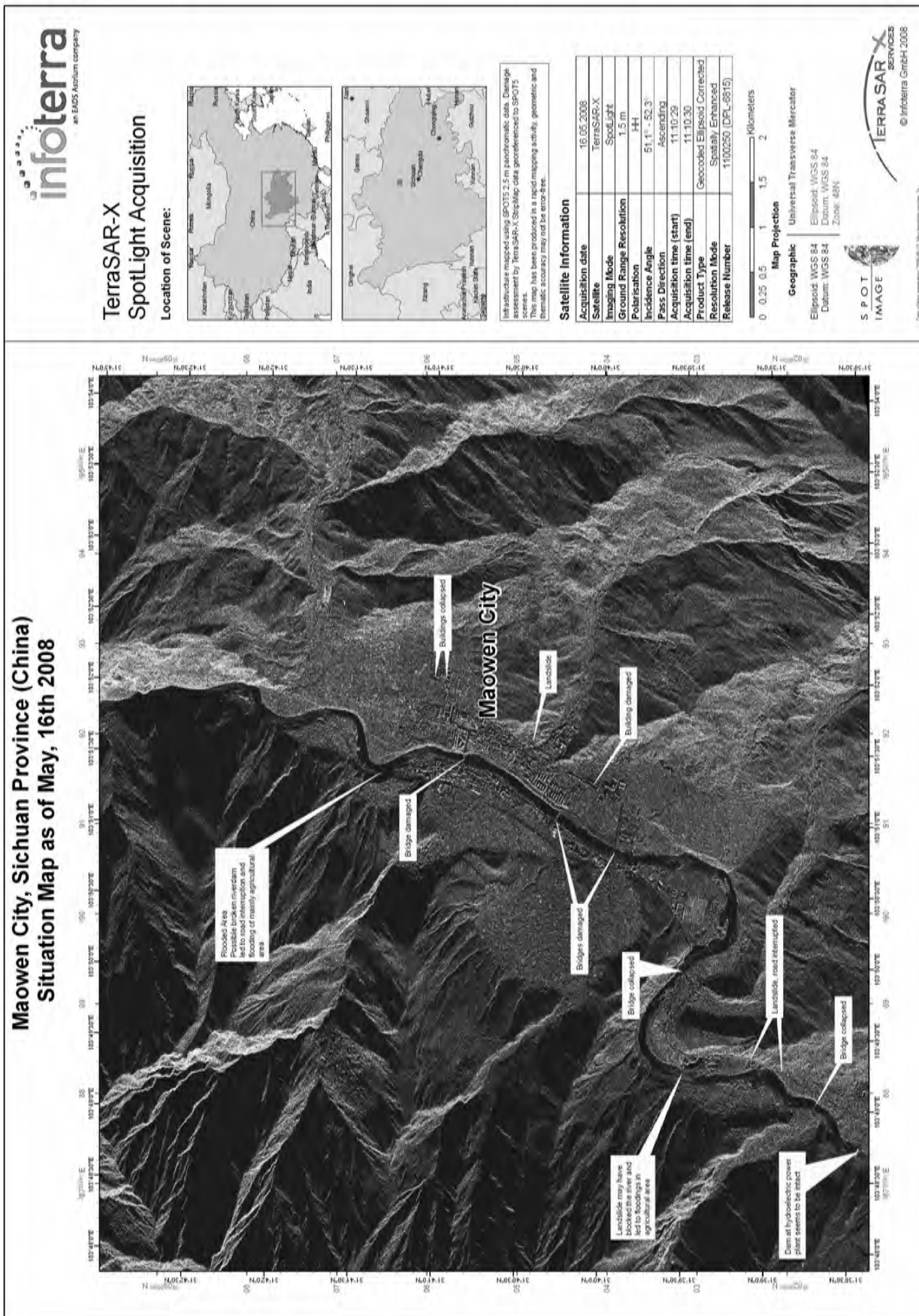
La majorité des satellites d'observation militaires travaillent dans le domaine optique. Ils fonctionnent sur le même principe qu'un appareil photo numérique, mais prennent des photos beaucoup plus détaillées allant jusqu'à 30 000 pixels de côté (soit l'équivalent d'un appareil photo de 900 megapixels !). Certains satellites fonctionnent sur un principe différent : ce sont les satellites radars, qui émettent des impulsions radar et enregistrent les échos réfléchis par la surface de la Terre. Les informations recueillies sur le contour des objets et les propriétés réfléchissantes des surfaces éclairées peuvent ensuite être présentées sous la forme d'une image comparable à une image optique, dont l'interprétation requiert cependant une expertise importante. Les satellites radars présentent deux avantages majeurs par rapport aux satellites optiques : ils sont opérationnels de jour comme de nuit et ne sont pas soumis aux caprices de la météo. Pour les zones équatoriales, où la couverture nuageuse est fréquente, il est extrêmement difficile d'obtenir une image en lumière visible, et les images radar restent souvent la seule option mobilisable dans un délai raisonnable. Cela explique le grand intérêt des militaires pour cette technologie, dont ils sont les principaux utilisateurs.

Mentionnons brièvement, pour conclure :

- les satellites d'alerte avancée : leur mission principale est de détecter le départ de missiles intercontinentaux. Ces satellites jouent un rôle de premier rang pour la crédibilité d'une force de dissuasion nucléaire en permettant d'identifier très rapidement un agresseur potentiel. Ils constituent également la première pierre d'un système de défense contre les missiles balistiques ;
- les satellites d'écoute électromagnétique : ils permettent, quant à eux, de relever les indices d'activité militaire par tous les temps.

Les applications civiles

A l'exception de la France, où le premier satellite civil (Spot 1, 1986) est lancé près d'une décennie avant Hélios 1 (1995), l'observation civile apparaît bien après la reconnaissance militaire. Malgré des contributions souvent primordiales et reconnues dans plusieurs domaines (cartographie, développement urbain, cadastre, agriculture, recherches minières, soutien logistique aux sauveteurs lors de catastrophes naturelles, comme récemment en Haïti), l'observa-



ERIC BÉRANGER

Photo prise par le radar TerraSAR-X. Les photos ainsi fournies ont été des informations précieuses dans l'organisation des secours lors des tremblements de terre qui ont frappé la Chine.

tion civile n'a pas connu un essor commercial aussi spectaculaire que celui des télécommunications.

Contrairement au marché des télécommunications, le marché de l'observation civile ne permet pas de rentabiliser à lui seul un investissement privé sur le long terme. Les gouvernements génèrent la majeure partie du chiffre d'affaires de l'observation civile, pour des applications qui restent très proches de la reconnaissance militaire évoquée précédemment.

LES DÉFIS FUTURS

Tournons maintenant notre regard vers l'avenir et examinons quelques-uns des enjeux sociaux, techniques et économiques qui orienteront l'évolution des services spatiaux.

Le désenclavement

L'Union européenne s'est fixé les objectifs d'une couverture européenne à haut débit à 100 % d'ici à 2013, et, à échéance 2020, d'une offre d'un accès pour chaque Européen à une bande passante de 30 Mégabits/seconde. Pour les zones urbaines densément peuplées, les réseaux terrestres en fibre optique seront les plus adaptés. Pour les zones rurales ou faiblement peuplées, c'est le satellite de télécommunication qui reste le plus attractif. Le satellite KA-SAT (lancé en décembre 2010) permet de généraliser la connexion à haut débit sur tout le territoire européen pour un coût comparable à celui des offres ADSL. En France, KA-SAT pourra desservir jusqu'à 300 000 foyers, auxquels il permettra d'accéder à Internet avec des débits descendants jusqu'à 10 Mbit/s et des débits montants supérieurs à 4 Mbit/s. Le défi à relever sera celui de disposer d'une constellation de satellites d'une capacité suffisante pour satisfaire un nombre croissant d'utilisateurs d'applications de plus en plus gourmandes en bande passante (comme la vidéo en temps réel ou le téléchargement de très gros fichiers).

L'environnement

La question de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement est au centre de controverses dans lesquelles nous n'entrerons pas ici. Il y a cependant un point du débat qui fait l'unanimité : une meilleure connaissance des phénomènes en jeu (en particulier grâce à la réduction des marges d'incertitude des modèles) est indispensable pour parfaire celle des phénomènes à l'échelle de la Terre : le climat, le cycle de l'eau et celui du carbone. Le satellite est un outil irremplaçable pour recueillir des données fiables.

La surveillance

L'évolution des satellites d'observation peut être caractérisée par la progression de leurs performances sur deux dimensions : leur résolution spatiale et leur résolution temporelle. La résolution spatiale, de 10 mètres avec Spot 1, en 1986, atteint aujourd'hui quelques dizaines de centimètres dans le domaine militaire, et cette performance sera très vraisemblablement atteinte par les satellites commerciaux dans les prochaines années. Nous atteignons des limites physiques et il sera difficile de faire beaucoup mieux dans le moyen terme. Augmenter la résolution temporelle est moins problématique, plusieurs approches étant possibles. Un satellite d'observation en orbite basse peut typiquement imager une zone assez réduite à intervalles relativement longs : il faudra, par exemple, plus d'un mois à Spot 6 pour obtenir une couverture complète du globe terrestre avec une résolution de 1,5 mètre (sans prendre en compte la nécessité de refaire les photos occultées par des nuages !).

Pour réduire ce « temps de revisite », on peut :

- rendre les satellites agiles, c'est-à-dire susceptibles de s'orienter en oblique pour photographier une zone adjacente à leur trajectoire au sol ;
- multiplier le nombre des satellites : par exemple, les programmes Astroterra et Pléiades sont chacun composés de deux satellites ;
- fusionner les données provenant d'un grand nombre de satellites appartenant à des opérateurs différents ;
- placer le satellite d'observation en orbite géostationnaire : on peut alors réaliser des vidéos d'une zone au sol, si l'on accepte une résolution spatiale de quelques mètres au mieux (le satellite est 50 fois plus éloigné de la surface de la Terre qu'en orbite basse). Ce type de système est techniquement faisable et pourrait voir le jour dans les années qui viennent.

La gestion de l'information

L'amélioration des résolutions spatiale et temporelle des satellites conduit à une multiplication de la quantité de données transmises quelle que soit l'approche adoptée. La gestion de ces importantes quantités d'informations est un défi à la fois technique (standardisation, échange en temps réel d'importantes quantités d'informations, fusion d'informations en temps réel, algorithmes d'intelligence artificielle...) et politique (coopération internationale, certification des données...).

Le financement

Quelle que soit l'application, les services spatiaux ont vu le jour grâce à un investissement initial massif dans l'infrastructure, financé par un ou plusieurs gouvernements(s).

Dans le domaine des télécommunications civiles, les opérateurs étaient tous publics à l'origine avant d'être privatisés une fois l'écosystème économique créé.

Les télécommunications militaires ont été (et restent encore aujourd'hui) très majoritairement financées par les Etats, mais le passage au financement privé dans le cadre de partenariats public-privé a commencé. Le meilleur exemple en est le programme Skynet 5, le système de télécommunications militaires britannique qui est opéré par une société privée.

Pour les systèmes de navigation, le financement est étatique, même si des financements privés minoritaires peuvent être envisagés.

Enfin, le financement de l'observation de la Terre, historiquement exclusivement étatique, a vu récemment apparaître quelques initiatives de financement privé. Néanmoins, le marché des services spatiaux d'observation reste très dépendant du soutien étatique.

Ce soutien est particulièrement fort aux Etats-Unis. Les deux acteurs américains principaux ont bénéficié chacun en 2010 d'un contrat gouvernemental de 3,5 milliards de dollars sur dix ans, ce qui leur donne la possibilité d'investir dans des satellites très performants et de vendre leurs images à des clients tiers au coût marginal. Difficile dans ces conditions, pour un investisseur privé, de se lancer sur ce marché sur des bases exclusivement commerciales ! Confier la gestion d'un satellite d'observation à une société privée comme Astrium Services, permet à un gouvernement de disposer d'une capacité d'imagerie pour un budget minimal. Les images vendues à des tiers (gouvernements, acteurs privés) permettent de générer un revenu complémentaire significatif et croissant.

CONCLUSION

Nous l'avons vu, les défis ne manquent pas. Ils sont bien sûr techniques, mais ils sont également sociaux, politiques et financiers. L'évolution permanente est une constante dans le domaine des services spatiaux.

Le satellite a des propriétés uniques : ubiquité, disponibilité instantanée, indépendance vis-à-vis de l'infrastructure terrestre, vision globale ou précise, qui le rendent incontournable pour un nombre croissant d'applications : télédiffusion, communications sécurisées et robustes, navigation, surveillance, météorologie, environnement...

Les évolutions futures contribueront à l'augmentation continue de la quantité d'informations. La capacité à gérer et à traiter ces informations représente probablement le défi le plus intéressant à relever pour l'industrie des services spatiaux à l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Philippe COUILLARD, *Lanceurs et satellites*, Editions Cépaduès, ISBN 2.85428.662.6, janvier 2005.
- [2] Alban PRAQUIN, « Contrat de partenariat et dépense de la défense », *Bulletin de l'Observatoire économique de la Défense* n° 52, octobre 2009.
- [3] Simon KERSHAW, *Private Finance for Skynet 5*, RUSI Defence systems, été 2004.

A nouveaux services, nouveaux entrants

Le titre de cet article, *A nouveaux services, nouveaux entrants*, fait écho à l'étonnement médiatique qui a pris corps lorsqu'OHB, une PME allemande, a remporté l'appel d'offres pour la fourniture de quatorze satellites de la constellation Galileo, en janvier 2010, avec des titres accrocheurs comme « La droguerie a gagné contre Carrefour ». Nouveaux services, car Galileo, à l'instar du GPS, entraînera le développement de nombreuses applications dans des domaines variés. Nouveaux entrants, non seulement parce qu'OHB a été admis, dans ce contexte, dans la cour des grands du spatial, mais aussi parce que l'Union européenne, à travers la Commission, est devenue un nouvel acteur du domaine spatial. Ce sont ces différents thèmes que nous aborderons dans cet article, sans prétendre à l'exhaustivité, mais en brossant à petites touches quelques éléments d'évolution du spatial européen.

Par Alain BORIES*

UNE SAGA FAMILIALE

Pour comprendre « l'événement Galileo », il importe de connaître l'histoire d'OHB, car si cette PME est typique du *Mittelstand* allemand, elle est atypique dans le landerneau du spatial.

Lorsqu'en 1981, Madame Fuchs rachète la petite société *Otto Hydraulik Bremen* (OHB), qui avait été fondée en 1958, cette société est active dans le domaine de l'hydraulique. Elle et son mari, le professeur Manfred Fuchs, un ingénieur de la société ERNO (laquelle deviendra par la suite *Astrium Bremen*), tous deux des entrepreneurs dans l'âme, décident de développer au sein d'OHB une activité spatiale qui finira par devenir prépondérante, jusqu'à éclipser complètement l'activi-

té hydraulique : en 2000, la société est re-nommée *Orbitale Hochtechnologie Bremen* et une introduction partielle en Bourse est opérée en 2001.

2001 est aussi l'année où le contrat des satellites militaires radar allemands SAR-Lupe est remporté par OHB, contre toute attente (déjà !), face au grand du secteur en Allemagne, Dornier (devenue depuis *Astrium Friedrichshaffen*). Arrêtons-nous un instant sur ce contrat atypique à plus d'un titre. Atypique, il l'est tout d'abord parce que pour la première fois, en réaction au refus américain de fournir des images satellite radar sur le Kosovo (première opération

* Directeur de la Stratégie et du Business Development d'OHB.

armée extérieure de l'Allemagne après la Deuxième guerre mondiale), l'armée allemande décide de se doter de ses propres moyens d'observation. Manquant de compétences techniques en matière de satellites, et après avoir refusé une offre de Dornier jugée trop coûteuse, elle organise une compétition entre les fournisseurs potentiels sur la base d'une spécification satellite très simplifiée : la fourniture d'un certain nombre d'images par jour, d'une certaine résolution, avec l'engagement du contractant retenu de fournir ce service pendant dix ans.

Cette forme d'appel d'offres très orientée spécifications opérationnelles a permis à OHB de faire une proposition très innovante : par exemple, en prévoyant cinq satellites là où la spécification pouvait être atteinte avec trois, une proposition destinée à éviter d'avoir à lancer un nouveau satellite en cas de défaillance (et aussi source d'économie sur le plan des assurances). Ou encore en recourant à une technologie atypique pour ce type de mission, à savoir la technologie altimétrique développée par *Alcatel Space* (devenu depuis *Thales Alenia Space*) pour le satellite Topex-Poséidon, pour mesurer la hauteur de la surface des océans.

Grâce à cette souplesse dans sa réponse, OHB a pu faire une offre très attractive sur le plan financier, à 315 millions d'euros, qui a donc été retenue par le ministère allemand de la Défense. A l'époque, OHB comptait cent vingt employés... Déjà « la droguerie gagnant contre Carrefour » !

La décision de la Bundeswehr était donc pour le moins... audacieuse. Elle n'a pas eu à le regretter, puisque SAR-Lupe a été livré dans les temps et sans dépassement de budget (un cas méritant d'être signalé pour sa rareté !). Cette performance est pour beaucoup dans la reconnaissance d'OHB comme maître d'œuvre crédible dans le domaine des satellites, la consécration venant ensuite avec l'attribution du statut de *Large System Integrator* par l'Agence spatiale européenne (ASE), en 2009 (voir la photo 1).

Entre-temps, OHB avait pris de l'ampleur, sous l'effet d'une croissance aussi bien interne qu'externe, et elle compte aujourd'hui 2 300 employés, dont 700 dans le secteur des lanceurs, OHB étant un contributeur majeur d'Ariane 5 au travers de sa filiale MT Aerospace et de sa participation au capital d'Arianespace.

Le modèle de cette société est très décentralisé, avec une *holding "ultra-light"* de sept personnes et des filiales largement autonomes, son credo restant que la compétition est la meilleure protection contre l'embonpoint et que la compétitivité est une assurance-vie pour le futur (voir la photo 2).

L'autre « assurance-vie » qu'a souscrite OHB, c'est la pérennité de l'actionnariat familial et une transmission réussie entre ses fondateurs et leurs descendants. La continuité permet d'assurer le futur, et tout en ayant toujours dégagé du bénéfice, OHB a su faire les investissements nécessaires dans une vision de long terme très cohérente avec une activité à long cycle comme l'est le spatial.

Mais, bien entendu, l'événement marquant qui a propulsé OHB sous les feux de l'actualité, c'est Galileo, et cela mérite de s'y arrêter quelques instants, car ce programme a introduit dans le spatial européen de nouveaux paradigmes, que nous allons exposer ci-après.

LA SAGA GALILEO

Bien entendu, si Galileo est devenu un emblème de la construction européenne, c'est parce qu'il s'agit de la première infrastructure de satellites qui appartiendra en propre à l'Union européenne, qu'il est la concrétisation du rôle qui est conféré à celle-ci dans le domaine spatial par le traité de Lisbonne, et qu'aucun pays européen n'aurait pu le réaliser seul. En cela, Galileo est un symbole, d'autant plus important, dans une période de fragilisation comme celle que nous traversons actuellement avec la crise de l'euro (voir la photo 3).

Néanmoins, cette aventure a commencé bien avant la signature du traité de Lisbonne, avec le premier appel d'offres de l'Agence spatiale européenne (ESA) pour un projet qui s'appelait encore GNSS 2, en juillet 1994. Un premier programme de complément au GPS, d'abord nommé CE-GPS, puis rebaptisé EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), avait également été lancé par l'ASE.

En 1998, un forum GNSS 2 est organisé par la Commission (à l'époque, par les Commissaires Bangemann, Kinnock et Cresson), afin de présenter trois concepts en concurrence : ATM-Star, d'Alenia Spazio (combinaison navigation/télécoms) ; INES, d'Alcatel Espace (constellation de satellites en orbite basse utilisant le réseau de stations sol DORIS, du CNES), et ENSS, de Dornier, avec des satellites en orbites inclinées (dites IGSO), pour un système régional desservant l'Europe. La Commission ne choisit aucun de ces trois projets, privilégiant un système en orbite moyenne (dite MEO), similaire à GPS, pour pouvoir faire « passer » plus facilement le programme au niveau politique.

En 1999, une communication de la Commission rebaptise GNSS 2 en « Galileo ». Dans une sorte de compétition entre la Commission et l'ASE, des études sont lancées en parallèle.

Consciente de la rareté des compétences disponibles en Europe en matière de navigation par satellite, l'industrie spatiale européenne s'organise en un *consortium* (Galileo Industries) regroupant Matra-Marconi Space UK (aujourd'hui, Astrium UK), Dornier (DASA) (devenu depuis Astrium Allemagne), Alenia Spazio (aujourd'hui, Thales Alenia Space Italia) et Alcatel Space (devenu Thales Alenia Space France).

Industriellement, après une joute diplomatique entre l'Allemagne et l'Italie, Dornier récupère la responsabilité satellite, Alenia Spazio le système, Matra Marconi Space UK la charge utile du satellite, et Alcatel Space le



Photo 1 : Le satellite radar allemand Sar Lupe.



Photo 2 : Vue de Sar Integrationshalle.

système sol (dans la continuité de sa responsabilité sur le projet EGNOS). Jamais la France n'a revendiqué de responsabilité en matière de satellite, d'où son absence lors des appels d'offres ultérieurs.

C'est en mars 2002 que la Commission lance formellement le programme, avec la création d'une entreprise commune avec l'ASE et la volonté de créer un partenariat public-privé (PPP) pour le déploiement du système. Une polémique surgit néanmoins autour de la question du signal dit gouvernemental (PRS), les Britanniques ne voulant pas que ce signal puisse être utilisé par les militaires, mais souhaitant le réserver aux seuls services de sécurité (police, pompiers). La France et l'Italie trouvent un subterfuge au travers des gendarmes et des *carabinieri*, des militaires auxquels on ne saurait empêcher de conduire des missions de police ! D'où la formule alambiquée retenue : « Galileo est un système civil sous contrôle civil » dans laquelle rien n'indique qu'il ne peut pas être utilisé par des militaires !...

C'est également en mars 2002 que l'ASE clôt les souscriptions à son programme optionnel et enregistre, pour la première fois de son histoire, une sursouscription de 140 % ! Preuve qu'après bien des atermoiements et des résistances, tout le monde veut en être, y compris les Britanniques.

La concurrence entre les Etats membres s'exacerbe jusqu'au psychodrame germano-italien portant sur le *lea-*

dership et remontant au niveau de Messieurs Schroeder et Berlusconi, pour aboutir à la création de deux centres de contrôle et de deux sièges sociaux de Galileo Industries...

C'est alors que les événements se précipitent :

- le lancement de l'appel d'offres pour les quatre premiers satellites dits IOV (*In-Orbit Validation*) avec pour but de les lancer en 2006 (en réalité, les deux premiers l'ont été en octobre 2011 et les lancements des deux suivants sont prévus à l'automne 2012). Seul Galileo Industries y répondra, alors que ce *consortium* avait été créé à la seule fin de réaliser les études, mais n'avait jamais été optimisé pour le développement des satellites. C'est d'ailleurs suite à sa piètre performance que l'ASE décidera, en 2007, de réorganiser le contrat IOV et de le mettre sous maîtrise d'œuvre d'Astrium Allemagne ;
- le lancement de l'appel d'offres pour le satellite GIOVE, chargé d'occuper les fréquences réservées par l'Union européenne pour Galileo, et dont la péremption avait été fixée à juin 2006. L'ASE recevra deux offres, l'une, conforme, de Galileo Industries (à 120 millions d'euros) et l'autre, non conforme, de Surrey Satellite (SSTL) à 28 millions d'euros ! Compte tenu de l'enjeu (la perte des fréquences aurait été fatale), l'ASE décide sagement de choisir... les deux, et nomme GIOVE A le satellite de Galileo Industries et



Photo 3 : Vue des satellites composant la constellation Galiléo.

GIOVE B celui de SSTL. Mais Galileo Industries accumule les retards et ne lancera GIOVE A qu'en 2008 ! Alors que SSTL réussit son pari et lance en décembre 2005 son satellite GIOVE B, qui, compte tenu de la chronologie des lancements, devient, de fait, GIOVE A. Le piquant de l'histoire étant que les fréquences de Galileo ont été sauvées par un industriel du pays qui manifestait le plus grand scepticisme vis-à-vis du système ;

- le lancement de la présélection en vue du choix d'un concessionnaire (dans le cadre du PPP). Deux *consortiums* sont présélectionnés, Eurely (avec Alcatel comme chef de file) et iNavSat (avec Thales et EADS). Les deux *consortiums* représentent en particulier des intérêts industriels dans la construction du système. L'absence de tout « opérateur » montre déjà ce qui va faire l'échec du PPP : le défaut de *business plan* crédible par manque de garanties étatiques. Après avoir ordonné la fusion des *consortiums*, puis admis que l'offre commune posait des problèmes insurmontables de garanties publiques qu'elle n'était pas en mesure d'apporter, la Commission abandonne le PPP en mai 2007, pour le remplacer par un financement public classique.

Ainsi, quand la Commission décide le déploiement du système sur fonds publics, tout reste à inventer, car elle n'a jamais eu la responsabilité d'une telle infrastructure (même si le traité de Lisbonne lui en donne la légitimité par son article 189). La première chose à faire, c'est de trouver les fonds nécessaires. Toute l'habileté du

Commissaire Jacques Barrot, vice-président de la Commission, a été alors d'aller puiser deux milliards d'euros dans les reliquats de la Politique agricole commune.

Grâce à cela, début 2008, la Commission peut lancer la procédure d'acquisition, avec le soutien de l'ASE avec laquelle elle a, entre-temps, signé un accord permettant à l'Agence spatiale européenne d'être le maître d'œuvre système pour le déploiement de Galileo.

En scindant le projet en six lots et en interdisant à une même société d'être maître d'œuvre de plus de deux lots, la Commission s'assure d'un maximum de compétition tout en permettant de conserver les grands équilibres entre pays, puisque, contrairement à l'ASE, il n'y a pas formellement de retour géographique dans les appels d'offres de la Commission. C'est dans ce contexte nouveau qu'OHB doit prendre sa décision de se lancer ou non dans la compétition, sachant qu'à l'époque, c'était l'une des rares sociétés du spatial qui n'avait pas été impliquée dans le programme.

UNE COMPÉTITION GERMANO-ALLEMANDE

Plusieurs éléments vont convaincre OHB de se lancer dans la compétition :

- la mise en place par la Commission d'une procédure de dialogue compétitif qui, par le biais de réponses suc-

cessives, permet d'affiner et d'optimiser les propositions des compétiteurs pour répondre à un besoin, plus qu'à une spécification fermée. Toutes proportions gardées, c'est un contexte un peu similaire à celui de SAR-Lupe tel que décrit plus haut, car il permet véritablement au maître d'œuvre potentiel d'être une force de proposition dans le processus pour obtenir la *best value for money* ;

- la disponibilité d'une équipe « qui a fait ses preuves », à savoir l'équipe SAR-Lupe, qui avait déployé avec succès une constellation de cinq satellites ;
- une convergence d'intérêts avec SSTL, la société qui avait lancé GIOVE A : un accord est vite trouvé, OHB étant maître d'œuvre et responsable du satellite, SSTL étant responsable de la charge utile (une configuration identique à celle des compétiteurs Astrium Allemagne et Astrium UK et respectant les grands équilibres non écrits où l'Allemagne est maître d'œuvre et le Royaume-Uni, responsable de la charge utile).
- la conviction qu'en tout état de cause, la Commission ne souhaiterait pas mettre « tous ses œufs dans le même panier », les retards récurrents des satellites IOV incitant à avoir un fournisseur alternatif, au moins pour quelques satellites.

Après une procédure longue, mais fructueuse en termes d'optimisation du système (et donc du coût final), la sentence tombe et OHB est choisi, à la surprise générale, pour la fourniture de quatorze satellites... Beaucoup plus que les quelques satellites d'un fournisseur alternatif !

Entre-temps, SSTL a été rachetée par ... Astrium ce qui permet au « perdant », en additionnant la part SSTL et les équipements qu'il fournit à OHB, d'avoir une part plus importante que le maître d'œuvre.

La fin de l'histoire, on ne la connaît pas encore, car le déploiement complet du système n'est pas encore intervenu, les risques technologiques et industriels existent, et l'on mesurera le succès du programme au nombre de ses utilisateurs, aux applications développées grâce à l'existence de l'infrastructure, et au foisonnement de l'innovation et du tissu industriel qu'il aura permis de créer en Europe.

DES ENSEIGNEMENTS POUR LA POLITIQUE SPATIALE EUROPÉENNE

Galileo a été et est toujours véritablement le programme test pour la nouvelle responsabilité de l'Union européenne en matière spatiale. Après maintes erreurs, maints obstacles et maints revers (mais, comme l'a dit Albert Einstein, la personne qui n'a jamais commis d'erreur n'a jamais innové), on peut dire aujourd'hui que Galileo est « sur les rails », et que le succès du lancement des premiers satellites IOV (le 21 octobre 2011) a redonné l'espoir à toute la communauté spatiale européenne.

Un contrat de huit satellites supplémentaires (de nouveau, après une âpre compétition entre OHB et Astrium-Allemagne) et l'adaptation d'Ariane 5 pour lancer les douze derniers satellites permettent de sécuriser l'ensemble du déploiement, même si les échéances budgétaires de la Commission (les prochains fonds ne seront disponibles qu'en 2014) peuvent générer des difficultés passagères si de nouvelles exigences apparaissent en raison du contexte international et des constellations « concurrentes » (GPS, le Glonass russe, le Beidou chinois).

Mais Galileo est une infrastructure de l'Union européenne et, à ce titre, l'Union a la responsabilité de son bon fonctionnement et de sa pérennité. Cela pose bien entendu la question de sa gouvernance, avec la séparation des rôles entre le régulateur, l'opérateur et, éventuellement, les sociétés de commercialisation de services. Mais c'est là une autre histoire, que la Commission commence d'ailleurs à écrire de façon à avoir un système pleinement opérationnel en 2015.

CONCLUSION - LE SPATIAL, UNE OPPORTUNITÉ POUR L'EUROPE

Galileo a été une aventure dans laquelle l'Union européenne a, certes, tâtonné dans les nouveaux habits que lui a conférés le traité de Lisbonne sur la politique spatiale. Mais c'est une aventure que le citoyen européen porte au crédit de l'Europe, car aucun autre niveau de subsidiarité n'aurait eu la légitimité nécessaire pour déployer une telle infrastructure. L'Union y a reconnu une dimension politique (avec la maîtrise d'un système clef pour le développement d'une kyrielle d'applications autour de la géo-localisation et de la délivrance d'un temps universel), une dimension économique (avec les retombées considérables de ces applications), une dimension sécuritaire (avec la maîtrise d'un outil critique dans les crises modernes) et, enfin, une dimension de cohésion de l'Europe, autour d'un projet commun (interrogez au hasard l'homme de la rue, la plupart des passants savent ce qu'est Galileo !) ; sans compter l'attraction suscitée chez les jeunes générations vis-à-vis des hautes technologies.

On retrouve ces différentes dimensions dans d'autres projets en puissance, comme le projet GMES (Global Monitoring of Environment and Security..., décidément, il faut que l'Europe lui trouve un nom plus attractif !) pour la surveillance et le contrôle de l'environnement et de la sécurité.

C'est en investissant dans des projets de cette envergure que l'Europe démontrera, au-delà du grand marché et de la monnaie unique, aux générations futures son utilité pour tenir sa place dans un monde multipolaire où l'émiettement serait le début de la fin.

L'industrie spatiale est prête pour éclairer une politique environnementale

Alors que la crise climatologique et environnementale se poursuit, avec l'enchaînement inexorable de ses effets sur la planète et sur la vie de ses habitants, plus que jamais les dirigeants politiques doivent engager une action forte et cohérente dans ce domaine. Pour cela, ils pourront s'appuyer sur une communauté industrielle et scientifique structurée et expérimentée capable d'apporter des solutions et de générer des applications qui, à leur tour, pourront favoriser la création de nouveaux emplois, en France et en Europe.

Par Joël CHENET*

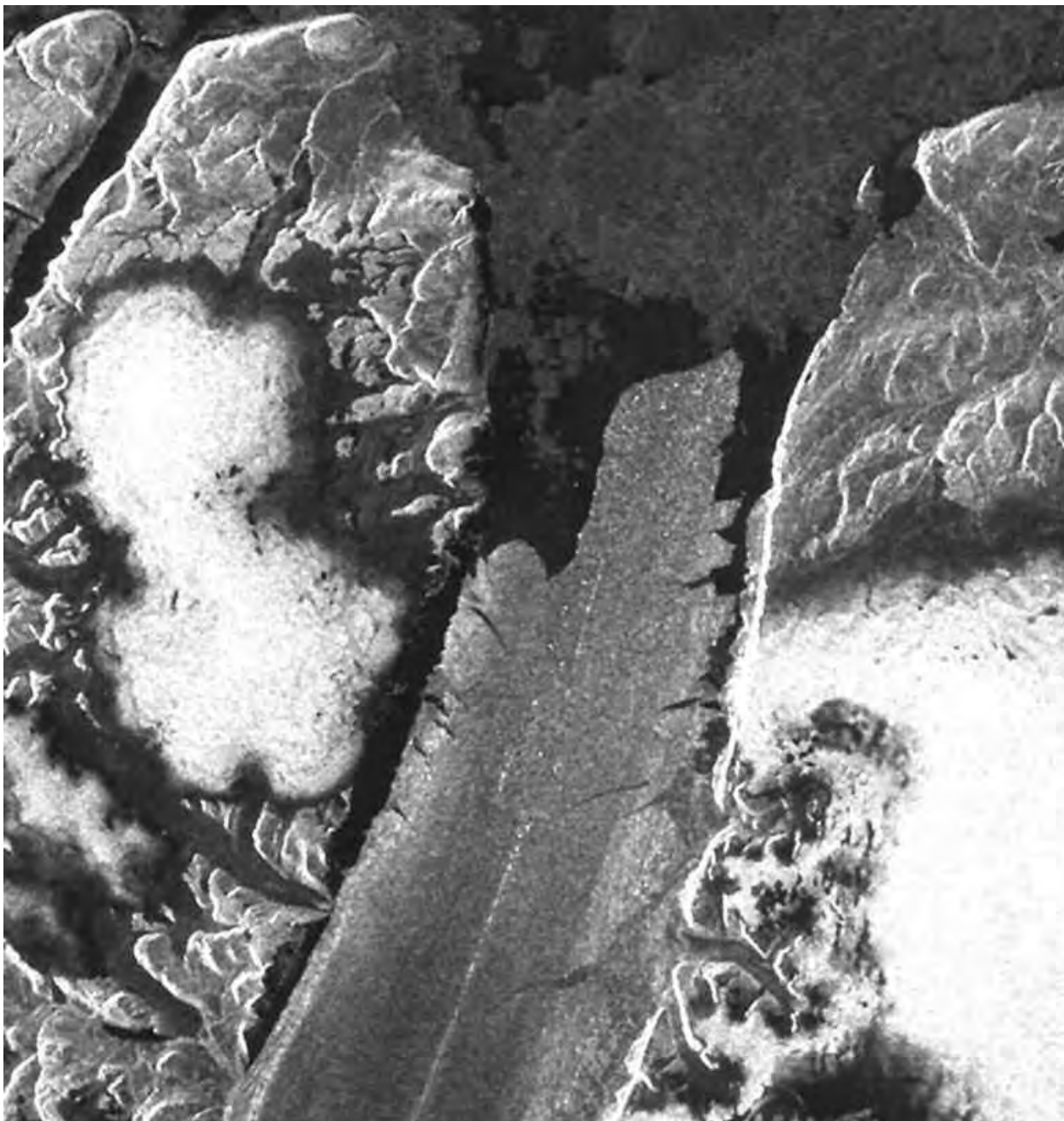
2011 a été l'année la plus chaude que la France ait connue depuis 1900. Sur les quinze dernières années, treize ont été notablement plus chaudes que la moyenne. Le changement climatique est une réalité et ses conséquences font régulièrement la une des journaux, avec une augmentation des événements climatiques extrêmes : sécheresses, inondations, multiplication des cyclones. En 2011, pour la première fois, les Etats-Unis ont enregistré plus de dix catastrophes climatiques majeures (c'est-à-dire ayant entraîné chacune plus d'un milliard de dollars de dégâts), contre moins de cinq, en moyenne, lors de la décennie précédente (moins de quatre dans les années 1990, et moins d'une et demie dans les années 1980).

Outre leur coût intrinsèque, ces catastrophes ne sont pas sans conséquence sur l'économie mondiale. Les incendies de 2010, en Russie, ont fait s'envoler le cours du blé. Les tempêtes de neige en série qui ont frappé la Nouvelle-Angleterre (Nord-Est des Etats-Unis) durant

l'hiver 2010-2011 ont paralysé l'un des cœurs économiques de la planète, tandis que les inondations de 2011 en Thaïlande (où se concentre la production mondiale des disques durs) ont mis à mal l'industrie de la micro-informatique.

Même si la crise financière et l'avenir de la zone Euro ont occupé une place importante dans les médias ces derniers temps, la majorité des Européens n'ignore pas ces enjeux climatologiques. Selon un rapport Eurobaromètre d'octobre 2011, le changement climatique est considéré comme « le deuxième problème le plus sérieux auquel est confrontée l'humanité ». Il est cité par 51 % des personnes interrogées, juste après « la pauvreté, la faim et le manque d'eau potable » (65 %), mais il précède « la situation économique » (45 %).

* SVP Relations Institutionnelles et Business Développement, Thales Alenia Space.



© ED/AF/CAMERA PRESS/GAMMA

« Les incendies de 2010, en Russie, ont fait s'envoler le cours du blé ». *Vue par satellite d'incendies de forêt en Russie, le 10 août 2010.*

L'Europe est ainsi confrontée aux questions - majeures - de sa dépendance vis-à-vis des énergies fossiles, du développement des énergies renouvelables et de la gestion des émissions des gaz à effet de serre, eux-mêmes largement incriminés dans le réchauffement de l'atmosphère. Cela, dans un contexte où en l'absence de mesures fiables susceptibles de décider des actions d'anticipation, les Etats sont assez peu enclins à prendre des engagements fermes en matière de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre et à investir dans des solutions énergétiques durables et à l'impact négatif moindre sur l'environnement.

Certains responsables n'hésitent pas, en effet, à dénoncer le manque de mesures précises tant en ce qui

concerne les émissions de gaz à effet de serre que de l'impact des éventuelles solutions proposées. Le marché des émissions de carbone et de ses compensations est-il effectivement basé sur des données mesurables ? Peut-on faire confiance à un système déclaratif de ces émissions lorsque celui-ci ne prend pas en compte la totalité des chaînes de production ? L'exemple du gaz naturel est à ce titre assez éloquent. Ce combustible est considéré comme deux fois plus propre que le charbon par kWh produit, si l'on ne tient compte que du dioxyde de carbone libéré lors de sa combustion. Or, les déperditions de méthane - un gaz à l'effet de serre 25 fois plus puissant que celui du dioxyde de carbone - par les gazoducs du réseau d'approvisionnement changent la



donne, même si ces déperditions n'apparaissent pas dans les déclarations des industriels. De la même manière, on ne dispose encore d'aucune certitude sur le degré d'efficacité des puits de carbone que constituent, par exemple, les forêts du globe.

Pour convaincre les Etats d'adhérer à un régime strict de gestion des gaz à effet de serre ou d'autres polluants, comme cela fut naguère le cas pour des substances comme les chlorofluorocarbones (CFC) qui s'attaquent à la couche d'ozone, il faut des mesures claires, lisibles et indiscutables qui permettent de répondre à ces questions et d'enrichir les modèles de prévisions climatiques, car aucune politique cohérente dans ce domaine ne pourra être menée sans que les gouvernants et les industriels soient en mesure d'en déterminer précisément la nécessité et les effets.

Les besoins des scientifiques dans ce domaine rejoignent donc ceux des gouvernements et, bien évidemment, ceux des citoyens. Pour y répondre, l'industrie spatiale peut jouer, dès aujourd'hui, un rôle important grâce aux technologies déjà développées et aux nouvelles applications sur lesquelles elle est en train de travailler.

L'EXCELLENCE DU SPATIAL EUROPÉEN EN MATIÈRE DE VEILLE ENVIRONNEMENTALE

Depuis la mise en route du programme Meteosat (dans les années 1970), les industriels français ont été à la pointe de la veille météorologique et environnementale assurée depuis l'orbite géostationnaire. A la suite du satellite Meteosat 1 (lancé en 1977), deux générations de satellites ont été produites (à Cannes), tandis que la troisième doit être mise sur orbite à partir de 2017. Ces satellites ont permis d'assurer une veille continue de l'atmosphère à l'échelle globale dans le cadre du *World Weather Watch*, un réseau météorologique global qui associe des satellites européens, américains, japonais, indiens et russes. Le système européen a été reconnu comme une référence mondiale en termes de qualité des mesures opérées et de disponibilité opérationnelle. Une autre grande contribution européenne à la veille climatologique a été déployée pour la première fois sur orbite en 1992 à bord du satellite américain Topex. Il s'agit de l'altimètre Poséidon développé par Thales Alenia Space à Toulouse. C'est cet instrument de mesure qui le premier a permis d'identifier les mécanismes à l'œuvre dans la circulation thermohaline, ce vaste ensemble de courants parcourant tous les océans du globe (en surface et dans les profondeurs) qui constitue le moteur de la « machine climatique » de notre planète. Cet altimètre Poséidon initial a donné naissance à une famille de satellites opérationnels conçus et fabriqués par Thales Alenia Space dans le cadre d'un programme commun au CNES et à la NASA, auquel se sont associées par la suite l'agence météorologique européenne Eumetsat et son homologue américain, la

NOAA. Le premier satellite Jason a été lancé en 2001 et est toujours opérationnel. Le lancement du troisième est prévu en 2014. D'autres altimètres océaniques doivent prochainement prendre la route de l'espace à bord de satellites européens, américains, russes, franco-indiens ou franco-chinois.

Le décryptage du cycle de l'eau est également au cœur des missions de l'altimètre interférométrique Sival placé à bord du satellite européen Cryosat pour le suivi de l'épaisseur des banquises marines et des glaces terrestres, ou encore de celles du satellite passif SMOS (*Soil Moisture and Ocean Salinity*), qui mesure à la fois l'humidité des sols et la salinité de surface des océans (cette dernière, largement influencée par les précipitations se produisant en mer loin de tout observateur, joue un rôle majeur dans l'apparition des courants marins et dans leur évolution).

Le satellite d'observation français Pléiades, qui a été lancé le 17 décembre 2011, n'est que le dernier représentant en date de l'excellence française dans le domaine de l'observation optique, qui est elle aussi devenue une référence mondiale depuis le lancement du premier satellite Spot, il y a de cela vingt-six ans.

Thales Alenia Space a plus particulièrement contribué à cette excellence en fournissant des instruments optiques de très grande qualité, notamment pour la haute résolution géométrique ou la haute résolution spectrométrique, comme par exemple, la caméra Meris (*Medium Resolution Infrared Spectrometer*), qui est installée depuis 2002 sur la plateforme européenne Envisat et délivre quotidiennement des vues exceptionnelles de notre planète, de ses océans et de la configuration perpétuellement changeante de sa biosphère, témoin de l'efflorescence des planctons ou de l'évolution de la couverture végétale.

Ce que la France a fait pour l'optique, l'Italie l'a fait pour les radars depuis vingt ans, depuis sa contribution aux missions radar de la navette spatiale jusqu'à la mise en place de la constellation de satellites Cosmo-Skymed ou l'envoi d'un radar autour de Mars destiné à sonder le sous-sol de la planète rouge. Aujourd'hui, cette compétence est mondialement reconnue et appréciée, ainsi, un radar réalisé par Thales Alenia Space équipe le satellite sud-coréen Kompsat 5, qui a été lancé en février 2012, ainsi que les satellites Sentinel 1 de l'Union européenne, qui seront lancés à partir de 2013.

Enfin, c'est aux Européens que l'on doit également la mise en service du plus puissant et du plus précis de tous les sondeurs atmosphériques, l'interféromètre IASI (Interféromètre Atmosphérique de Sondage Infrarouge), qui est en place depuis 2006 à bord du satellite MetOp et qui sera rejoint par un deuxième exemplaire en mai prochain. Cet outil exceptionnel qui permet d'améliorer les prévisions météorologiques s'avère un atout de premier ordre pour étudier la chimie de l'atmosphère afin d'estimer et de suivre à l'échelle mondiale des gaz traces (tels que l'ozone, le méthane ou le monoxyde de carbone). Cette technologie pourrait servir de base au développement de futurs capteurs



© CNES

JOËL CHENET

« Le satellite d'observation français Pléiades, qui a été lancé le 17 décembre 2011, n'est que le dernier représentant en date de l'excellence française dans le domaine de l'observation optique, qui est elle aussi devenue une référence mondiale depuis le lancement du premier satellite Spot, il y a de cela vingt-six ans ». *Dubai vu par le satellite Pléiades 1A, le 21 décembre 2011.*

destinés à traquer les émissions de gaz à effet de serre et leur évolution dans l'atmosphère.

Ces compétences européennes, dont la maîtrise a contribué à donner à l'industrie spatiale du vieux continent à la fois ses lettres de noblesse et sa place de leader incontesté dans ce secteur, sont le fruit d'une très forte coopération entre l'industrie et les laboratoires de recherche. Elles constituent les briques à partir desquelles l'Europe pourra se doter de systèmes de veille environnementale capables de justifier et de soutenir une politique volontariste dans les domaines de l'énergie et de l'environnement. Ces technologies existent déjà et servent dès aujourd'hui la communauté scientifique, mais elles doivent désormais franchir l'étape du service opérationnel et être mises en œuvre dans un cadre plus vaste qui assurera la pérennité des mesures (indispensable à l'amélioration des modèles et à leur utilisation dans la prévision des évolutions du climat) et leur disponibilité sous une forme utilisable par les décideurs politiques, économiques et industriels.

LES ACTEURS (INSTITUTIONNELS ET INDUSTRIELS) S'IMPLIQUENT

Un premier effort allant dans ce sens a été tenté au niveau de la Commission européenne par la mise en place de l'initiative GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), qui vise à assurer la pérennité des mesures effectuées depuis 2002 par le satellite multi-instruments Envisat. Plusieurs familles de satel-

lites Sentinel prendront le relais pour couvrir les différentes missions menées par le satellite historique de l'Agence spatiale européenne : observation radar (pour les Sentinel 1), observation super-spectrale (pour les Sentinel 2), océanographie (pour les Sentinel 3) et, enfin, chimie atmosphérique (pour les Sentinel 4 et 5). Lancé au niveau politique dès 1998, il a déjà fallu dix années à ce programme pour aboutir à des services pré-opérationnels basés sur les ressources satellitaires pré-existantes et il faudra attendre encore 2013 et 2014 pour que les premiers satellites dédiés soient à leur tour placés sur leur orbite. L'incertitude qui entoure actuellement le financement du programme spatial dans le cadre financier pluriannuel 2014-2020 de l'Union européenne met en péril la continuité d'un système pourtant d'une importance cruciale pour la compréhension des mécanismes du changement climatique et pour la prédiction de ses conséquences, qui sont potentiellement catastrophiques pour l'ensemble de la société, alors même que l'Europe est le fer de lance de la communauté internationale dans ce domaine.

Au-delà de GMES, il faudra également mettre en place une politique spatiale européenne adaptée aux enjeux de missions environnementales dont l'importance cruciale a été démontrée, comme la surveillance du cycle de l'eau par CryoSat et SMOS, ou la surveillance du cycle du carbone et des gaz à effet de serre, pour lesquels des missions expérimentales ont été lancées ou sont en préparation au Japon, aux États-Unis, en Chine et en Europe.

En Europe, les agences spatiales et l'industrie se préparent à relever ce nouveau défi. Des missions pour la



mesure des concentrations du dioxyde de carbone ou du méthane dans l'atmosphère sont à l'étude et des efforts de recherche et développement ont été entrepris pour mettre au point les capteurs qui les équiperont. La compétence acquise à travers la réalisation de l'interféromètre IASI (actuellement spécialisé dans la mesure des concentrations de vapeur d'eau dans l'atmosphère) sera notamment mise à profit pour développer un outil de pointe permettant de mesurer depuis l'espace les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Le maillage entre l'industrie, les laboratoires de recherche et les agences spatiales gouvernementales se resserre également dans ces domaines. L'inauguration (à la mi-décembre 2011) d'une chaire industrielle dédiée aux enjeux des systèmes de surveillance des émissions des gaz à effet de serre en est la parfaite illustration. Cette instance regroupe des partenaires scientifiques (comme le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) et le CNRS) et des partenaires industriels (comme Veolia Eau et Thales Alenia Space).

La création de pôles de compétitivité (comme le Pôle Risque français, qui développe des applications de gestion environnementale, ou la Climate KIC (*Knowledge and Innovation Community*) européenne est un autre exemple des activités orientées vers l'environnement dans lesquelles Thales Alenia Space s'est également très fortement investi.

Cette implication d'acteurs non institutionnels (dont les entreprises) répond à un souci de développement de ces activités autour des besoins réels de la communauté citoyenne. Ce positionnement des industriels est donc non seulement nécessaire et responsable, mais il sera aussi porteur d'activités économiques, à la condition de ne pas prendre de retard et que les pouvoirs publics acceptent d'accompagner ce mouvement.

UNE IMPULSION INDISPENSABLE, QUI DOIT S'INSCRIRE DANS LA DURÉE

L'ampleur de l'effort nécessaire et ses répercussions politiques et sociétales sont telles que l'industrie ne peut seule en assurer la gestion. Une impulsion et un cap doivent être donnés au plus haut niveau par le pouvoir politique, dans le cadre qu'il aura défini. La mise en place d'une infrastructure de mesure des effets du changement climatique à l'échelle planétaire alliant les technologies spatiales les plus récentes à celles déployées au sol, sur les océans et dans l'atmosphère, est indispensable. Cette mise en place a déjà commencé, notamment en Chine et aux États-Unis – des pays que l'on ne classerait pourtant pas *a priori* parmi les pionniers de la lutte contre le changement climatique. Pour ne pas en être absentes, la France et l'Europe ne doivent

pas céder à la tentation de s'en remettre à de futures évolutions technologiques avant de lancer une première phase de mise en œuvre d'un programme opérationnel : les performances des instruments actuels permettent déjà d'atteindre la précision de mesure dont la communauté scientifique a aujourd'hui besoin pour enrichir ses modèles et affiner ses scénarios prospectifs en matière de climat.

Il ne faut pas non plus exagérer l'ampleur des efforts budgétaires qui seront nécessaires. Le budget de GMES pour 2014-2020, par exemple, est évalué à 5,8 milliards d'euros. Une somme certes conséquente, mais qui sera répartie entre les vingt-neuf États membres de l'Union européenne et de l'Agence spatiale européenne et étalée sur sept ans, ce qui correspond en moyenne à 1,6 euro par habitant et par an pour assurer la pérennité d'un programme qui a d'ores et déjà joué un rôle majeur dans la protection des populations contre des risques majeurs (notamment d'inondation).

Enfin, l'*European Climate Exchange* estime que le marché européen des échanges de crédits carbone a dépassé les 100 milliards d'euros en 2009 (soit 200 euros par habitant) et qu'il est en croissance continue : au même titre que la régulation des marchés financiers est financée par des contributions modestes assises sur les transactions financières, il serait envisageable qu'une contribution prélevée sur les échanges de crédits carbone puisse servir à financer le système global de surveillance des émissions de gaz à effet de serre. Une étude de 2009, intitulée *Enjeux économiques de la surveillance des émissions de gaz à effet de serre* et pilotée par les économistes Jean Tirole et Hypolite d'Albis, de la Toulouse School of Economics, évoque notamment les modalités d'un tel scénario.

Le développement de cette infrastructure de mesures doit s'inscrire dans le cadre d'une politique beaucoup plus vaste de changement de notre société et de ses sources d'énergie, que l'évolution des technologies et des mentalités rend possible. Tout un nouveau secteur économique est prêt à fleurir et à fructifier dans le domaine des énergies propres, de la gestion des rejets et des applications connexes, générant des millions d'emplois, qui, de surcroît, sont appelés à être exercés directement en Europe, car c'est en Europe qu'existent les compétences indispensables à ces efforts.

Confrontée à un défi comme elle n'en avait encore jamais connu, l'humanité doit aujourd'hui faire des choix ; elle ne peut plus se permettre le luxe de l'attentisme. Les technologies, en particulier spatiales, sont disponibles pour dresser la carte des besoins et des urgences grâce à laquelle il sera possible non seulement d'agir avec efficacité et discernement, mais aussi d'évaluer clairement les premiers résultats de toute politique adoptée et de réorienter celle-ci en conséquence. Tous les acteurs scientifiques et industriels sont prêts. Il ne manque plus que l'indispensable impulsion politique. Cette impulsion, pour peu qu'elle soit forte et persistante, sera la clef de notre avenir.



Perspectives d'exploration du système solaire

DE MULTIPLES DOMAINES
D'APPLICATION

On rappellera d'abord la problématique et les enjeux de l'exploration robotique et humaine du système solaire. L'exploration de Mars présente un intérêt particulier par son intérêt scientifique et par la perspective, encore lointaine, d'une exploration habitée. Plusieurs voies complémentaires se dessinent à moyen terme l'exploration robotique de Mars, avec un programme de retour d'échantillons comme étape majeure, l'exploration humaine de la Lune et des astéroïdes proches, précédée par des missions précurseurs automatiques, des missions automatiques vers les planètes géantes et leurs satellites. Etant donné l'importance des ressources à mobiliser, une large coopération internationale est essentielle, en particulier pour les missions habitées. On examinera ensuite les atouts de l'Europe pour contribuer à un tel programme.

Par Catherine CÉSARSKY* et Richard BONNEVILLE**

PROBLÉMATIQUE

Au sens le plus large, l'exploration est le prolongement de la présence humaine de manière soit directe (par des missions habitées) soit indirecte (par des missions automatiques) au-delà des limites de notre planète (1).

Tout dispositif d'observation ou de mesure, considéré comme une extension de nos sens, est *de facto* un outil d'exploration. En ce sens, la recherche au moyen des observatoires astronomiques de planètes extra-solaires habitables se rattache à la problématique de l'exploration. Mais celle-ci est généralement restreinte aux endroits qui pourraient dans un avenir raisonnable (2) être effectivement visités par l'Homme, ce qui limite son domaine au système solaire, qui sera pour très longtemps le seul système planétaire que nous pouvons envisager d'étudier *in situ* (3), et sans doute aux objets proches : la Lune, les astéroïdes géocroiseurs, Mars et ses satellites naturels.

* Haut Commissaire à l'Energie Atomique, présidente du Comité des Programmes Scientifiques du CNES.

** Directeur adjoint des Programmes, de la Stratégie et des Relations Internationales du CNES.

(1) « *Space exploration is an "open-ended project relying on both human and robotic activities to extend access to unknown terrains and environments, by means of direct (humans) and/or indirect (automated missions and robots) presence through a systematic approach, including preparatory activities, to open new frontiers for the progress and acquisition of new knowledge, and to present options to extend the range of human actions and inspire future generations.* ». Rapport du groupe de travail chargé de conseiller le Directeur général de l'Agence spatiale européenne (ASE - ESA : European Space Agency) sur l'exploration.

(2) Avant la fin de ce siècle.

(3) Pendant longtemps encore les humains (en fait, une poignée d'entre eux !) ne pourront s'aventurer en dehors de la Terre que pour d'assez brèves périodes, et sans voyager bien loin dans le système solaire. Les robots ne prolongeront guère la présence humaine au-delà des limites de ce système. La « colonisation » de la Lune ou de Mars évoquée par certains n'est guère crédible, et la vie des occupants d'éventuelles bases lunaires ou martiennes devrait ressembler à celle des occupants des bases antarctiques : le séjour temporaire d'une poignée d'individus en milieu confiné se protégeant d'un environnement hostile.



Les motivations et les enjeux d'un programme d'exploration sont multiples :

- enjeux scientifiques : accroître nos connaissances et notre compréhension de notre univers ;
- enjeux technologiques et industriels : stimuler l'innovation ;
- enjeux politiques : développer la coopération internationale à travers un effort commun ou, pour un Etat, démontrer sa capacité technologique ;
- enjeux sociétaux : encourager l'éducation scientifique et attirer l'intérêt du public.

Bien que nous reconnaissons que la science n'est pas la seule motivation d'un programme d'exploration, nous considérons qu'un soutien fort de la communauté scientifique la plus large est essentiel (4), qui ne peut être acquis que si ses intérêts sont pris en compte dès la conception du programme.

QUELLES DESTINATIONS ?

La question scientifique majeure qui sous-tend l'exploration est celle de « l'émergence de la vie » dans le système solaire et les systèmes planétaires, puis « la co-évolution de la vie avec les environnements planétaires » (5). La vie est-elle apparue dans le système solaire ailleurs que sur Terre ? Si oui, y est-elle encore présente aujourd'hui ? Pour tenter de répondre à ces questions, la première cible est évidemment Mars, la seule planète du système solaire, en dehors de la Terre, qui ait peut-être présenté au début de son histoire les conditions propres à l'émergence de la vie. Mais contrairement à la Terre, dont la surface a sans cesse été remodelée par l'activité tectonique, Mars a conservé les traces de toutes les étapes de son évolution, depuis une jeunesse tumultueuse où les conditions permettaient la présence stable d'eau liquide en surface, jusqu'à la période présente froide et sèche.

C'est aussi la seule planète où il semble possible dans un futur pas trop éloigné, bien qu'encore indéterminé, d'envoyer un jour des hommes. Cependant aujourd'hui, la réalisation à court ou moyen terme de missions habitées vers Mars n'est pas crédible car les difficultés à surmonter sont énormes : la durée du voyage (6 à 9 mois dans chaque sens, dans le meilleur des cas), les contraintes des fenêtres de lancement, les radiations subies durant les longues croisières aller et retour, la logistique nécessaire (air, eau, nourriture).

En conséquence, le programme d'exploration de Mars doit être robotique à moyen terme. En particulier, la réalisation d'un programme de retour d'échantillons visant à rapporter des échantillons choisis avec soin provenant de divers sites (*Mars Sample Return, MSR*) est un objectif majeur à tous points de vue (intérêt scientifique, ambition technologique, contexte coopératif, visibilité du public). L'étude en laboratoire des échantillons martiens rapportés sur Terre devrait permettre des avancées considérables sur la connaissance

de Mars, en utilisant les techniques d'analyse les plus innovantes et les plus sensibles (que l'on ne saurait pas mettre en œuvre avec la même précision *in situ* à la surface de Mars) et aussi en pouvant bénéficier de leurs améliorations ultérieures.

Il s'agit donc à travers un ensemble de missions automatiques et la réalisation d'une première mission de retour d'échantillons comme étape importante, de :

- retracer l'histoire géologique, climatique et éventuellement biologique de Mars ;
- caractériser l'environnement martien présent.

Bien entendu, les autres objets du système solaire présentent également un intérêt scientifique significatif : par exemple, les petits corps du système solaire, astéroïdes et comètes, qui sont les reliques de la formation du système solaire (6) ; les planètes géantes et leurs satellites, dont l'étude est nécessaire pour comprendre la formation du système solaire.

Il semble par ailleurs raisonnable au regard des difficultés d'un programme de missions habitées vers Mars de le préparer par des étapes préalables moins ambitieuses : des missions habitées vers la Lune ou les astéroïdes pourraient être des étapes utiles pour valider certaines étapes technologiques préparant un éventuel futur programme d'exploration habitée de Mars :

- la Lune, pour préparer des séjours de longue durée sur une surface planétaire (se poser, se déplacer, vivre et travailler, repartir) ;
- les astéroïdes et les satellites naturels de Mars, pour préparer des voyages de longue durée dans l'espace lointain.

Ces missions habitées devront être préparées par des missions de reconnaissance robotiques.

Si l'on se limite aux programmes envisagés dans l'ensemble de la communauté spatiale mondiale à l'horizon 2030, deux axes majeurs possibles, non exclusifs l'un de l'autre, semblent ainsi se dessiner :

- l'exploration habitée de la Lune et/ou des astéroïdes proches, ainsi que des satellites naturels de Mars, Phobos et Deimos, préparée par des missions robotiques de reconnaissance ;
- l'exploration automatique de Mars et la réalisation d'un programme de retour d'échantillons martiens.

En parallèle, des missions robotiques seront mises en œuvre vers d'autres corps du système solaire, notamment vers les planètes géantes et leurs satellites.

La réalisation éventuelle de missions habitées vers Mars est un objectif encore lointain, au-delà de 2030, aussi

(4) Le programme de station spatiale internationale (ISS) n'avait pas ce soutien !

(5) Voir le rapport du comité spatial de l'European Science Foundation : « *Science-Driven Scenario for Space Exploration* » [http://www.esf.org/index.php?eID=tx_ccdamdl_file&p\[file\]=15721&p\[dl\]=1&p\[pid\]=238&p\[site\]=European%20Science%20Foundation&p\[t\]=1330161810&hash=4a8f284574e184bc32356520b265feec&l=en](http://www.esf.org/index.php?eID=tx_ccdamdl_file&p[file]=15721&p[dl]=1&p[pid]=238&p[site]=European%20Science%20Foundation&p[t]=1330161810&hash=4a8f284574e184bc32356520b265feec&l=en)

(6) Les analyses minéralogiques et isotopiques des météorites collectées sur Terre suggèrent qu'une part importante de l'eau et de la matière organique terrestre a été apportée par le bombardement intense des premiers âges du système solaire.

Encadré 1**Les petits corps**

Certains astéroïdes dit géocroiseurs, parce que leur orbite les amène à passer périodiquement non loin de la Terre, peuvent constituer un péril majeur pour l'humanité en cas de collision. Le suivi de ces objets et leur caractérisation est nécessaire et la réalisation de missions destinées à les dévier ou à les détruire si la probabilité de rencontre n'est plus négligeable doit être sérieusement envisagée.

Le retour d'échantillons d'un astéroïde peut constituer une bonne préparation à MSR, en particulier en ce qui concerne les moyens d'analyse et de conservation des échantillons rapportés avec l'installation sur Terre d'un laboratoire européen de « curation » des échantillons.

Le commentaire ci-dessus s'applique à des missions vers Phobos et Deimos ; comprendre l'origine de ces deux objets, astéroïdes capturés (par quel mécanisme ?) ou fragments de Mars éjectés à la suite d'un impact, aidera à reconstituer le passé martien.

mûrement réfléchi et des effets désastreux de décisions politiques et budgétaires « *stop and go* ».

C'est l'Agence spatiale européenne qui porte aujourd'hui la plus grosse part des efforts européens en matière d'exploration ; l'exploration spatiale n'a pas jusqu'à présent bénéficié du levier communautaire. Or selon le traité de Lisbonne, désormais en vigueur, l'espace est une compétence partagée de l'Union européenne (UE) et de ses Etats-membres, l'Union devenant un acteur majeur du secteur spatial européen. La résolution du 22 mai 2007 du Conseil Espace, qui réunit les ministres chargés de l'espace à l'ASE et à l'UE, a initié l'élaboration d'une politique spatiale européenne, et le Conseil Espace de septembre 2008 a identifié plusieurs thèmes dans lesquels l'UE, après Galileo et GMES, entend jouer un rôle, parmi lesquels l'exploration. Associer l'Union européenne à l'orientation et à la définition des projets d'exploration spatiale pourrait permettre l'émergence d'une ambition européenne clairement définie et partagée et donner à ce programme une base politique solide, qui lui manque aujourd'hui.

Mais pour que l'exploration puisse devenir un lieu privilégié de coopération scientifique et technique, une vision politique partagée et une gouvernance claire sont nécessaires. A la suite de réunions préparatoires tenues à

convient-il sans se hâter d'identifier les étapes indispensables et de valider les technologies nécessaires (voir les encadrés 1 et 2).

EXPLORATION ET COOPÉRATION

Nous sommes convaincus que le programme d'exploration doit être envisagé comme une entreprise internationale à travers une coopération équilibrée entre partenaires où l'apport de chacun est réellement indispensable aux autres, sans exclusivité ni appropriation par l'une ou l'autre des nations, dans laquelle chaque participant apporte ses propres capacités, ses atouts et ses choix privilégiés (7).

Au regard de la taille des autres partenaires internationaux, au premier rang desquels les USA, et des sommes qu'il convient d'engager dans les programmes d'exploration spatiale pour y jouer un rôle majeur et visible, aucun pays européen ne peut jouer cavalier seul. Les conséquences des orientations initiales pouvant être ressenties sur plusieurs décennies, les partenaires doivent être conscients du besoin d'un engagement sur le long terme, de la nécessité de partir sur une stratégie

(7) « *Space exploration is a political and global endeavour and Europe should undertake its action within a worldwide programme, without any monopoly or appropriation by one country, the different actors taking part with their own capacities and priorities.* » (Conclusions du 5^e European Space Council, comité qui rassemble les ministres européens en charge de l'espace dans les Etats membres de l'ASE et de l'Union européenne, septembre 2008)

Encadré 2**La Lune**

On constate en ce moment un engouement pour la Lune de nombreux pays spatiaux, notamment de pays émergents (Inde, Chine), initiatives dont la science n'est pas la motivation principale. Si en tant qu'objet scientifique, son intérêt est estimé moindre par la communauté scientifique que celui de Mars, des petits corps, ou des planètes géantes et de leurs satellites, l'exploration robotique ou habitée de la Lune peut procurer des opportunités d'investigations scientifiques intéressantes, en particulier, concernant l'étude de sa structure interne.

La mise en œuvre à la surface de la Lune d'un laboratoire automatique mobile, capable de parcourir de grandes distances, figurerait une présence humaine permanente virtuelle avec une possibilité d'interaction en temps quasi réel.

Un tel engin serait doté de moyens d'imagerie et d'instruments analytiques pour étudier la surface et la sub-surface, ainsi que d'une liaison directe Terre-Lune et d'équipements de génération de puissance.

Un préalable serait le développement d'un atterrisseur lunaire automatique, capable de se poser en douceur et avec précision.

Prague (Octobre 2009) et à Bruxelles (Octobre 2010), la première réunion d'un forum international sur l'exploration spatiale, co-organisé par l'UE et l'ASE, a eu lieu à Lucques (Italie) en novembre 2011. L'ambition de ce forum est de constituer une plateforme politique de haut niveau permettant aux partenaires internationaux de présenter leurs points de vue sur leurs objectifs et leurs stratégies, et d'élaborer une vision commune et des modalités de coopération.

En effet, un futur programme global d'exploration doit être considéré à deux niveaux distincts : un niveau technique et programmatique, d'une part, un niveau politique, d'autre part. Au niveau technique et programmatique, il existe divers groupes de travail internationaux auxquels participent certaines des principales agences spatiales mondiales ; les participants y échangent de l'information et coordonnent leurs activités (par exemple, bases de données partagées, standards et protocoles communs). Parmi ces groupes de travail, l'*International Space Exploration Coordination Group* (ISECG), groupe de travail rassemblant 14 agences spatiales s'est donné pour tâche d'élaborer une stratégie globale en matière d'exploration. Les agences membres de l'ISECG ont adopté en avril 2007 une déclaration commune qui souligne le besoin de coordination tout en reconnaissant l'autonomie de chaque pays (8) et l'ISECG, qui était invitée à la réunion de Lucques, a récemment publié la première édition d'une possible feuille de route (9). Une stratégie à haut niveau qui aurait vocation à être endossée au niveau politique pourrait être basée sur une future édition de cette feuille de route.

QUELLES PRIORITÉS ?

Au cours des trente dernières années, l'Europe, au travers de l'Agence spatiale européenne (ASE) et des agences spatiales nationales, a réalisé le lanceur Ariane 5 et s'est placée parmi les tout premiers acteurs de l'exploration spatiale dans le monde. La compétence européenne est reconnue dans les missions d'exploration scientifique du système solaire, telles que Giotto, Huygens, Rosetta, Mars Express, Venus Express, et dans le domaine des vols habités à travers des réalisations, comme l'ARD (*Automatic Re-entry Demonstrator*), l'ATV (*Automated Transfer Vehicle*) qui dessert l'ISS, le laboratoire Columbus amarré à l'ISS et les vols effectués depuis trente ans par les astronautes européens sur la station Mir et dans Spacelab, puis sur l'ISS.

Avons-nous les moyens de dépenser et, si oui, combien sommes-nous prêts à dépenser à l'avenir pour l'exploration ? Pour commencer, citons quelques chiffres :

- ExoMars (1^{ère} mission robotique européenne au sol de Mars) : de l'ordre de 1 G d'euros ;
- capacité européenne autonome en vol habité (estimation CNES : 10 à 15 G d'euros) ;
- utilisation de l'ISS : de l'ordre de 300 M d'euros/an pour la part européenne, soit environ 8 % du total ;

- 1^{ère} mission automatique de retour d'échantillons de Mars : 3 à 4 G d'euros ;
- mission habitée à la surface de la Lune : 60 à 80 G d'euros ;
- 1^{ère} mission habitée au sol de Mars : 500 à 1000 G d'euros (?).

On peut se demander si l'Europe doit se doter d'une capacité autonome de vol habité, et dans quelle perspective. En cas de réponse positive, il faut prendre en compte à la fois le lanceur et le véhicule de transport d'équipage ; développer un seul de ces deux moyens n'aurait guère de sens dans un premier temps, même si ultérieurement se met en place une division du travail entre partenaires internationaux. Il faut aussi être conscient qu'il s'agit là d'un engagement à long terme (voir l'ISS), qui ne concerne pas seulement le coût de développement mais aussi le coût de maintien (filiale industrielle de production, infrastructures sol et moyens de lancement), pour un plan de charge de l'ordre d'une mission par an.

L'acquisition d'une capacité autonome de vols habités n'est pas hors de portée de l'Europe, ni techniquement ni financièrement, mais exigerait une augmentation considérable du budget spatial civil européen, avec au minimum un doublement des budgets consacrés annuellement à l'exploration robotique et humaine, par l'ASE, par l'UE (10) et par leurs Etats-membres. Une telle augmentation ne semble pas réaliste à court terme, particulièrement dans la période actuelle. Nous supposons donc la mise en place d'une politique de transport globale, où d'autres partenaires seraient responsables du transport des équipages.

Avec un budget spatial civil total six fois moindre que celui des Etats-Unis, les activités européennes en matière d'exploration doivent être ciblées. Le contenu du programme européen d'exploration doit permettre à l'Europe de poursuivre ses priorités par ses propres moyens si d'aventure le partenaire américain changeait ses plans en cours de route (et nous savons par expérience que ce n'est pas impossible) ou si la coopération ne répondait pas aux attentes européennes, afin de ne pas reproduire la situation de dépendance du programme de station spatiale.

Les Européens disposent d'un élément majeur, le lanceur Ariane 5, et d'une compétence prouvée dans des systèmes automatiques en orbite basse, ainsi que dans

(8) « A global exploration strategy », avril 2007.
http://www.globalspaceexploration.org/c/document_library/get_file?uuid=119c14c4-6f68-49dd-94fa-af08ecb0c4f6&groupId=10812

(9) « Global Exploration Roadmap », septembre 2011.
http://www.globalspaceexploration.org/c/document_library/get_file?uuid=bd0428e8-9163-4483-976f-57208dc6507f&groupId=10812

(10) En ce qui concerne particulièrement l'UE, la Commission européenne a adopté en avril 2011 la communication « Vers une stratégie spatiale de l'Union européenne au service du citoyen » dans laquelle l'exploration figure bien parmi les thèmes prioritaires d'une politique spatiale européenne ; elle n'apparaît cependant pas dans ses perspectives financières 2014-2020.
http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/policy/comm_pdf_co_m_2011_0152_f_communication_fr.pdf



© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

© ESA/DLR/FU Berlin/G. Neukum

« La compétence européenne est reconnue dans les missions d'exploration scientifique du système solaire, telles que Giotto, Huygens, Rosetta, Mars Express, Venus Express, et dans le domaine des vols habités à travers des réalisations, comme l'ARD (*Automatic Re-entry Demonstrator*), l'ATV (*Automated Transfer Vehicle*) qui dessert l'ISS, le laboratoire Columbus amarré à l'ISS et les vols effectués depuis trente ans par les astronautes européens sur la station Mir et dans Spacelab puis sur l'ISS ». *Cliché pris sur Mars par la sonde Mars Express de l'Agence spatiale européenne, qui témoigne de la présence de glace d'eau au fond d'un cratère dans la région Vastitas Borealis.*

les sondes d'exploration scientifique et des technologies comme la rentrée atmosphérique ou l'énergie nucléaire. Dans un programme d'exploration spatiale en coopération internationale, l'Europe doit viser des créneaux qui correspondent à ses domaines d'excellence scientifique et technologique (11). Il conviendra de trouver dans la coopération internationale le bon équilibre entre complémentarité et redondance. On peut penser, par exemple, à des dispositifs robotiques et/ou télé-opérés, des systèmes de support vie et de recyclage (déchets, air, eau), des véhicules interplanétaires de transport de fret, des modules d'habitation, des *landers* et *rovers* planétaires automatiques, des dispositifs de production et de stockage d'énergie.

L'UTILISATION DE L'ISS

L'utilisation de l'ISS jusqu'en 2020, au moins, a été récemment décidée. Une exploitation adaptée de la

Station spatiale internationale, en privilégiant les vols de longue durée des astronautes européens, peut constituer un élément de préparation de phases ultérieures de l'exploration. Les résultats des recherches scientifiques réalisées à bord de l'ISS, bien que tout a fait honorables, ne sont cependant pas à la mesure de l'investissement. L'utilisation scientifique de l'ISS devrait être orientée en priorité vers la médecine spatiale (préparation des vols humains de longue durée au-delà de l'orbite basse) et l'exobiologie pour ce qui concerne les sciences de la vie et à la physique des fluides en micropesanteur (recherche de base et applications à la gestion des fluides spatiaux) en ce qui concerne les sciences de la matière. L'ISS pourrait aussi servir de banc d'essai pour des démonstrations de systèmes ou de technologies visant l'exploration humaine au-delà de l'orbite basse.

(11) Un bon exemple est le bras robotique de l'ISS, fourni par le Canada, grâce auquel les Canadiens ont développé un savoir-faire reconnu et qui leur permet d'avoir régulièrement des vols d'astronautes.



QUELLES TECHNOLOGIES ?

Les fonctionnalités principales auxquelles les activités d'exploration doivent satisfaire peuvent se décliner comme suit :

- aller en orbite terrestre et en revenir ;
- rendez-vous / amarrage / capture / assemblage autour de la Terre, d'un corps céleste ou d'un point virtuel ;
- aller vers un corps céleste (ou un point virtuel) ;
- descendre sur un astre autre que la Terre (avec ou sans atmosphère) ;
- déployer des activités à la surface d'un astre autre que la Terre ;
- décoller depuis un astre autre que la Terre ;
- rentrer sur Terre depuis l'espace lointain.

En résumé, la réalisation d'un programme d'exploration suppose la maîtrise de nombreuses techniques et technologies telles que les systèmes EDL (*Entry, Descent, Landing*), le rendez-vous en orbite, la production et le stockage d'énergie (y compris nucléaire), le support vie (santé, nourriture, recyclage des déchets, de l'air et de l'eau), et la propulsion (voir ci-dessous).

Les contributions européennes à un programme international d'exploration devraient être basées sur les priorités et les compétences de l'Europe. En novembre 2010, le 7^{ème} Space Council, qui regroupe les ministres européens en charge de l'espace à l'ASE et à l'UE, a identifié en priorité quatre secteurs :

- automatique et robotique ;
- propulsion avancée ;
- gestion de l'énergie (production et stockage) ;
- support vie.

Certaines de ces technologies comme la propulsion sont essentiellement spatiales tandis que celles relatives à l'énergie ou au support vie présentent un caractère dual spatial / non spatial et peuvent déboucher sur des applications non spatiales.

En ligne avec les priorités citées ci-dessus, une attention particulière doit être donnée aux techniques et technologies associées au rendez-vous automatique et à l'amarrage ou à la capture en orbite d'objets coopératifs ou non coopératifs. Ces techniques sont essentielles pour une large variété de missions, telles que :

- le retour d'échantillons de Mars ;
- l'assemblage en orbite ;
- la desserte d'infrastructures orbitales ;
- le transfert de module de l'ISS ou la désorbitation de celle-ci ;
- l'enlèvement de débris spatiaux.

Un véhicule dérivé de l'ATV, tels que les concept APEX (*Advanced Platform for EXploration*) du CNES ou le VAC (*Versatile Autonomous Concept*) de l'ASE pourrait, dans un premier temps, desservir l'ISS et, ultérieurement, associé par exemple à une propulsion électrique,

évoluer vers un module de croisière interplanétaire automatique.

La question de la propulsion est en effet particulièrement importante. Il est possible qu'au-delà de 2025, lorsque la future Ariane 6 sera opérationnelle et assurera l'essentiel des besoins de lancement institutionnels et commerciaux vers l'orbite géostationnaire et les orbites terrestres d'application, l'exploration demeure le domaine réservé d'Ariane 5, avec un plan de charge dédié de l'ordre d'un tir par an. Cela impliquerait de financer le maintien de la filière Ariane 5 et éventuellement le coût d'entretien en parallèle de deux sous-filières, l'une consacrée aux vols habités et l'autre aux missions inhabitées.

Il faut cependant souligner que la problématique d'accès à l'espace est très différente si on se limite à l'orbite basse ou si on vise des missions au-delà de l'orbite basse. Pour quitter l'orbite terrestre, les moyens de propulsion conventionnels (chimiques) resteront probablement irremplaçables, et, de même, pour se mettre en orbite planétaire ou quitter la surface des planètes. Par contre, les phases de croisière interplanétaire, aujourd'hui essentiellement balistiques, pourraient utiliser des dispositifs à poussée continue, solaires électrique ou nucléo-électrique afin de raccourcir la durée des transits et s'affranchir dans une large mesure des contraintes des créneaux de lancement interplanétaires.

On aboutirait ainsi à une propulsion mixte, combinant les avantages de la propulsion conventionnelle, dans les phases de mise en orbite ou d'échappement, et de la propulsion électrique, dans les phases de croisière, réalisant une véritable rupture technologique dans l'exploration.

PERSPECTIVES POUR L'EUROPE

Actuellement, sous l'égide de l'Agence spatiale européenne, plusieurs missions d'exploration sont à l'étude ou en cours de décision :

- Exomars, avec deux missions vers la planète Mars, une en 2016 et l'autre en 2018.
- Juice, une mission vers les satellites glacés de Jupiter, soumise à la sélection prochaine des grandes missions du programme Cosmic Vision.
- Marco Polo, mission de retour d'échantillons d'un astéroïde géocroiseur, qui sera soumise plus tard à la sélection des missions moyennes M3 du programme Cosmic Vision.

Par la suite, la priorité des scientifiques français demeure une mission qui pourrait ramener des échantillons de matière de la planète Mars (MSR).

A plus long terme, si elle s'en donne les moyens, l'Europe pourrait développer quelques-unes des composantes robotiques de la branche « missions habitées », au sein d'une large coopération internationale.

L'accès indépendant à l'espace : une condition préalable à toute politique spatiale

DE MULTIPLES DOMAINES
D'APPLICATION

L'Europe des lanceurs se caractérise par ses succès techniques et commerciaux. Fin 2011, 46 lancements d'Ariane 5 ont été réussis d'affilée et Arianespace est le Numéro 1 mondial des lancements de satellites commerciaux.

Ces succès sont le fruit d'une politique spatiale européenne résolue et déterminée conduite depuis plus de quarante ans, à l'initiative plus particulièrement de la France.

Cette politique volontariste résulte de la prise de conscience de l'Europe de la nécessité de se doter de satellites pour assurer sa souveraineté et donc ne pas être dépendante des autres nations.

L'accès indépendant à l'espace, qui repose sur le nécessaire soutien des Etats membres de l'Agence spatiale européenne et sur la réussite commerciale d'Arianespace, est la condition préalable à toute politique spatiale.

Par Jean-Yves LE GALL*

2011 restera, dans l'histoire, comme une année structurante pour l'accès à l'espace, de multiples rebondissements en la matière s'étant produits tout au long de cette année dans le monde entier.

Multipliation des initiatives, échecs de lancements, revirements commerciaux : l'actualité des systèmes de lancement a tenu en haleine tous les acteurs du monde spatial. L'ensemble de ces événements a rappelé à chacun des représentants des gouvernements ou des opérateurs commerciaux à quel point un accès indépendant à l'espace, qui soit techniquement sûr et économiquement viable, est indispensable. C'est pro-

bablement cette prise de conscience qui a fait qu'en 2011, en dépit d'un environnement turbulent et de concurrents toujours plus agressifs, l'Europe spatiale a continué à accumuler les succès.

Succès techniques d'abord, avec 46 lancements successifs, tous couronnés de succès, de fusées Ariane 5, le lancement inaugural de la fusée Soyouz au Centre Spatial Guyanais (CSG) et la préparation du premier lancement de la fusée Vega. Succès commercial, ensui-

* Président Directeur Général d'Arianespace.

te, avec pour Arianespace un carnet de commandes qui représente plus de trois ans d'activité et qui atteint 4,5 milliards d'euros, un record inégalé, grâce à Ariane 5 et à l'introduction (réussie) sur le marché de Soyouz, au CSG, et de Vega, cela, avant même leur premier lancement. Succès financier, enfin, avec le renouvellement du soutien qu'apportent au secteur des lanceurs les Etats membres de l'Agence spatiale européenne (ASE) qui ont bien compris qu'un accès indépendant à l'espace, cela ne se négocie pas.

L'ensemble est à porter au crédit de la politique spatiale, résolue et déterminée, que conduit l'Europe (dans une large mesure à l'initiative de la France) depuis plus de quatre décennies. Tout cela n'existerait probablement pas sans le respect de quelques principes fondamentaux qu'il convient, à cette occasion, de rappeler.

UNE POLITIQUE INÉDITE

Il faut en effet se souvenir qu'en 1973, alors que la France et l'Allemagne avaient développé le satellite de télécommunications Symphonie, le refus des Etats-Unis de le lancer s'il devait être utilisé à des fins autres qu'expérimentales, avait motivé la décision prise par l'Europe d'acquiescer à son indépendance en matière d'accès à l'espace. L'Europe avait alors appris, à ses dépens, qu'il était fondamental d'être capable de lancer à tout moment les satellites assurant sa souveraineté et que c'était là une condition préalable à toute politique spatiale.

C'est ce qui a conduit à la création de l'ASE, dont aujourd'hui les dix pays membres participent aux programmes finançant le développement et l'exploitation des systèmes de lancement européens, à savoir, d'une part, le développement des différentes versions du lanceur lourd Ariane 5, complété depuis quelques années par la mise en place d'un partenariat inédit avec la Russie autour de l'implantation du lanceur moyen Soyouz (au CSG) et par le développement du lanceur léger Vega et, d'autre part, la prise en charge d'une partie des frais fixes liés à l'exploitation d'Ariane 5 (et, dans l'avenir, de celle de Vega), comme le font toutes les autres puissances spatiales en capacité de lancer des satellites (Etats-Unis, Russie, Chine, Japon, Inde).

En parallèle, les investissements considérables dans le CSG en font aujourd'hui, de l'avis unanime de l'ensemble des clients d'Arianespace, le meilleur centre de lancement au monde, qui, avec la mise en œuvre d'Ariane 5, de Soyouz et de Vega, mérite plus que jamais le titre de port spatial de l'Europe.

Pour ce qui est d'Arianespace, c'est peu après le succès du premier lancement d'Ariane, le 24 décembre 1979, que cette société a été créée par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et par les partenaires industriels du programme Ariane, avec pour mission d'être capable de lancer à tout moment les satellites de souveraineté européens. Ce sont les termes de l'arrangement

qui la lie à l'ASE, et ce mandat, qui lui est confié par les Etats membres de cette agence, lui confère l'exploitation des systèmes de lancement européens, c'est-à-dire l'entretien de la capacité technique, industrielle et opérationnelle constituée en Europe et en Guyane grâce aux investissements réalisés depuis le début des années 1970.

Effectivement, pour assurer la fiabilité, la disponibilité et la compétitivité de cet outil de souveraineté, l'Europe a imaginé une politique inédite, dans laquelle le succès commercial d'Arianespace constitue la garantie de l'accès indépendant de l'Europe à l'espace. A cet égard, c'est le marché qui apporte à l'industrie spatiale européenne le volume d'activité nécessaire au bon fonctionnement de ses systèmes de lancement, faute de disposer d'un carnet de commandes suffisant en matière de lancement de satellites gouvernementaux européens. A l'inverse de ses concurrents constitués par les autres puissances spatiales (dont le plan de charge repose avant tout sur un marché gouvernemental assurant une cadence de production minimale), Ariane doit donc s'appuyer de façon prépondérante sur le marché commercial pour assurer une activité continue à l'industrie spatiale européenne.

En un peu plus de trente ans d'existence, Arianespace a injecté plus de 15 milliards d'euros dans l'industrie spatiale européenne, assurant ainsi l'emploi de près de 10 000 ingénieurs et techniciens hautement qualifiés. Cette activité est marquée par sa pérennité, le carnet de commandes de la société garantissant en permanence trois ans d'activité industrielle. Fin 2011, Arianespace avait lancé 298 satellites au moyen de 204 lanceurs Ariane. Seule une proportion réduite de ces satellites a été lancée pour les besoins des gouvernements européens, que ce soit pour la recherche scientifique ou à des fins civiles ou militaires (pour les télécommunications ou l'observation). Il est clair que, sans tous les autres lancements, gagnés sur le marché commercial, les satellites « européens » n'auraient pu être lancés avec ce même niveau de fiabilité, de disponibilité et de compétitivité.

Toutefois, au fur et à mesure de l'accroissement de la masse des satellites commerciaux et, *de facto*, de la performance d'Ariane 5, est apparu le besoin de lancer des satellites de plus petite taille, conséquence des progrès réalisés dans la miniaturisation des composants spatiaux. L'Europe a alors fait le choix de se doter d'une gamme de systèmes de lancement (mise en œuvre au CSG) devant permettre à Arianespace de couvrir tout le spectre des missions spatiales et de placer, à tout moment, n'importe quel satellite sur n'importe quelle orbite.

C'est ainsi qu'a été développé avec la Russie un partenariat inédit autour du lanceur moyen Soyouz, celui qui avait lancé Spoutnik, le premier satellite artificiel de notre planète, et Youri Gagarine, le premier cosmonaute, un lanceur qui est aujourd'hui (avec ses 1 784 lancements effectués à fin 2011) le cheval de bataille du programme spatial russe. Ce partenariat a commencé



© Hamilton/REA

« Un partenariat inédit a été développé avec la Russie autour du lanceur moyen Soyouz, celui qui avait lancé Spoutnik, le premier satellite artificiel de notre planète, et Youri Gagarine, le premier cosmonaute. Ce partenariat a commencé à Baïkonour où, de 1999 à 2011, Starsem, la filiale euro-russe d'Arianespace et d'EADS-Astrium, a effectué vingt-quatre lancements commerciaux, tous réussis. Il s'est prolongé ensuite au Centre spatial guyanais, où un pas de tir dédié à Soyouz et construit par l'Agence spatiale européenne a été utilisé avec succès pour la première fois le 21 octobre 2011 ». *La salle de contrôle du Centre spatial guyanais lors du premier lancement d'une fusée Soyouz, le 21 octobre 2011.*

d'abord à Baïkonour (au Kazakhstan) où, de 1999 à 2011, Starsem, la filiale euro-russe d'Arianespace et d'EADS-Astrium constituée à cet effet, a effectué vingt-quatre lancements commerciaux, tous réussis. Il s'est prolongé ensuite au CSG, où un pas de tir dédié à Soyouz et construit par l'ASE (réplique de celui utilisé à Baïkonour), a été utilisé avec succès pour la première fois le 21 octobre 2011. Signe particulièrement fort de l'importance de cette coopération, cette première mission de Soyouz au CSG a mis en orbite les deux premiers satellites de la constellation Galileo, le programme de navigation par satellite de l'Union européenne. Ensuite, pour compléter sa gamme de satellites avec des satellites de petite taille, l'Europe a décidé le développement du lanceur léger Vega, qui est capable de mettre en orbite de petites charges utiles pour les gouvernements européens, en s'appuyant sur le marché commercial (en forte expansion) des satellites d'observation. Il faut noter que ce programme illustre la maturité technique et industrielle acquise par l'ensemble des pays européens au travers du programme Ariane. En effet, la maîtrise d'œuvre est exercée non plus par la France, l'acteur historique du secteur des lanceurs, mais par l'Italie, un pays dont les compétences et l'activité industrielle font de lui la troisième puissance spatiale européenne.

Au total, l'Europe peut être fière de ce qu'elle a construit en trente ans, comme en attestent les résultats de 2011. D'une part, Ariane 5 a lancé le second ATV (*Automated Transfer Vehicle*), cargo ravitailleur de la station spatiale internationale, d'une masse de près de vingt tonnes et huit satellites commerciaux de télécommunications, représentant la moitié du marché mondial. D'autre part, Soyouz, au CSG, est entré en service opérationnel, avec deux lancements réussis en moins de deux mois. Parallèlement, deux autres lancements commerciaux de Soyouz ont eu lieu à Baïkonour. L'ensemble aura permis à Arianespace de lancer 29 satellites en 2011, ce qui démontre tout l'intérêt de la gamme constituée par Ariane 5, Soyouz et Vega. Pour revenir sur le bilan d'Ariane 5, nous dirons que celui-ci est tout simplement remarquable et qu'il atteste de la fiabilité, de la disponibilité et de la compétitivité du lanceur le plus puissant actuellement mis en oeuvre sur la scène mondiale. En neuf ans (de 2003 à 2011), les 46 lancements d'affilée réussis, qui ont permis la mise en orbite de 83 satellites et de 10 charges utiles auxiliaires, ont définitivement changé les standards de l'industrie des lancements de satellites. Et l'arrivée de Soyouz et de Vega au CSG va contribuer à renforcer cette compétitivité sur le marché commercial et



à l'étendre aux lancements gouvernementaux, grâce aux synergies commerciales, techniques et opérationnelles qui vont être ainsi créées.

Quant au carnet de commandes d'Arianespace, il garantit qu'en permanence, chaque année, auront lieu (au CSG) de six à sept lancements d'Ariane 5, de deux à quatre lancements de fusées Soyouz et de un à deux lancement(s) de fusée(s) Vega. Cela s'est encore vérifié en 2011, année durant laquelle, avec dix contrats signés pour le lancement de satellites géostationnaires, Arianespace s'est arrogé 50 % du marché mondial. De plus, des contrats ont été signés pour un lancement d'Ariane 5 dédié à la mise en orbite d'une mission scientifique, pour le lancement d'une fusée Soyouz (également au CSG) et pour deux lancements de Vega.

PRÉPARER L'AVENIR

L'Europe a su ainsi développer une politique inédite qui permet à ses systèmes de lancement de jouer un rôle de tout premier plan sur la scène mondiale. Mais il ne faudrait pas pour autant se laisser griser par tous ces succès. Tout d'abord, il faut se souvenir qu'une fois développés, les systèmes de lancement ne peuvent vivre sans le soutien des Etats, en particulier pour la prise en charge des frais fixes liés à l'entretien de ces infrastructures lourdes que sont les pas de tir. Un accès indépendant à l'espace a un prix, et nos concurrents l'ont bien compris. Tous intensifient leurs efforts et soutiennent plus que jamais leurs propres systèmes de lancement. Cela est particulièrement vrai en Asie, où la Chine, l'Inde et le Japon conduisent des programmes spatiaux nationaux ambitieux, dont la finalité est avant tout politique.

A cet égard, il convient de garder à l'esprit que le succès commercial d'Arianespace intervient en soutien à l'effort des Etats européens et qu'en aucun cas il ne saurait remplacer celui-ci. C'est avant tout le succès rencontré par Ariane 5, Soyouz et Vega sur le marché commercial particulièrement concurrentiel des lancements de satellites, qui garantit la disponibilité de la capacité de lancement des systèmes spatiaux européens et, par là-même, l'accès indépendant de l'Europe à l'espace.

Ensuite, comme l'a amplement démontré la mésaventure que l'Europe a connue avec Symphonie, l'accès indépendant à l'espace est une condition préalable à toute politique spatiale. Même si, au niveau commercial, Arianespace a habitué l'Europe à être Numéro 1 mondial, il est indispensable que les Etats européens utilisent systématiquement leurs propres systèmes de lancement pour satisfaire leurs besoins propres. C'est ce que font tous nos concurrents, et même s'il n'existe pas en Europe de « *Buy European Act* » comme il existe, aux Etats-Unis, un *Buy American Act* qui stipule que tous les satellites payés par le contribuable américain doivent être lancés par des lanceurs américains, il convient d'observer à cet égard une discipline absolue. Une réflexion a été engagée en ce sens par l'Union européenne pour

introduire des règles équitables d'accès aux marchés publics, ce qui pourrait être fait, par exemple, au travers d'accords de réciprocité (dans ce secteur non soumis aux règles de l'Organisation Mondiale du Commerce).

De ce point de vue, la mise en œuvre d'une large gamme de systèmes de lancement européens constitue le meilleur des arguments pour satisfaire pleinement, avec des moyens européens, la demande de lancements exprimée par les opérateurs de satellites jusqu'alors satisfaite par l'étranger faute de lanceurs adaptés.

Avec l'arrivée au CSG de Soyouz et de Vega, les satellites de taille moyenne et les petits satellites peuvent désormais être lancés par des systèmes européens. A l'heure où l'Union européenne, dotée par le traité de Lisbonne de la compétence spatiale, souhaite mettre en œuvre ses programmes, la gamme de ses lanceurs est l'instrument approprié pour en assurer le déploiement. Cela est remarquablement illustré pour le déploiement de la constellation Galileo, dont les vingt-quatre satellites à venir seront lancés par six Soyouz (qui en lanceront deux à la fois) et trois Ariane 5 (qui en lanceront quatre à la fois), et cela s'appliquera aussi aux satellites du programme GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), qui seront lancés, au CSG, par des fusées Soyouz et Vega.

Toutefois, même si la préférence européenne en matière de lanceurs était mise en œuvre, elle ne serait pas suffisante à elle seule pour permettre aux lanceurs européens de faire face équitablement à une concurrence bénéficiant de subventions importantes de leurs gouvernements. En effet, qu'ils soient publics ou privés, les concurrents des lanceurs européens jouissent d'un accès quasi gratuit aux bases de lancement de leurs Etats, dont les coûts sont pris en charge par un nombre important de missions gouvernementales (ayant le plus souvent une finalité militaire). C'est pour faire face à cette concurrence que, depuis le début des années 2000, les Etats membres de l'ASE ont décidé de mettre en œuvre des plans de soutien à l'exploitation des systèmes de lancement européens (qu'ils ont renouvelés et reconduits en 2011).

Enfin, si, aujourd'hui, Ariane 5 est le système de lancement que le monde entier nous envie, c'est parce qu'ont été prises en temps et en heure les décisions indispensables à son développement. Dans ce secteur, les constantes de temps sont longues et il faut savoir anticiper : ainsi, les premières études sur Ariane 5 remontent à 1984, le développement du lanceur a été décidé par l'Europe en 1987, le premier vol a eu lieu en 1996 et la mise en service opérationnelle de sa version la plus puissante a eu lieu en 2005.

Cela montre qu'au-delà de la poursuite de l'amélioration de la performance et de la disponibilité d'Ariane 5, il est aussi indispensable d'engager le développement de son successeur. C'est la raison pour laquelle le Premier ministre français a lancé une réflexion sur l'avenir des lanceurs européens afin de préciser le cahier des charges du système de lancement qui succèdera à Ariane 5. Ce rapport rappelle que seul un lanceur garantissant la

souveraineté s'appuyant sur le marché commercial pourra continuer de garantir à l'Europe un accès indépendant à l'espace. Ce lanceur devra donc être capable de lancer aussi bien les satellites gouvernementaux que les satellites commerciaux. De plus, s'imposer sur le marché commercial passe par des coûts d'exploitation concurrentiels : c'est ce dont il faudra se souvenir, au moment d'effectuer les choix techniques en matière de système de lancement.

En tout état de cause, les gouvernements européens devront prendre des décisions stratégiques et la prochaine réunion au niveau ministériel du Conseil de l'ASE (prévue à la fin de 2012) sera déterminante pour l'avenir du secteur. Il y sera, bien sûr, question des futurs développements, mais aussi de la pérennité du soutien à apporter à l'exploitation des lanceurs européens actuels pour en garantir la disponibilité et la fiabilité, qui sont fondamentales pour les gouvernements européens et indispensables pour assurer le plan de charge de l'industrie spatiale européenne.

Ces enjeux sont considérables pour la préparation de l'avenir. Certes, plus de trente ans après le premier lancement d'Ariane, les succès obtenus dépassent largement les prévisions les plus optimistes. Mais le développement d'une concurrence que représentent tant des puissances spatiales établies que certains pays émergents, nous oblige à ne jamais perdre de vue les fondamentaux qui ont fait que l'industrie spatiale européenne assure à l'Europe un rayonnement inégalé sur la scène internationale, ni que cela doit être entretenu par un soutien permanent des Etats.

CONSOLIDER LES SUCCÈS

C'est dans ce contexte qu'Arianespace doit consolider jour après jour les succès acquis au cours des trente dernières années afin de garantir l'accès indépendant de l'Europe à l'espace et de préparer l'avenir.

Ces enjeux se déclinent principalement autour de trois thèmes.

Il faut maintenir tout d'abord la fiabilité et la disponibilité d'Ariane 5. Cela passe par le maintien du plus haut niveau de qualité technique (permettant une cadence de six ou sept lancements par an) indispensable pour conserver une part de marché de 50 % et des prix de vente attractifs. Cela passe aussi par la poursuite de la réduction des coûts de fabrication et d'exploitation du lanceur afin d'en pérenniser l'exploitation dans des conditions économiques acceptables pour les Etats européens.

Ensuite, il est nécessaire d'assurer, dans les meilleures conditions possibles, la montée en puissance de la gamme des systèmes de lancement exploités au CSG, laquelle est constituée des fusées Ariane 5, Soyouz et Vega. La stratégie mise en place par Arianespace a considérablement renforcé la position commerciale de la société à la fois par rapport à ses partenaires gouvernementaux européens et par rapport à ses clients du secteur concurrentiel. Il faut désormais tirer le meilleur parti de ces nouveaux atouts.

Enfin, il faut préparer l'avenir. C'est là tout le sens des décisions attendues à la fin de l'année 2012, qui devront veiller à ce que la pérennité des développements et de l'exploitation des systèmes de lancement européens soit garantie à l'avenir. Dans un secteur où les constantes de temps sont longues et où les décisions portent leurs fruits plusieurs années après avoir été prises, il est indispensable de prendre en temps et en heure les décisions qui s'imposent, qu'il s'agisse de la mise en œuvre de plans de soutien adaptés ou des futurs développements.

Le respect de ces quelques fondamentaux est indispensable si l'Europe souhaite conserver la place qu'elle a chèrement conquise au cours des trente dernières années. A cet égard, il est fondamental de se souvenir que pour tous les pays, disposer d'un accès indépendant à l'espace est la condition préalable à toute politique spatiale.

L'industrie spatiale européenne

Si les industries spatiales manufacturières européennes peuvent apparaître relativement modestes à l'aune de leur chiffre d'affaires et de leur effectif global (avec, respectivement, 5,4 milliards d'euros de chiffre d'affaires consolidé et 31 000 emplois, en 2010, en Europe), elles ont incontestablement un rôle à jouer dans la ré-industrialisation que toutes les politiques européennes appellent de leurs vœux. Elles présentent à cet égard de multiples atouts : en effet, elles figurent parmi les grandes aventures technologiques de notre siècle ; de même, elles peuvent avoir un incontestable effet de levier économique à travers leurs applications et offrent un vivier d'emplois attractifs et peu sujets à délocalisation.

Par Anne BONDIOU-CLERGERIE* et Jean-Jacques TORTORA**

Avec l'aéronautique et le nucléaire, l'espace est l'un des grands secteurs qui a fait l'objet d'une politique industrielle volontariste de la France afin de garantir à notre pays et à l'Europe leur indépendance stratégique. Ces efforts se sont concrétisés par l'émergence sur le sol national d'un secteur industriel de premier plan :

- dans le domaine des satellites, avec deux maîtres d'œuvre de classe internationale (Astrium et Thales Alenia Space) et un réseau très complet de fournisseurs,
- dans le domaine des lanceurs, avec un maître d'œuvre industriel (Astrium) qui exploite les synergies avec le secteur connexe des missiles balistiques, ainsi qu'un grand motoriste (Safran) et un réseau d'équipementiers.

UN HÉRITAGE PERMETTANT DE CONSTRUIRE L'AVENIR

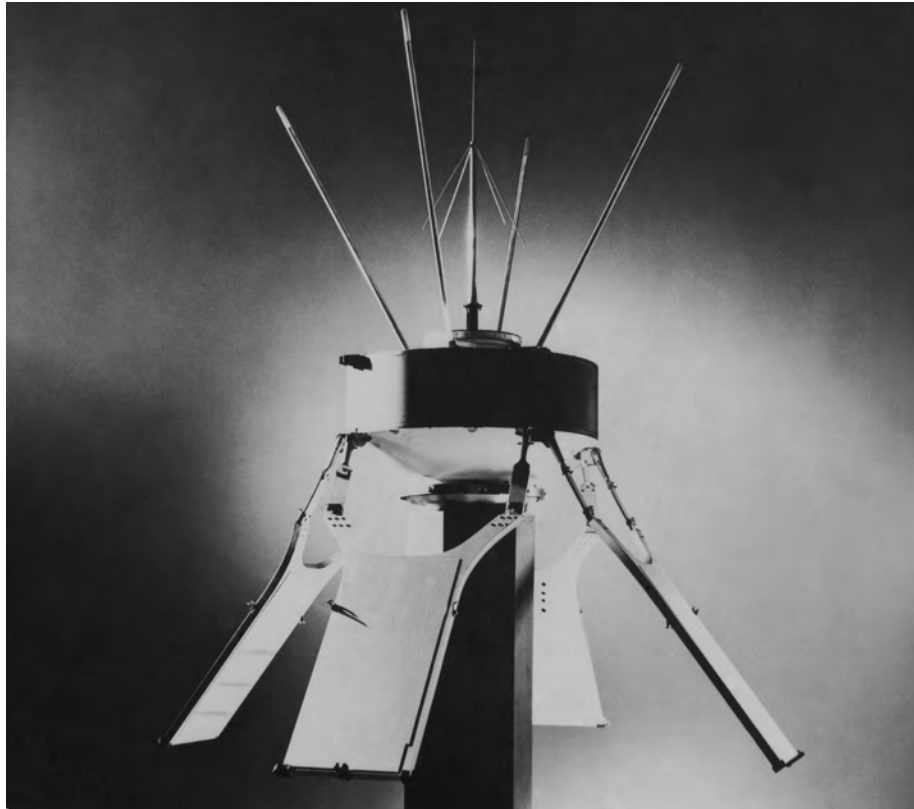
Ces capacités industrielles positionnent la France parmi les puissances spatiales mondiales et en font le

leader incontesté au niveau européen. Elles constituent également un héritage précieux, patiemment édifié grâce à de grandes décisions politiques et stratégiques. Elles témoignent, enfin, de la construction, du développement et des recompositions successives de son paysage industriel.

L'industrie spatiale européenne s'est construite naturellement sur la base des grandes sociétés de l'aéronautique et de la défense, que le continent européen a vu se développer après la Deuxième Guerre mondiale. En effet, l'industrie spatiale partage avec l'aéronautique et les industries de la défense certaines spécificités structurantes : des produits de haute complexité et à cycles très longs (allant de dix à trente ans), une exigence de qualité extrême et une orientation marquée vers l'export. Elle diffère cependant de l'industrie aéronautique (par-delà la nature des produits réalisés) par un marché mixte à la fois institutionnel et commercial et par la

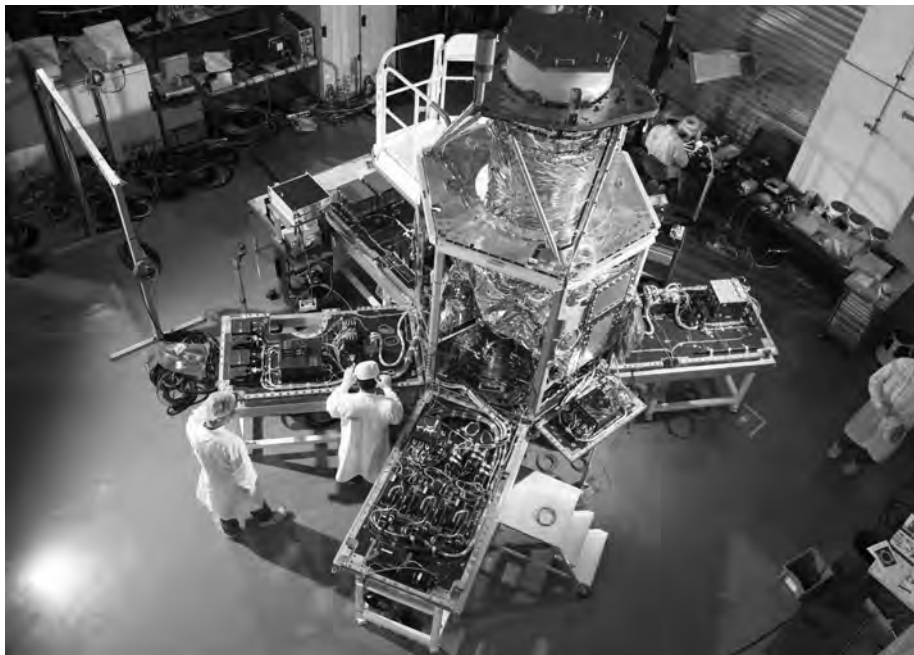
* Directeur Affaires R&D, Environnement et Espace, Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales (GIFAS).

** Secrétaire général d'Eurospace.



© KEYSTONE FRANCE

« Dès le début des années 1960, les agences nationales, et tout particulièrement le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), tout en se chargeant de la conception des premiers satellites et lanceurs, ont favorisé l'émergence d'une véritable industrie spatiale ». « *Astérix* », le premier satellite artificiel français lancé par le CNES en 1965 grâce à une fusée Diamant-A.



© CNES/Pierre Jalby

« Les efforts menés par la France se sont concrétisés par l'émergence sur le sol national d'un secteur industriel de premier plan :

- dans le domaine des satellites, avec deux maîtres d'œuvre de classe internationale (Astrium et Thales Alenia Space) et un réseau très complet de fournisseurs,
- dans le domaine des lanceurs, avec un maître d'œuvre industriel (Astrium) qui exploite les synergies avec le secteur connexe des missiles balistiques, ainsi qu'un grand motoriste (Safran) et un réseau d'équipementiers ». *Le satellite Pléiades en intégration chez EADS Astrium et Toulouse, en octobre 2008.*

production de très petites séries, puisqu'il s'agit d'une industrie de développement plutôt que d'une activité de production récurrente. Enfin, notons que, contrairement au transport aérien, ce n'est qu'au travers de services proposés en aval que l'espace touche directement le grand public.

Dès le début des années 1960, les agences nationales, et tout particulièrement le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), tout en se chargeant de la conception des premiers satellites et lanceurs, ont favorisé l'émergence d'une véritable industrie spatiale. Celle-ci a alors exploité les premiers débouchés commerciaux d'un secteur en devenir riche d'applications tant civiles que militaires. Des toutes premières décennies de l'aventure spatiale, nous ne retiendrons que quelques événements fondateurs pour l'industrie française comme européenne :

- le choix fait en 1972 de la société Aérospatiale (au sein du *consortium* européen Cosmos) pour assurer la maîtrise d'œuvre du premier programme Meteosat ;
- la série des satellites de télécommunications militaires Skynet, développés par l'industrie britannique à partir de la fin des années 1960 ;
- le programme Ariane, initié au travers des contrats conclus en 1974 entre le CNES et les industriels français : Aérospatiale (créée en 1970 par fusion de Nord-Aviation, de Sud-Aviation et de la SEREB) pour jouer un rôle d'architecte industriel, la Société Européenne de Propulsion (SEP) pour les ensembles propulsifs des trois étages des fusées, Air Liquide pour les structures cryotechniques du troisième étage et, enfin, Matra, pour le développement de la case à équipements ;
- le contrat confié en 1974 à la société Matra pour mener les premières études d'un satellite français d'observation optique préfigurant le développement de la filière SPOT,
- la création de la société Arianespace, en 1980, pour la commercialisation d'Ariane, avec sa cinquantaine d'actionnaires originaires de onze pays européens, parmi lesquels la plupart des grands industriels européens du programme.

Avec la création de l'Agence spatiale européenne (ASE), les politiques spatiales des pays membres se sont adaptées à une politique spatiale européenne ayant ses règles propres (dont celle du *retour géographique*) et appelant à la diversification et à la refondation du paysage industriel européen, les différentes sociétés étant amenées à se regrouper au sein de différents *consortia* à même de réaliser des programmes de plus en plus ambitieux. La physionomie de l'industrie spatiale européenne s'en est trouvée régulièrement modifiée au gré d'accords de rapprochement et de fusion d'entreprises, ce mouvement s'accéléralant à l'aube des années 2000 afin de s'adapter à une concurrence internationale de plus en plus vive (voir le tableau 1 de la page suivante). En effet, suite aux consolidations industrielles observées aux Etats-Unis, il était devenu patent que de grands champions européens devaient être créés avec une taille critique leur permettant de rivaliser avec la concurrence étrangère.

A l'issue de ce processus de consolidation, il ne reste en Europe que deux grands maîtres d'œuvre, Astrium et Thales Alenia Space. Un troisième maître d'œuvre a récemment émergé, la société allemande OHB, qui a réalisé les satellites d'observation radar SAR Lupe et à laquelle a été confiée, en 2010, la maîtrise d'œuvre des quatorze premiers satellites de la constellation Galileo, puis celle de huit nouveaux satellites début 2012.

Le marché des services basés sur les infrastructures spatiales (télécommunications, télédiffusion, observation de la Terre, navigation) est appelé à se développer et à densifier ce tissu industriel qui se caractérise par de grands opérateurs, mais aussi par de petites structures spécialisées dans le traitement et la commercialisation des données.

L'EUROPE, SECONDE PUISSANCE SPATIALE MONDIALE

De fait, aujourd'hui, l'Europe peut être considérée comme la seconde puissance spatiale mondiale, de par ses capacités industrielles. Elle est active dans tous les domaines d'application de l'espace :

- le transport spatial, avec la filière Ariane et le futur lanceur Vega, ainsi que les moteurs spatiaux développés par le groupe Safran ;
- les vols habités, avec le laboratoire Columbus et le véhicule ATV (*Automated Transfer Vehicle*) de desserte de la station spatiale internationale ;
- les sciences et l'exploration spatiales, domaines dans lesquels les résultats des missions scientifiques de l'ASE sont internationalement salués (citons, par exemple, les télescopes spatiaux de la mission Hershel Planck, mis en orbite en 2009) ;
- les télécommunications spatiales, dans lesquelles l'industrie européenne a su se positionner au premier rang mondial du marché commercial, fortement concurrentiel, des satellites de télédiffusion et de télécommunications (Internet haut débit, grâce au satellite KA-SAT ; maîtrise d'œuvre de la constellation Iridium, etc.) ;
- l'observation de la Terre, secteur de prédilection où l'Europe a développé des compétences de premier plan couvrant l'ensemble du spectre des applications, avec les satellites optiques (Spot, Hélios et Pléiades) et les satellites radar (Terra SAR, SAR Lupe, ...) ; rappelons dans ce domaine les succès de la mission Goce (*Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer*), dédiée à l'étude des fluctuations ultrafines du champ de la gravité terrestre, ou encore ceux obtenus par la filière d'altimétrie océanique Jason ;
- la météorologie, avec une série ininterrompue de satellites européens de classe mondiale ;
- la navigation par satellites, avec Egnos et, prochainement, avec Galileo, qui va faire de l'Europe un membre du club très restreint des puissances autonomes en la matière ;



1990	Matra Marconi Space est créé par la fusion du français Matra et du britannique Marconi.
1997	British Aerospace (BAe) rejoint Matra Marconi Space.
1997	Snecma absorbe la Société Européenne de Propulsion (SEP) et entre ainsi sur le marché de la propulsion spatiale.
1998	Alcatel Space est créée par fusion des activités spatiales de l'entité Alcatel Espace (d'Alcatel) avec les activités "satellites" d'Aérospatiale.
1999	Fusion entre Aérospatiale et Matra Hautes Technologies (MHT) pour former Aérospatiale-Matra.
Mai 2000	Création d'EADS Astrium par suite de la fusion des sociétés Matra Marconi Space (France/Royaume-Uni), de la division spatiale de DaimlerChrysler Aerospace (Allemagne) et de Computadores Redes e Ingeniería SA (Espagne).
Juil. 2000	Création d'EADS par la fusion de l'allemand Daimler Chrysler Aerospace AG, du français Aérospatiale-Matra et de l'espagnol CASA.
Mai 2001	Alcatel Space devient filiale à 100 % d'Alcatel par rachat des parts à Thales (ex-Thomson-CSF).
Juil. 2001	Astrium acquiert Bosch SatCom filiale de Robert Bosch GmbH.
2005	Création d'Alcatel Alenia Space, par fusion des actifs de l'ancienne Alcatel Space et de ceux d'Alenia Spazio, Italie.
2007	Création de Thales Alenia Space par l'apport à Thales des activités spatiales d'Alcatel-Lucent détenues dans Alcatel Alenia Space.
2008	EADS Astrium acquiert 80 % du britannique SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd), plaçant ainsi dans son périmètre la conception et la fabrication de petits satellites.

Tableau 1 : Principales opérations de regroupements et fusions ayant marqué l'industrie spatiale européenne sur la période 1990-2008.

• des démonstrateurs technologiques dans les domaines du renseignement d'origine électromagnétique (Essaim et Elisa) et de l'alerte avancée (Spirale).

sur le plan qualitatif puisqu'elle abrite l'essentiel des capacités de maîtrise d'œuvre de l'Europe.

L'INDUSTRIE SPATIALE EUROPÉENNE ET FRANÇAISE EN QUELQUES CHIFFRES

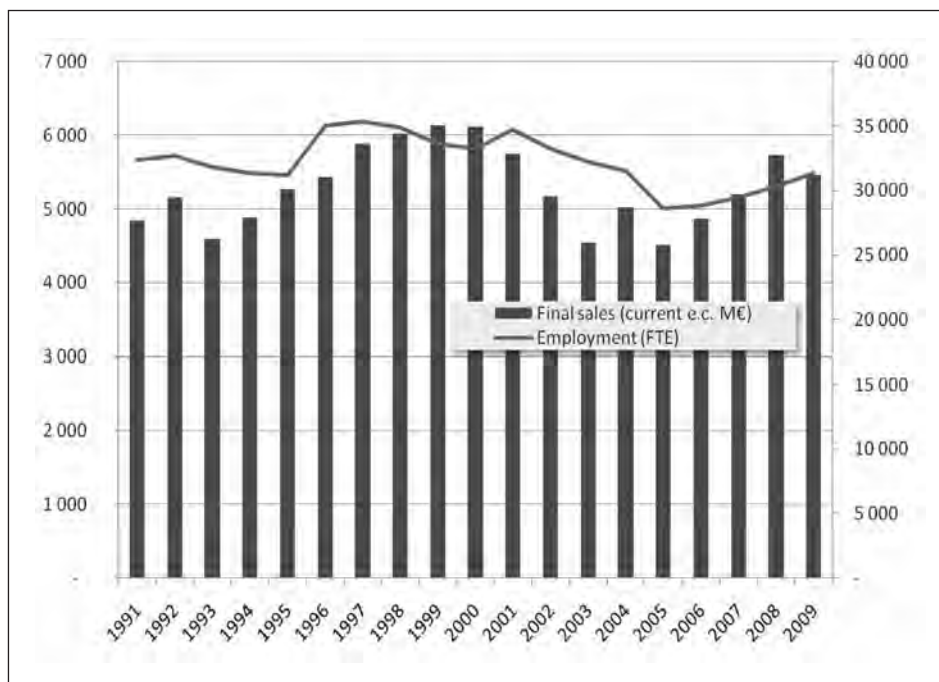
Le graphique 1 de la page suivante donne l'évolution sur les vingt dernières années des chiffres d'affaires et des effectifs de l'industrie européenne, qui atteignent en 2010 respectivement 5,4 milliards d'euros et 31 000 emplois directs hautement qualifiés.

Ces chiffres montrent clairement que le secteur spatial européen n'est plus en croissance depuis une quinzaine d'années et qu'il est soumis à de fortes fluctuations annuelles essentiellement liées aux variations observées sur le marché commercial. Comme l'indique le graphique 2 de la page suivante, qui donne l'évolution du chiffre d'affaires de son industrie depuis 1997, la France concentre pratiquement la moitié de l'activité industrielle sur le plan quantitatif, mais bien davantage

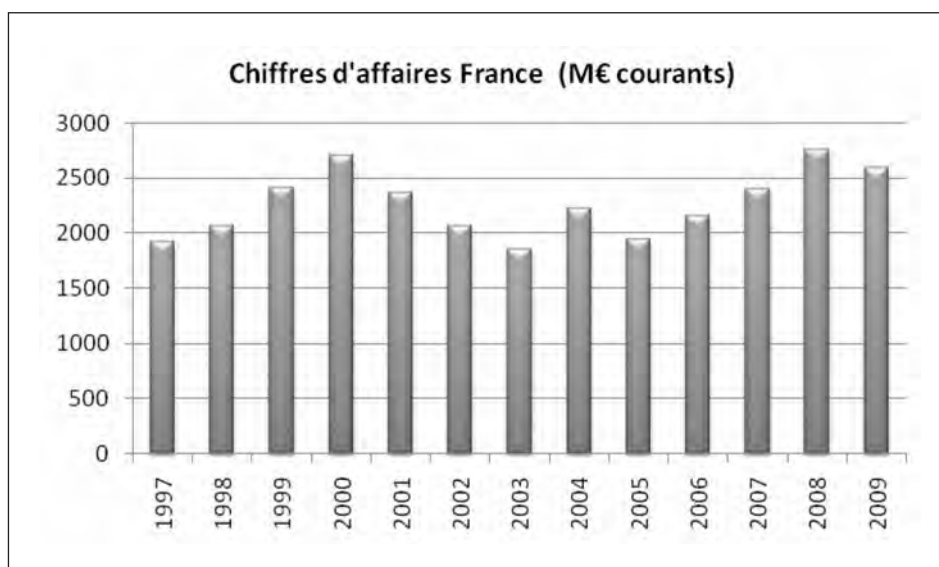
UNE FORTE DÉPENDANCE DE LA FRANCE VIS-À-VIS DU MARCHÉ COMMERCIAL

Au niveau européen, le chiffre d'affaires de l'industrie spatiale se répartit en parts égales entre le marché commercial entraîné par le secteur des télécommunications spatiales et les marchés institutionnels. En France, le niveau de dépendance envers les marchés commerciaux culmine actuellement à 65 % de l'activité globale (lanceurs et satellites confondus). En effet, sur le plan économique, l'industrie française capte, au travers des maîtres d'œuvre, l'essentiel des parts de marchés de l'Europe dans ce domaine, seules génératrices d'activité à l'export. Elle a donc pleinement profité (de manière quasi exclusive en Europe) du fort développement des télécommunications spatiales dans les années 1990. Elle a ainsi contribué positivement (à hauteur de plusieurs centaines de millions





Graphique 1 :
Chiffres d'affaires (en millions d'euros constants) et emplois de l'industrie spatiale européenne (source Eurospace).



Graphique 2 :
Chiffres d'affaires (en millions d'euros courants) de l'industrie spatiale française (Source Eurospace).

d'euros chaque année) à la balance commerciale de la France.

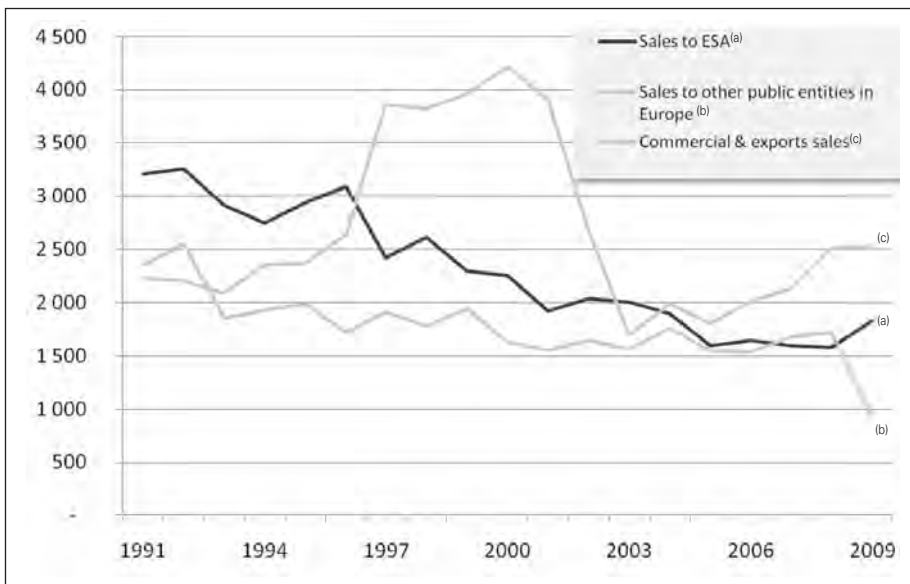
Les effets de cycle du marché commercial des télécommunications ont un impact sur l'emploi et sur l'activité industrielle, et donc particulièrement sur une industrie française qui a dû consentir d'énormes efforts (voir le graphique 4 de la page suivante, qui donne les effectifs européens et français) afin de s'adapter à la situation de crise des années 2002-2006. Corrélativement, l'amélioration très perceptible du ratio chiffre d'affaires/emplois témoigne d'une nette amélioration de la productivité de l'ensemble du secteur. Ce phénomène est particulièrement perceptible en France, où l'industrie spatiale affiche une productivité bien supérieure à celle de ses partenaires européens puisqu'elle assure désormais plus de la moitié de l'activité du secteur, avec seulement 36 % d'emplois directs.

Une dépendance aussi forte vis-à-vis du secteur commercial représente une caractéristique unique au

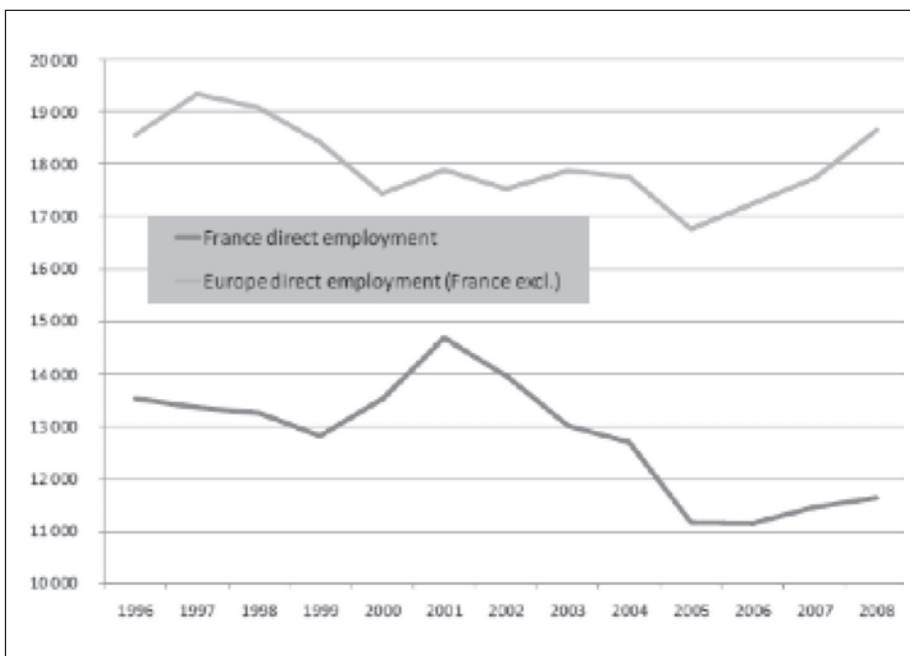
monde. En effet, que ce soit aux Etats-Unis, en Russie, au Japon ou en Chine, les activités spatiales sont très largement (si ce n'est exclusivement) dédiées à la satisfaction des besoins gouvernementaux.

Toutefois, cet engagement couronné de succès dans le secteur compétitif est pour l'industrie française un important facteur de fragilité, car celui-ci est soumis à des facteurs externes, tels que :

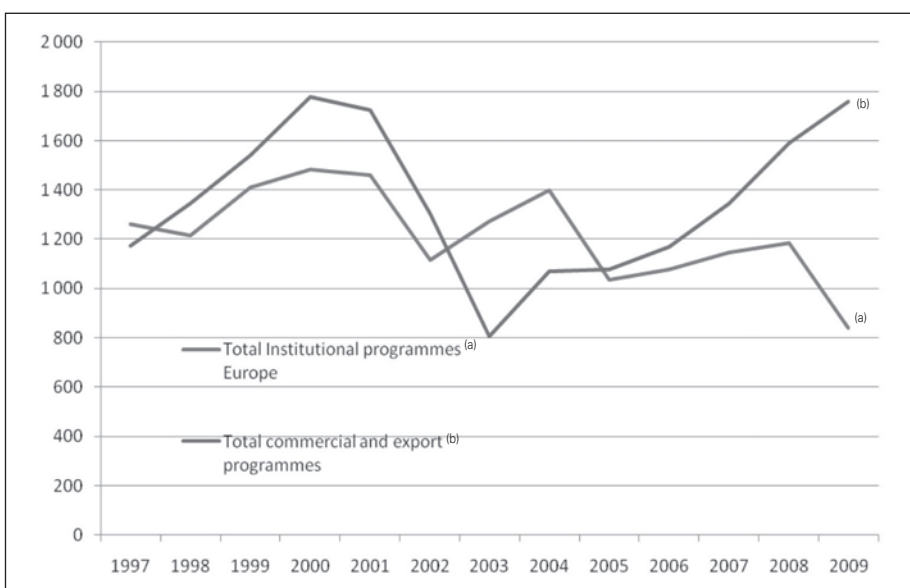
- les taux de change et leur fluctuation rapide ;
- l'émergence de capacités nouvelles sur le plan international, avec des concurrents ayant le plus souvent des structures de coûts non comparables et un accès à des marchés institutionnels captifs ;
- le caractère fortement cyclique du secteur, lié au renouvellement périodique des flottes en orbite des opérateurs de télécommunications spatiales, ce qui induit d'importantes fluctuations d'une demande très concentrée autour d'un petit nombre de clients. A cet égard, le maintien d'une relation privilégiée avec les



Graphique 3 :
Chiffres d'affaires de l'industrie spatiale européenne sur les différents marchés (à conditions économiques constantes - base 2009).



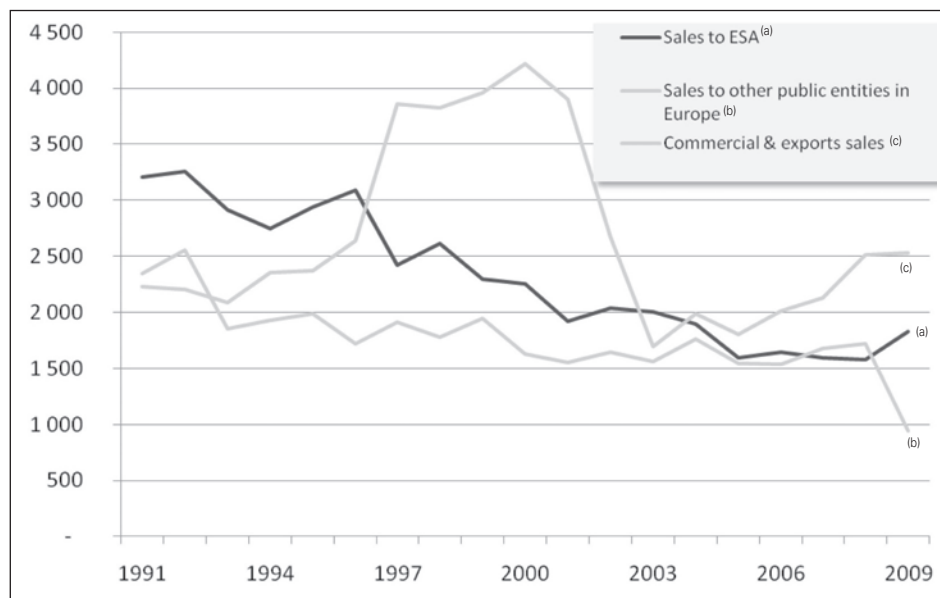
Graphique 4 :
Comparaison des emplois des industries spatiales européenne et française sur la période 1996-2008 (Source Eurospace).



Graphique 5 :
Chiffres d'affaires de l'industrie spatiale française sur les différents marchés (à conditions économiques constantes - base 2009)

ANNE BONDIOU-CLERGERIE ET JEAN-JACQUES TORTORA





Graphique 6 :
Chiffres d'affaires de l'industrie spatiale européenne sur les différents marchés (à conditions économiques constantes - base 2009).

opérateurs européens est un élément clé de stabilité pour l'industrie manufacturière française. Ceux-ci sont désormais essentiellement privés (Eutelsat, Intelsat, SES Astra, Inmarsat, etc.), après un vaste mouvement de désengagement des puissances publiques opéré dans les années 1990.

UN MARCHÉ INSTITUTIONNEL EN STAGNATION

Il est à noter que, globalement, les investissements publics européens dans le secteur sont maintenus constants (aux conditions économiques courantes) depuis une vingtaine d'années, alors que dans le même temps, les autres puissances spatiales ont fortement accru leurs efforts :

- les Etats-Unis l'ont fait, avec la mise en œuvre de la doctrine de "Space Dominance",
- la Russie également, qui, après l'effondrement du régime soviétique, entend se donner les moyens de redevenir une puissance spatiale de premier plan,
- la Chine développe un impressionnant programme spatial couvrant la totalité du spectre des applications, y compris les vols habités,
- enfin, l'Inde (même si elle reste plus en retrait) développe l'ensemble des capacités d'une véritable puissance spatiale.

De plus, tous ces acteurs ont fixé à leurs programmes nationaux des objectifs prioritaires de souveraineté (notamment militaire), qui motivent leurs investissements tant en matière de R&D qu'au plan opérationnel.

Les activités spatiales européennes purement militaires demeurent, quant à elles, structurées au niveau national et n'ont encore, au plan européen, qu'un impact marginal sur le secteur manufacturier.

Notons enfin que le marché institutionnel hors ASE, qui regroupe essentiellement les dépenses des agences

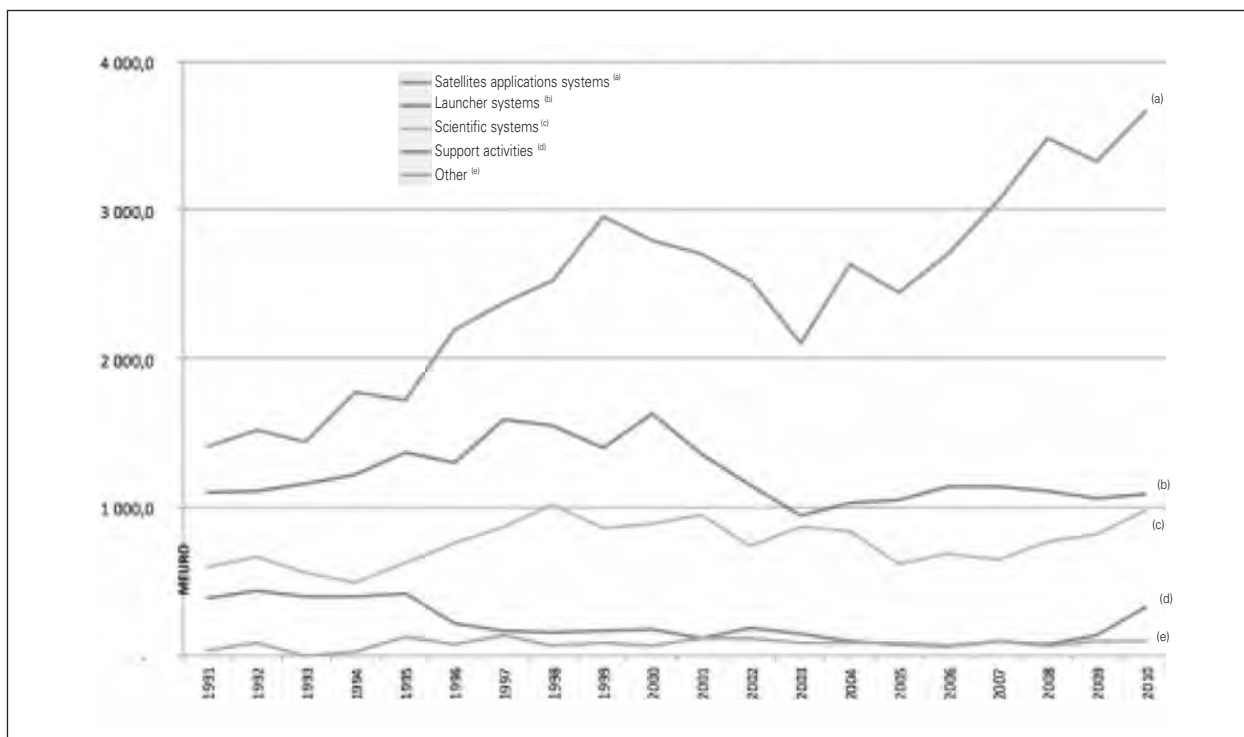
spatiales nationales pour des applications civiles ou militaires, est en érosion lente. A cet égard, alors qu'en France, le CNES a été historiquement le vecteur du développement du secteur au travers de son programme national, l'Agence spatiale européenne est aujourd'hui devenue le principal client de l'industrie française.

LA RÉPARTITION DES ACTIVITÉS SPATIALES

Le secteur des satellites constitue désormais, et de loin, le premier enjeu économique : il représente, en 2010, pratiquement les deux tiers de l'activité de l'industrie spatiale européenne, pour un total de quelque 3,5 milliards d'euros (voir le graphique 7 de la page suivante). Il est à plus de 50 % dédié au marché de la télédiffusion, pendant que le marché de l'observation de la Terre s'est stabilisé autour de 1 milliard d'euros par an (toutes activités confondues). Emergent, avec Egnos et surtout avec Galileo, le secteur de la navigation par satellites est appelé à connaître une forte croissance dans les années à venir.

Notons également qu'avec un budget global annuel, *via* l'Europe, de près de 1 milliard d'euros, les sciences spatiales constituent un volume stable d'activité industrielle de très haut niveau technologique.

Dans le domaine des lanceurs, l'exploitation commerciale d'Ariane 5 par Arianespace s'est stabilisée autour de cinq à sept lancements par an, avec, en moyenne annuelle, un lancement institutionnel seulement. Ariane n'a d'autre choix, pour parvenir à une cadence de lancements annuelle suffisante pour garantir sa fiabilité et partager les frais fixes, que celui de capter pratiquement la moitié du marché ouvert du lancement des gros satellites civils de télécommunications en orbite géostationnaire et ce, malgré la concurrence des lanceurs russes Proton et russo-ukrainiens Zenith.



Graphique 7 : Répartition des activités spatiales européennes par produit.

Le succès fulgurant du lanceur Ariane 4, à la fin des années 1980, s'explique par une conjonction de facteurs favorables :

- ce lanceur est arrivé sur le marché commercial au moment de l'essor du marché de la télédiffusion par satellite,
- sa mise en exploitation a été concomitante de l'échec, retentissant, de la navette américaine Challenger. Or, les Américains avaient misé sur ce système de manière exclusive pour assurer leur accès à l'espace, et ils avaient démantelé dans le même temps leurs chaînes de production de lanceurs consommables ; la reconstitution de ces filières de production s'est avérée délicate, conduisant à une série d'échecs cuisants tant du lanceur Delta que des fusées Atlas.
- accaparés par la remise en route de ces capacités et par la satisfaction prioritaire des besoins gouvernementaux américains, les fournisseurs américains Boeing et Lockheed ont délaissé un marché commercial émergent. La persistance du Rideau de fer ne permettant pas aux lanceurs russes de se positionner, et en l'absence de toute autre capacité opérationnelle, Ariespace, fraîchement créée et dotée d'un lanceur dont la fiabilité en exploitation fut rapidement instaurée, a su profiter de cette opportunité historique pour se positionner au premier rang mondial des fournisseurs de services de lancement commerciaux vers l'orbite géostationnaire. Couplé à la réussite de l'industrie européenne sur le marché des satellites de télécommunications, le succès de ce montage est devenu un élément structurant de la stratégie spatiale européenne. Même si ces conditions conjoncturelles exceptionnelles n'ont plus été réunies par la suite, l'Europe n'a eu de

cesse depuis lors de renouer avec ce succès et l'attrait que présente pour elle le développement de marchés commerciaux ne s'est jamais démenti.

Dans le futur proche, le grand enjeu sera le maintien d'un bon niveau de compétitivité d'Ariane 5 sur les marchés commerciaux, avec les différentes étapes actuellement envisagées : développement du lanceur Ariane 5 ME, préparation d'un futur lanceur européen, avec des objectifs ambitieux de réduction du coût de possession et une exploitation plus aisée.

UN MODÈLE ORIGINAL, FACTEUR DE SUCCÈS MAIS PORTEUR DE RISQUES SPÉCIFIQUES

Alors que le développement des deux puissances spatiales historiques que sont les Etats-Unis et la Russie a été attisé par une rivalité exacerbée par le contexte de la Guerre froide, l'Europe s'est d'emblée concentrée sur les applications, allant jusqu'à anticiper l'émergence d'un marché commercial là où Américains et Russes ne voyaient qu'un terrain d'affrontement.

Cette vision s'est concrétisée par le développement du concept d'opérateur commercial, que ce soit dans le domaine des services de lancement (avec la création d'Ariespace) ou dans celui de l'imagerie satellitaire (avec celle de Spot Image). On se doit de souligner le caractère visionnaire de cette approche, à l'époque. L'Europe a ainsi acquis des caractéristiques uniques qui la singularisent par rapport aux autres puissances spatiales :

- une faible demande intérieure résultant de multiples facteurs (comme la structuration des programmes mili-



taires au plan national ou le renoncement à toute forme de capacité autonome de vols habités, après l'arrêt d'Hermès) ;

- une dépendance vis-à-vis du secteur commercial particulièrement sensible dans le domaine des lanceurs qui permet de partager la charge de l'exploitation opérationnelle de capacités industrielles excédant ses stricts besoins institutionnels ;
- un conditionnement des investissements à des objectifs de retour économique immédiat.

Cette politique délibérée de fort développement sur les marchés commerciaux a permis le remarquable positionnement actuel de l'industrie européenne au second rang mondial, alors que les programmes spatiaux publics, civils et militaires de l'ensemble de ses Etats membres ne positionnent l'Europe qu'au quatrième rang mondial en termes d'activité de mise en orbite, derrière les Etats-Unis, la Russie et, désormais, la Chine. L'Europe a ainsi acquis, au moindre coût, une industrie spatiale de premier plan. Toutefois, les marchés spatiaux demeurent essentiellement captifs et toutes activités confondues, le secteur commercial

ouvert et accessible se limite encore aujourd'hui à bien moins de 10 % de l'activité mondiale. Le fait de concentrer la quasi-totalité des enjeux économiques du secteur des lanceurs et la moitié environ de celui des satellites sur une frange aussi étroite est un facteur de risques pour l'industrie européenne (en particulier pour l'industrie française, qui a déjà fait de grands efforts de rationalisation).

De nombreux projets porteurs de technologies en rupture et d'applications nouvelles sont en devenir : instruments de suivi des évolutions climatiques, satellites d'observation permanente de la Terre depuis l'orbite géostationnaire, satellites pour l'Internet à très haut débit, missions de renseignement à partir de signaux d'origine électromagnétique, systèmes d'alerte avancée, lanceurs de nouvelle génération, etc. C'est grâce à la convergence du volontarisme des Etats et de l'excellence de la filière que l'espace pourra être pour l'Europe non seulement un facteur de cohésion et de croissance économique, mais également l'outil indispensable d'aide à la décision qui lui permettra d'exercer sa pleine souveraineté.

L'adaptation de la politique spatiale américaine aux changements internationaux

LES GRANDS ACTEURS
EN DEHORS DE L'EUROPE

Perçu comme une exception culturelle, l'attrait politique supposé des Etats-Unis pour l'espace a toujours masqué une réalité plus prosaïque faite de calculs de plus court terme parfois peu soucieux de stratégies scientifiques bien établies. Ainsi, le programme d'exploration de la Lune a été avant tout le moyen de proclamer la supériorité du système économique-politique américain sur son équivalent soviétique.

Dans les années 1990, sous l'administration Clinton, l'exploitation des capacités spatiales américaines vise avant tout à conforter une suprématie économique et industrielle du pays.

Sous la présidence Bush, s'opère un recentrage sur la défense avec la relance du financement direct de la politique spatiale des Etats-Unis *via* les grands programmes publics. L'utilisation de l'espace est guidée par des fins militaires. En 2012, si la politique spatiale américaine invoque toujours les mêmes objectifs de puissance, elle fait appel à d'autres moyens et à de nouvelles stratégies. On est à l'heure de l'efficacité politique et budgétaire.

Se réclamant de l'héritage démocrate antérieur qui prônait l'efficacité économique et politique de l'investissement public, la présidence Obama paraît avoir tourné une page de l'histoire de la politique spatiale des Etats-Unis.

Par Xavier PASCO*

La politique spatiale américaine a connu ces dernières années des bouleversements profonds, sans précédent depuis l'âge d'or de l'espace américain. Jusqu'à très récemment, ces temps héroïques de la découverte de l'espace faisaient encore référence. L'attrait politique supposé des Américains pour l'espace a pu être perçu comme une exception culturelle des Etats-Unis, dont le programme d'exploration de la

Lune, Apollo, aurait été l'exemple phare. En réalité, un examen plus attentif montre que cet élan supposé a toujours masqué une réalité plus prosaïque faite de calculs de plus court terme parfois peu soucieux de stratégies scientifiques bien établies. Apollo a d'abord servi à

* Chercheur à la Fondation pour la recherche Stratégique, Paris, Chercheur associé au Space Policy Institute, George Washington University, Washington D.C.

proclamer la supériorité du système économique-politique américain sur son équivalent soviétique après que cette idée ait été mise à mal par le lancement de Spoutnik par l'U.R.S.S., en 1957. Mais une fois cette mission remplie, la NASA n'avait dû sa survie qu'à l'habileté de stratégies bureaucratiques permanentes fondées sur des calculs électoraux et sur la maîtrise de jeux de pouvoirs internes à la « *Beltway* » de Washington. L'agence spatiale américaine a également su mobiliser dans l'opinion l'héritage symbolique des pionniers de la Frontière américaine, avec pour objectif de légitimer l'effort d'exploration de l'espace à travers des vols habités. Ce travail de *construction* politique constamment renouvelé ne s'est pas toujours distingué par une grande cohérence des choix opérés depuis plus de cinq décennies, comme en atteste l'abandon de la navette spatiale, qui a conclu une histoire parfois tragique, mais toujours difficile. Objet technologique d'exception, l'avion spatial est resté une cote mal taillée, produit de concurrences internes et d'objectifs à court terme. Néanmoins l'exception américaine demeurait et allait permettre à la première puissance spatiale de conserver son rôle pionnier et mobilisateur.

Les années qui viennent de s'écouler semblent avoir définitivement tourné la page de ces premières perspectives pour en dessiner une nouvelle (ou attester de l'absence de toute perspective, diront les critiques). Empreinte d'un grand pragmatisme, la politique spatiale américaine invoque, en 2012, les mêmes objectifs de puissance, mais elle fait appel à d'autres moyens et à de nouvelles stratégies : on est en effet à l'heure de l'efficacité politique et budgétaire (quitte à bouleverser des habitudes bien établies, voire remettre en cause les mythes fondateurs).

DE NOUVELLES ORIENTATIONS DÉJÀ EN GERME DANS LES ANNÉES 1990

Ces transformations traduisent en fait une nouvelle lecture politique des grands enjeux spatiaux amorcée dès les années 1990. A cette époque, confrontée aux grands bouleversements stratégiques mondiaux, l'administration Clinton a rapidement pris conscience de l'importance des technologies spatiales et de l'information, au-delà de leurs seules dimensions de défense et de prestige. Son pari politique a alors consisté à miser sur la technologie spatiale dans un effort sans précédent de rationalisation des investissements civils et militaires afférents, en visant d'abord à l'efficacité dans les rapports de force internationaux. La modernisation militaire devait ainsi s'intégrer dans une démarche de puissance, plus large, fondée sur l'avance acquise par les Etats-Unis dans le domaine de la haute technologie (des technologies de l'information, en particulier). Le calcul était simple : l'emploi généralisé des moyens spatiaux confère un « bonus » au pays technologiquement le plus avancé, le plus puissant financièrement et

le plus influent politiquement. En d'autres termes, une activité spatiale soutenue revêt un caractère normatif. Il est frappant de constater que les années 1990, qui ont vu les forces armées bénéficier de ces efforts de modernisation spatiale (y compris sous l'administration de George W. Bush), ont également été celles d'un niveau d'activité (d'un activisme ?) rarement atteint dans la création de nouvelles normes politiques et industrielles. Conformément à cette approche, l'objectif a été, dès le milieu des années 1990, d'exploiter les capacités spatiales américaines les plus avancées en matière d'observation de la Terre (libéralisation commerciale, en 1994, des satellites à haute résolution), de localisation par satellites (avec la décision de mettre la plus haute précision à la disposition du grand public - sous contrôle gouvernemental -, en 1996) ou même de conclure des accords commerciaux avec des entreprises de lancement russes, ukrainiennes et chinoises pour réorganiser cette activité de lancement à l'échelle mondiale.

Cette tendance est désormais bien ancrée aux Etats-Unis et traduit une véritable perception américaine du caractère polyvalent des moyens spatiaux. Dans ce schéma, les systèmes actuels ébauchent de véritables architectures de l'information utilisables aussi bien à des fins militaires qu'à des fins plus générales, essentiellement orientées vers la sécurité nationale, mais aussi vers le renforcement des positions de pointe des Etats-Unis en matière économique et industrielle. Sur ce point, l'évolution est devenue relativement indistincte, à l'instar de l'exemple des usages de l'Internet, qui devait instaurer de nouvelles normes de comportement (éditées, par exemple, par l'entreprise Google) ou de nouvelles façons de gérer l'art de la guerre (avec l'idée apparue à l'époque d'attribuer une adresse IP (*Internet Protocole*) à chaque missile ou à chaque munition, qui pourrait dès lors être accessible et contrôlable directement *via* la « Toile »). L'idée d'une *Global Information Infrastructure* (pour reprendre le concept d'Al Gore) devait en quelque sorte opérer la jonction entre la « révolution cybernétique dans les affaires militaires » et les « autoroutes de l'information ». Cette vision a trouvé un deuxième souffle dans les nouveaux besoins de sécurité générés par les attentats du 11 septembre 2001.

Ce vaste projet politique a progressivement renforcé le rôle stratégique de l'industrie aérospatiale dans la conquête des marchés internationaux, alors que son déclin était sensible depuis plusieurs décennies (1). L'ensemble des mesures (évoquées plus haut) prises dans les domaines de l'observation de la Terre, de la navigation/synchronisation par satellite (GPS) et des lanceurs avaient pour objectif de promouvoir non seulement les intérêts politiques à long terme des Etats-Unis, mais aussi leurs intérêts industriels à plus court terme. Le déport de la charge du financement de l'industrie de l'acteur public vers de nouveaux marchés

(1) Tel que rapporté, par exemple, au produit national brut (de 4 % en 1961, à moins de 1 % en 2002).

(éventuellement lucratifs) constituait aussi un objectif incident de ces mesures d'élargissement de l'activité spatiale américaine.

L'INFLEXION VOULUE PAR L'ADMINISTRATION RÉPUBLICAINE : UN MOUVEMENT ESSENTIELLEMENT SYMBOLIQUE AUX EFFETS LIMITÉS

Cette tendance a connu un relatif infléchissement à l'aube des années 2000, avec l'accession au pouvoir de George Walker Bush. Les premières mesures prises ont en effet consisté à miser sur une relance du financement direct de la politique spatiale des Etats-Unis *via* les grands programmes publics. En réalité, ce choix correspondait moins à un correctif économique qu'à une volonté de se démarquer de la posture politique de son prédécesseur démocrate (William Clinton). La notion même d'ouverture et d'élargissement de la base industrielle stratégique américaine aux marchés internationaux avait d'ailleurs été dénoncée pendant la campagne électorale de George W. Bush comme faisant peser un danger sur la sécurité nationale américaine. La nouvelle politique américaine de puissance inaugurée dans les années 1990 ne pouvait donc être reprise telle quelle par une équipe qui basait précisément sa stratégie de communication sur l'idée d'une nécessaire remise à plat de la politique internationale du pays, dans un monde devenu « plus dangereux ».

Loin de disqualifier la technologie de défense, le renforcement simultané des budgets de la Défense et de la Sécurité intérieure (avec la création du *Department of Homeland Security*, en mars 2003) a créé les conditions d'un nouveau phasage du contexte politique (intérieur et extérieur) avec l'activité spatiale de défense. Le fait est que l'architecture spatiale américaine dépasse aujourd'hui, et de loin, les systèmes spatiaux d'autres pays de par sa capacité à mobiliser en permanence de nombreuses applications au service d'une large gamme de fonctions étatiques. Là encore, il faut prendre soin de rappeler que cette évolution était en germe dès les années 1990, avec un aveu essentiel (et pourtant fort peu remarqué à l'époque) du Secrétaire d'Etat à la Défense William Cohen au sujet du caractère crucial de ces technologies. Dans un texte adressé à ses subordonnés, et constituant la deuxième directive spatiale militaire de l'histoire des Etats-Unis, William Cohen signalait que les technologies spatiales étaient devenues « un intérêt national vital » (2). Soulignant de nombreuses conséquences de ce qui devait être désormais la politique spatiale américaine, il insistait sur le rôle nouveau qu'allait jouer l'espace. L'emploi d'une terminologie finalement très proche de phrases souvent entendues à propos du nucléaire n'était probable-

ment pas dû au hasard. Car implicitement, les autorités américaines, conscientes du caractère central pris par ces systèmes aussi bien sur le plan militaire que sur le plan économique ou industriel, souhaitaient effectivement suggérer l'idée qu'il était légitime pour tout Etat souverain de protéger par tous les moyens possibles ses intérêts nationaux vitaux (les autres dispositions annoncées dans le document ne laissaient alors guère de doute à ce sujet).

George W. Bush a prolongé cette analyse, mais en accentuant largement les effets, au prix d'un véritable changement de cap. Pour l'industrie, le durcissement des procédures d'exportation de technologies a, par exemple, constitué une des difficultés majeures des années 2000, avec l'impossibilité pratique, pour elle, de maintenir le niveau des marchés à l'export et du crédit qu'elle avait gagné jusque-là. Certes, en guise de compensation, les principales entreprises concernées (Boeing et Lockheed Martin) ont vu croître largement leurs activités de défense. L'activité spatiale proprement dite restait par ailleurs soutenue par la position de monopsonne tenue par le gouvernement américain sous la forme d'achats de lancements (par exemple, pour viabiliser, les lanceurs Delta IV et Atlas V) ou sous celle d'un soutien direct à l'activité satellitaire (comme dans le cas du rôle joué par la *National Geospatial Intelligence Agency* - NGA dans le financement des efforts privés en matière d'imagerie spatiale à haute résolution).

C'est à l'aune de cette logique qu'il convient de juger le discours prononcé en janvier 2004 par George W. Bush appelant à un nouveau programme habité d'exploration de l'espace, le programme Constellation. Les critiques alors croissantes vis-à-vis d'une agence spatiale américaine jugée sans objectif et sans structure de direction adéquate, l'évolution difficile du programme de station spatiale, l'envoi (quelques mois auparavant) par la Chine du premier citoyen chinois en orbite et, enfin, l'accident survenu à la navette Columbia le contraignant, il est vrai, à relancer l'activité dans ce domaine. Ce discours de janvier 2004 évoquant l'exploration habitée de la Lune, de Mars et « des mondes au-delà » traduisait davantage une posture politique qu'une véritable vision d'avenir.

Autre évolution naturelle de cette course en avant, une nouvelle vague d'applications spatiales militaires, celles destinées au « contrôle » de l'espace, allait être activement soutenue par l'administration Bush. Dans la foulée des leçons retirées (*Lessons Learned*) des attentats du 11 septembre 2001, il s'agissait, là comme ailleurs, de prendre la mesure des nouvelles « vulnérabilités » américaines et de réaffirmer la détermination des Etats-Unis à se donner les moyens de développer l'utilisation de l'espace à des fins militaires.

(2) William Cohen, directive 3100-10, 9 juillet 1999.



© Stephen Crowley/THE NEW YORK TIMES-REDUX-REA

« Un bon programme spatial se définit d'abord par l'objectif général qui lui est assigné plutôt qu'en fonction de finalités qui lui seraient "naturelles". C'est en substance ce qui a été rappelé en 2010 par la commission mise en place par Barack Obama et présidée par Norman Augustine, un ancien dirigeant de Lockheed Martin, avec pour mission de mettre à plat la stratégie d'exploration spatiale américaine ». *Neil Armstrong, premier homme à avoir marché sur la Lune, avec l'astronaute Eugen Cernan et Norman Augustine, lors d'une audition devant la commission "Commerce, science et transport" du Sénat des Etats-Unis, en mai 2010.*

Bien sûr, ces « recentrages » n'ont pas été sans conséquence. La fin du programme des navettes au profit d'un programme habité entièrement revu, ou encore l'intensification des recherches visant à développer des armes spatiales en ont été certaines des traductions les plus tangibles. Pourtant, au-delà du caractère spectaculaire de certaines annonces, ces inflexions n'ont pas réorienté de façon profonde le cours des transformations du programme spatial américain.

BARACK OBAMA : L'AMPLIFICATION DES RESTRUCTURATIONS DES ANNÉES 1990

Les orientations des années 1990 avaient contribué à structurer en profondeur un nouveau paysage industriel américain. Il en résulte aujourd'hui un contexte politique dans lequel les repères historiques ou les références à l'âge d'or n'ont plus la même force.

Le programme d'exploration conçu par l'actuelle présidence en témoigne largement. Un bon programme spatial se définit d'abord par l'objectif général qui lui est assigné plutôt qu'en fonction de finalités qui lui seraient « naturelles ». C'est en substance ce qui a été rappelé en 2010 par la commission mise en place par Barack Obama et présidée par Norman Augustine, un

ancien dirigeant de Lockheed Martin, avec pour mission de mettre à plat la stratégie d'exploration spatiale américaine. En ce sens, le rapport rendu par cette commission a nettement tranché avec la longue litanie des travaux commandés depuis des décennies par l'exécutif américain (ou par l'agence spatiale américaine elle-même) afin d'orienter la stratégie du programme spatial habité des Etats-Unis. Ce rapport mérite que l'on s'y arrête : « *Le programme spatial américain apparaît être placé sur une trajectoire intenable* », affirme la phrase d'introduction de la version du document destinée au public. « *Comment nous assurerons-nous que l'exploration rapportera le maximum de bénéfices à la Nation ? Préparer un voyage habité dans l'espace doit commencer par le choix de ses objectifs, non par le choix de ses destinations possibles. Les destinations dérivent des objectifs et des architectures alternatives doivent être évaluées à la lumière de ces objectifs.* » En filigrane, il ne s'agit donc plus de choisir entre différentes options techniques, mais bien de s'interroger sur l'existence (voire sur la nécessité) d'alternatives d'ensemble visant à satisfaire des choix de nature politique qui seront à même d'assurer leur propre financement. Ces vérités faisaient écho aux interrogations qui s'étaient déjà manifestées chez le candidat Barack Obama. Il n'est donc pas étonnant que celui-ci, une fois devenu Président, les ait repris à son compte. En décidant l'abandon du pro-

gramme Constellation, qui prévoyait le retour d'astronautes américains sur la Lune à partir de 2020, le locataire actuel de la Maison Blanche fait l'économie des 3 milliards de dollars annuels supplémentaires qui auraient été nécessaires pour rendre ce programme viable.

In fine, c'est d'abord la manière dont s'est forgée la conviction de George W. Bush en 2004 (lors de son discours sur la relance d'un programme d'exploration lunaire et martienne) qui s'est trouvée mise en cause. Pour Barack Obama, Mars représente certes l'objectif ultime de l'exploration spatiale des décennies à venir, mais il n'est pas l'objectif premier et ne saurait donc faire l'objet d'un calendrier prédéterminé. Les moyens doivent d'abord être mis en accord avec les buts poursuivis. Pour la présidence démocrate, au caractère irréaliste des choix d'hier s'ajoutait l'incohérence d'un budget mal adapté, dans un contexte de moyens déclinants peu à même de permettre la relance d'un programme soutenu d'exploration spatiale habitée. Vingt ans après la fin de la Guerre froide, la course au prestige et à la puissance ne suffit plus à justifier de tels programmes : cette situation internationale nouvelle doit autoriser toutes sortes de remises en question.

Repenser le programme habité des Etats-Unis est avant tout un acte profondément politique, qui ne doit pas être contraint par des choix programmatiques. Ce rappel a été dérangeant pour une communauté spatiale américaine habituée au maintien de privilèges hérités des temps anciens. « C'est la fin du vol habité aux Etats-Unis » ont ainsi affirmé nombre de ses membres, déçus par les annonces présidentielles. La critique s'est notamment fait entendre par la voix, traditionnelle, de parlementaires acquis à la cause (3), qui ont déploré que la commission n'ait pas tenu compte des quatre années et des plus de 9 milliards déjà investis dans le programme lancé par le président républicain sortant. Cet argument avait été balayé d'un revers de la main par Norman Augustine, qui avait indiqué à la presse, au sortir d'une de ces séances parlementaires que « *l'argument de l'argent déjà englouti ne pèse pas bien lourd à nos yeux* »... Il l'a également été par Barack Obama, qui, bien que de façon paradoxale, a ainsi hissé son annonce au niveau de la décision historique qu'avait prise John Kennedy en lançant l'exploration spatiale américaine. Dans l'un et l'autre cas, les objectifs politiques devaient primer sur les habitudes acquises et sur les tendances bureaucratiques et industrielles au prix de remises en cause et de bouleversements parfois profonds, qui « passent mal », cette fois, auprès des parlementaires dont les circonscriptions sont concernées.

(3) Les effets locaux seront évidemment importants, avec la perte prévue d'environ 7 000 emplois en Floride, tandis qu'environ 7 000 et 2 500 emplois seraient potentiellement concernés respectivement au Texas (au *Johnson Space Center*) et en Alabama (au *Marshall Space Flight Center*). Selon les premières analyses, la manne d'emplois créés par le recours aux entreprises privées de transport d'astronautes seraient bien mince, en comparaison (de 1 000 à 1 200 emplois directs, environ).

En réalité, vu de la Maison Blanche, le pari a aussi été celui d'une annonce qui, loin de constituer une rupture dans l'histoire spatiale américaine, pouvait avoir comme conséquence de revitaliser le lien entre le pouvoir exécutif et le programme spatial américain. Certes de façon lointaine, Barack Obama a choisi de mettre en avant des objectifs martiens de long terme qui font presque consensus (à la différence du retour sur la Lune). Des moyens supplémentaires leur sont directement affectés (6 milliards de dollars supplémentaires, sur 5 ans, sont alloués à la NASA) pour résoudre notamment des impossibilités techniques aujourd'hui réputées empêcher que des astronautes soient déposés sur la planète rouge. Qu'il s'agisse d'investir dans les recherches portant par exemple sur la protection contre les radiations ou sur la maîtrise du stockage et des transferts d'ergols dans l'espace, la volonté est ici de montrer que l'on évite le saupoudrage et la course en avant programmatique, qui, depuis 2004, faisait peu de cas de ces obstacles majeurs (comme l'avait déploré la commission d'experts). Un objectif très politique à moyen terme - l'envoi d'hommes sur un astéroïde - est venu compléter la démarche.

De fait, dans un contexte politique et budgétaire difficile, la présidence Obama a finalement proposé de geler le budget annuel de la Nasa pour les cinq prochaines années à la hauteur de 18,7 milliards de dollars. Cette décision a fait suite à de longues tractations en vue de la préparation du budget 2012 de la Nasa à un moment où le changement de majorité à la Chambre des Représentants et la crise financière ont largement compliqué la tâche de l'administration. Même si les chiffres cités peuvent encore faire rêver beaucoup de communautés spatiales dans le monde, le budget actuel de la Nasa est un budget de crise. Aujourd'hui, l'administration américaine souligne que l'intérêt pour l'exploration spatiale doit se concrétiser par des investissements mesurés. En d'autres termes, l'heure n'est plus à imaginer de grands programmes s'inscrivant dans le long terme. Cette démarche demeure très cohérente avec certaines des options de la commission Augustine. L'une d'entre elles favorisait une « approche souple » (*flexible path*) de l'exploration à travers un programme qui privilégiait la continuité de l'investissement en R&D et évitait de trop grandes ruptures (comme un abandon à court terme de la station spatiale) pour soutenir un plus grand pragmatisme technologique sur la route vers Mars (comme le marquait, par exemple, l'intérêt pour les astéroïdes). L'absence de véritables lignes directrices propres à fournir un plan de marche à la Nasa reste cependant la faille principale de ce budget 2012, dont l'orientation stratégique reste elle aussi peu visible. Notons, à ce titre, que les annonces faites ne fournissent pas d'indication précise aux astronautes au-delà de l'horizon 2020 (l'objectif martien se prêtant mal à de quelconques prévisions chiffrées).

Jusqu'à présent, mis à part certaines oppositions politiques locales qui perdurent, qui ont infléchi sans doute

certaines choix législatifs en 2010 et qui peuvent encore avoir un effet à l'échelle de certains Etats clés pour les élections présidentielles de 2012, la position de l'administration américaine n'a pas suscité de levées de bouclier. Il faut y voir le signe d'une stratégie très politique qui s'est abritée derrière sa cohérence de principe pour couper l'herbe sous les pieds des opposants conservateurs au Président démocrate. Il était (et il reste aujourd'hui) difficile, pour le parti Républicain, d'accuser Barack Obama d'adopter des mesures d'économie au sujet d'un programme lunaire à la fois contestable et chroniquement sous financé (4). Il l'a sans doute été plus encore de critiquer le recours à la libre entreprise (y compris aidée par Nasa) pour mettre au point des systèmes de transport spatial habités, une annonce qui s'apparente sans doute plus à une astuce politique qu'à une véritable stratégie de l'Exécutif.

De fait, l'orientation de la politique spatiale américaine reste floue. Par exemple, si l'abandon de la navette spatiale doit permettre à la Nasa d'économiser plus de 1,5 milliard de dollars par an, ce sont 850 millions de dollars qui ont été prévus pour soutenir l'activité commerciale du transport spatial d'équipages. Or, dans le même temps, près d'un tiers des fonds réservés à l'exploration spatiale habitée ont été annulés, au risque d'une incohérence de fond du programme habité. En fait, l'intérêt subsiste pour le développement d'un lanceur lourd intégré (*SLS : Space Launch System*) « capable d'emporter une charge de 130 tonnes ou plus en orbite basse, afin de préparer le transit pour des missions au-delà de l'orbite terrestre », avec pour objectif de disposer des éléments centraux du lanceur opérationnels « au plus tard le 31 décembre 2016 ». D'autre part, la Nasa vise la construction d'un véhicule de transport spatial polyvalent (*Multi-Purpose Crew Vehicle*), avec une mise en service phasée avec celle du lanceur lourd, soit en 2016. Sa mission première serait d'emmener des « équipages au-delà de l'orbite basse », de permettre ensuite de conduire des activités comme le rendez-vous spatial, l'amarrage ou des activités extravéhiculaires en liaison avec les systèmes amenés en orbite par le SLS, mais aussi de « fournir un moyen alternatif permettant d'emmener des équipages et des équipements vers la station spatiale en cas de défaillance des partenaires commerciaux (américains), ou étrangers » (5). Le choix de l'Exécutif a finalement été de diminuer d'environ 1,2 milliard la requête du Congrès pour l'exploration spatiale, tout en rajoutant 350 millions de dollars par an sur cinq ans (soit une augmentation de 70 % par rapport au budget autorisé par le Congrès en 2010) afin de conforter la stratégie de recours au secteur commercial. Cette impression de dissonance témoigne en fait d'un profond désaccord sur la stratégie à suivre pour soutenir l'exploration spatiale. Seule la nécessité de maintenir actif un secteur industriel dans le domaine du lancement et de la propulsion (carburant solide, notamment) semble aujourd'hui garantir la poursuite de ces programmes, sur un rythme modéré.

ASSISTERIONS-NOUS À UNE REMISE À PLAT DE LA COOPÉRATION INTERNATIONALE ?

L'importance accordée à la coopération internationale a fini de différencier la politique spatiale de Barack Obama de celle de son prédécesseur. L'inclinaison classique des présidences démocrates est de privilégier les moyens d'engager les partenaires internationaux dans des programmes coopératifs dont le contrôle doit rester américain. Barack Obama y fait d'autant moins exception que la coopération internationale peut aujourd'hui remplir plusieurs rôles.

Elle s'avère tout d'abord un argument de poids pour contester l'idée d'une mise en retrait des Etats-Unis vis-à-vis des vols habités et pour défendre, au contraire, la vision bien réelle, quant à elle, d'un projet à long terme, de grande ampleur et nécessairement collectif en la matière. Elle corrige la mauvaise impression laissée auprès de leurs partenaires par les Etats-Unis suite à leur retrait anticipé de la station spatiale internationale (antérieurement annoncé pour 2016). Elle témoigne aussi du caractère partagé (et donc *a priori* maîtrisé) de l'investissement aux yeux d'un électorat démocrate majoritairement soucieux de maîtriser les coûts des programmes technologiques et de défense. Ainsi, la référence à la coopération internationale offre une marge de manœuvre politique, que le président Obama n'hésiterait sans doute pas à utiliser s'il en était besoin. Est-il imaginable que le prolongement de la participation américaine à l'ISS s'accompagne éventuellement d'ouvertures à ces nouvelles puissances spatiales que sont devenues aujourd'hui la Chine et l'Inde (notamment) ? Sans doute. Alors que les contempteurs de la décision américaine opposent les projets de retour sur la Lune annoncés par ces deux pays à l'abandon des ambitions américaines en la matière, de telles offres ne seraient pas sans conséquence pour les politiques spatiales des différents pays concernés.

Plus largement, comme le sous-entend la directive présidentielle de politique spatiale du 28 juin 2010, l'Exécutif américain, qui a pris acte des transformations du monde, prône aujourd'hui l'avènement de nouvelles relations internationales. Des partenariats de haut niveau sont souhaités, tandis que le programme américain dans son ensemble doit s'ouvrir aux opportunités commerciales tant nationales qu'étrangères. De ce point de vue, la présidence Obama se réclame de l'héritage démocrate antérieur pour accroître l'efficacité économique et politique de l'investissement public. Il s'agit, au passage, de replacer l'industrie américaine dans un rôle plus offensif fondé sur la reconquête des

(4) Les oppositions de style et d'avis sur cette question entre les prétendants républicains (Mitt Romney, d'un côté, et Newt Gingrich, de l'autre) témoignent de cette difficulté à choisir.

(5) *Public Law 111-267* du 11 octobre 2010.

marchés étrangers, avec un soutien fédéral ciblé sur les marchés à l'exportation.

Cette remise en route passe par l'établissement de liens diplomatiques mieux acceptés à l'étranger. Ainsi Barack Obama a très vite souhaité se démarquer de la directive de politique spatiale de George Bush (publiée en octobre 2006) dont le ton militariste avait refroidi les relations des Etats-Unis avec leurs grands partenaires (Europe comprise). Dès sa campagne électorale, il a laissé entendre qu'un projet d'interdiction du déploiement d'armes dans l'espace pourrait être mis à l'étude très rapidement aux Etats-Unis, en prônant un retour du pays à une vision plus souple de ces débats. Sur un mode plus mineur, il s'agit désormais de prendre en considération toute proposition de mesure « visant au contrôle des armements [dans l'espace], dans l'hypothèse où celle-ci serait équitable, effectivement vérifiable et où elle irait dans le sens d'un renforcement de la sécurité des Etats-Unis et de leurs alliés » (6). L'administration Obama fait ainsi référence (sans le dire ouvertement) à un texte russo-chinois de proposition de traité (peu convaincant, vu des Etats-Unis) pour s'y opposer clairement, mais sans donner pour autant le sentiment de fermer la porte (en parlant notamment de *transparency* et de *confidence-building measures*). L'intérêt mesuré des Etats-Unis pour les efforts de l'Union européenne en faveur de l'établissement d'un code de bonne conduite à l'usage des pays ayant une politique spatiale entend traduire ce nouvel

état d'esprit, à cette nuance près que les Etats-Unis souhaiteront vraisemblablement imprimer leur marque à un projet de texte qui reste encore à leurs yeux un peu trop européen.

En définitive, la présidence Obama paraît avoir tourné une page de l'histoire de la politique spatiale des Etats-Unis. En particulier, malgré le poids des symboles et des intérêts liés à l'exploration humaine de l'espace, l'idée d'un renouvellement en profondeur du débat sur les vols habités ne semble plus taboue, désormais, aux Etats-Unis. En renouant ainsi avec une conception très politique du programme spatial américain, Barack Obama a engagé l'ensemble du secteur à poursuivre les adaptations de fond entamées durant les années 1990.

Bien sûr, cette conception pourrait être partiellement remise en cause, y compris à court terme. Le fameux « triangle de fer » que constituent les intérêts industriels, parlementaires et administratifs a sans doute encore de beaux jours devant lui.

Il reste que cette restructuration de fond s'inscrit aussi dans le projet d'une nouvelle quête de puissance des Etats-Unis appuyée sur une stratégie de conquêtes tant économiques que politiques, et dont les grands principes semblent aujourd'hui faire consensus.

(6) *National Space Policy of the United States of America*, 28 juin 2010, résidence des Etats-Unis.

La Russie et l'espace

Le monde du spatial russe est volontiers vu et présenté comme étant en difficile survie, plus de vingt ans après l'éclatement de l'Union soviétique. Les échecs de 2011 de lanceurs Soyouz, comme celui de la sonde martienne Phobos viendraient soutenir cette vision. A ce propos, les accusations à peine voilées de possibles interférences hostiles sur le satellite, mais aussi les critiques plus larges évoquant les défauts d'une coopération occidentale profitant des technologies d'excellence russe sans avoir apporté de contrepartie en matière de transferts de technologies, contribuent à cette image figée d'une communauté isolée et qui doute d'elle-même. Cette grille de lecture ne prend cependant pas en compte la restructuration en cours de l'industrie spatiale russe, ses efforts de modernisation, ni la redéfinition par le pouvoir politique de la place des capacités spatiales dans

le projet national visant à restaurer la puissance de la Russie. Or, ces nouvelles orientations méritent que nous leur prêtions attention car leurs implications dépassent largement le cadre russe du fait de la place particulière des moyens de ce pays dans le paysage spatial international, qu'il s'agisse aussi bien de compétition que de coopération.

Par Isabelle SOURBÈS-VERGER*

En ce début d'année 2012, la perception du spatial russe telle qu'elle est rendue par les médias nationaux et internationaux est assez largement négative. Les échecs enregistrés en 2011 tant en ce qui concerne les lanceurs que les vols habités ont été d'autant plus remarquables qu'ils touchaient les deux domaines d'excellence traditionnels des activités russes. Par comparaison, la perte de la sonde Phobos destinée à l'exploration martienne est apparue moins surprenante, tant le programme a connu de retards et d'aléas, mais elle montre que les difficultés de la science spatiale russe ne sont pas encore résolues. De l'avis des responsables politiques russes, cette succession de ratés est inacceptable, compte tenu du réinvestissement significatif effectué dans le secteur depuis dix ans.

Cependant, s'il est vrai que le niveau de financement du secteur spatial a été largement relevé, il reste toutefois limité, par comparaison aux budgets occidentaux, et ce sans prendre en compte les investissements américains dont l'ampleur reste inégalée, comme le montre la carte des budgets dans le monde (voir la figure 1). Au niveau de la communauté internationale, ces échecs amènent certains Occidentaux à s'interroger sur le bien-fondé de la dépendance vis-à-vis des moyens russes qui assurent aujourd'hui de façon exclusive le transport des équipages, et très largement le ravitaillement de la station spatiale internationale.

* Géographe, chercheur au CNRS, directrice-adjointe du Centre Alexandre Koyré (CNRS, EHESS).

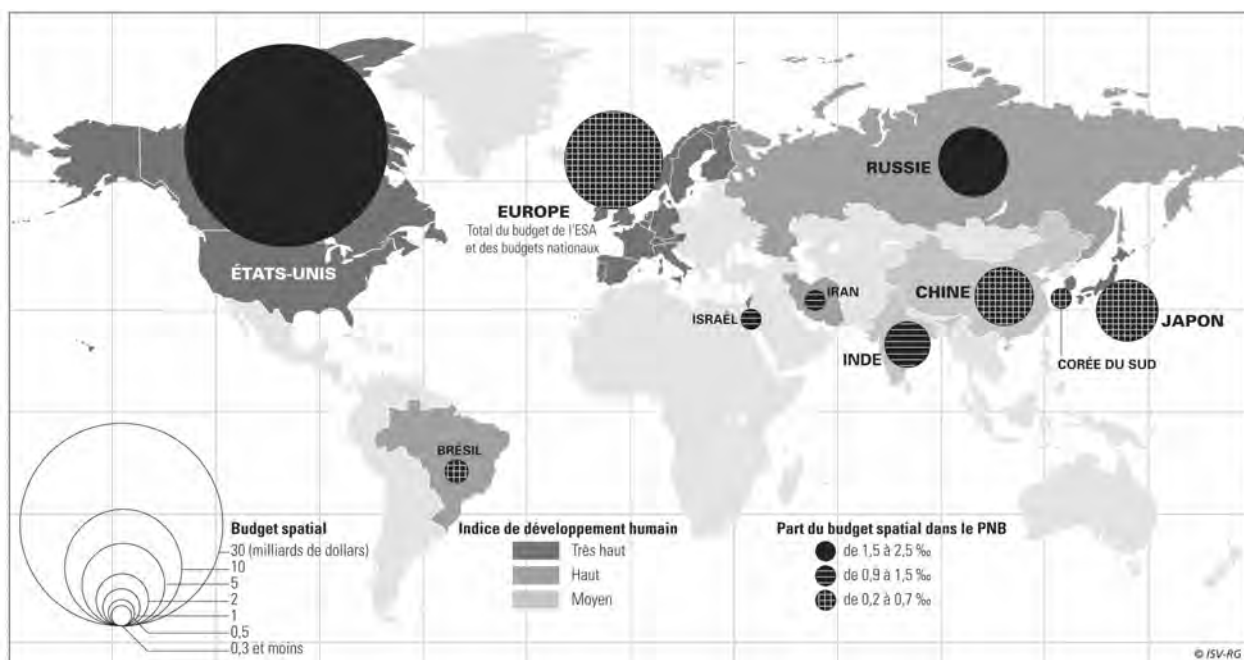


Figure 1 : Les budgets spatiaux dans le monde en 2011.

En réalité, ces contreperformances sont d'abord significatives des problèmes récurrents auxquels le secteur spatial russe est confronté et qui sont de plusieurs ordres différents. Parmi eux, l'épuisement des moyens humains et matériel des compétences héritées de l'Union soviétique, est un facteur désormais acquis. Un effet de traîne demeure encore, mais il devient de plus en plus marginal. Le sujet, aujourd'hui, est plutôt celui de la transition avec les nouvelles structures qui ne sont pas encore stabilisées, plus de dix ans après l'engagement de la réforme du secteur par le pouvoir politique russe. Même s'il faut prendre en compte les limites de la démarche, dont témoigne cette durée anormale de la mise en œuvre, ce serait une erreur d'occulter l'existence de ces facteurs de changement, alors qu'ils contribuent à dessiner la nouvelle physionomie d'un spatial russe en devenir, dont les ambitions, les forces et les faiblesses vont structurer la place future de la Russie sur la scène spatiale internationale.

Les caractéristiques de la puissance spatiale russe, aujourd'hui et demain, peuvent être appréhendées selon deux grands axes : la place des moyens russes dans l'espace et l'importance accordée au secteur spatial dans la politique russe. Cet état des lieux fournira des clefs de compréhension utiles pour cerner les facteurs de compétition et de coopération appelés à se manifester sur la scène internationale.

LA PLACE DE LA RUSSIE SUR L'ÉCHIQUIER SPATIAL EN 2011

La place de la Russie dans la hiérarchie des puissances spatiales est difficile à déterminer tant ses compétences

sont inégales en fonction des domaines d'activité considérés. Ainsi, certains la positionnent sans conteste parmi les premières dans le domaine des vols habités, tandis que d'autres font état d'un retard récurrent dans le champ des applications. Ces lignes de force n'en sont pas pour autant immuables. Le secteur spatial russe est en phase de transition sur le plan des technologies comme sur celui de l'organisation industrielle. Même s'ils restent modestes, surtout à moyen terme, des projets nationaux s'affirment progressivement créant un cadre nouveau de coopération vis-à-vis des puissances spatiales étrangères, anciennes comme émergentes.

Les rémanences de l'héritage soviétique

Si l'on considère les capacités de la Russie telles qu'elles se manifestent dans l'occupation de l'espace, son quasi-monopole dans le domaine des vols habités et l'efficacité de ses lanceurs font d'elle une puissance de premier plan. Les technologies mises en œuvre correspondent à ce qui était déjà des points forts de l'espace soviétique et elle n'ont pas fondamentalement changé, même si elles ont été progressivement améliorées. Les éléments clés de leur succès tiennent à la robustesse des systèmes, associée à un coût de fabrication compétitif, ces deux avantages étant directement liés au grand nombre de tirs effectués et à l'expérience acquise au fil du temps.

On peut ainsi rappeler que le lanceur Soyouz – qui, dans sa première version, a assuré la mise en orbite du satellite Spoutnik, en 1957 – comptabilisait en décembre 2011 plus de 1 700 tirs, tandis que le lanceur Proton, développé en 1965 pour placer sur l'orbite géostationnaire des charges plus lourdes, est toujours opé-



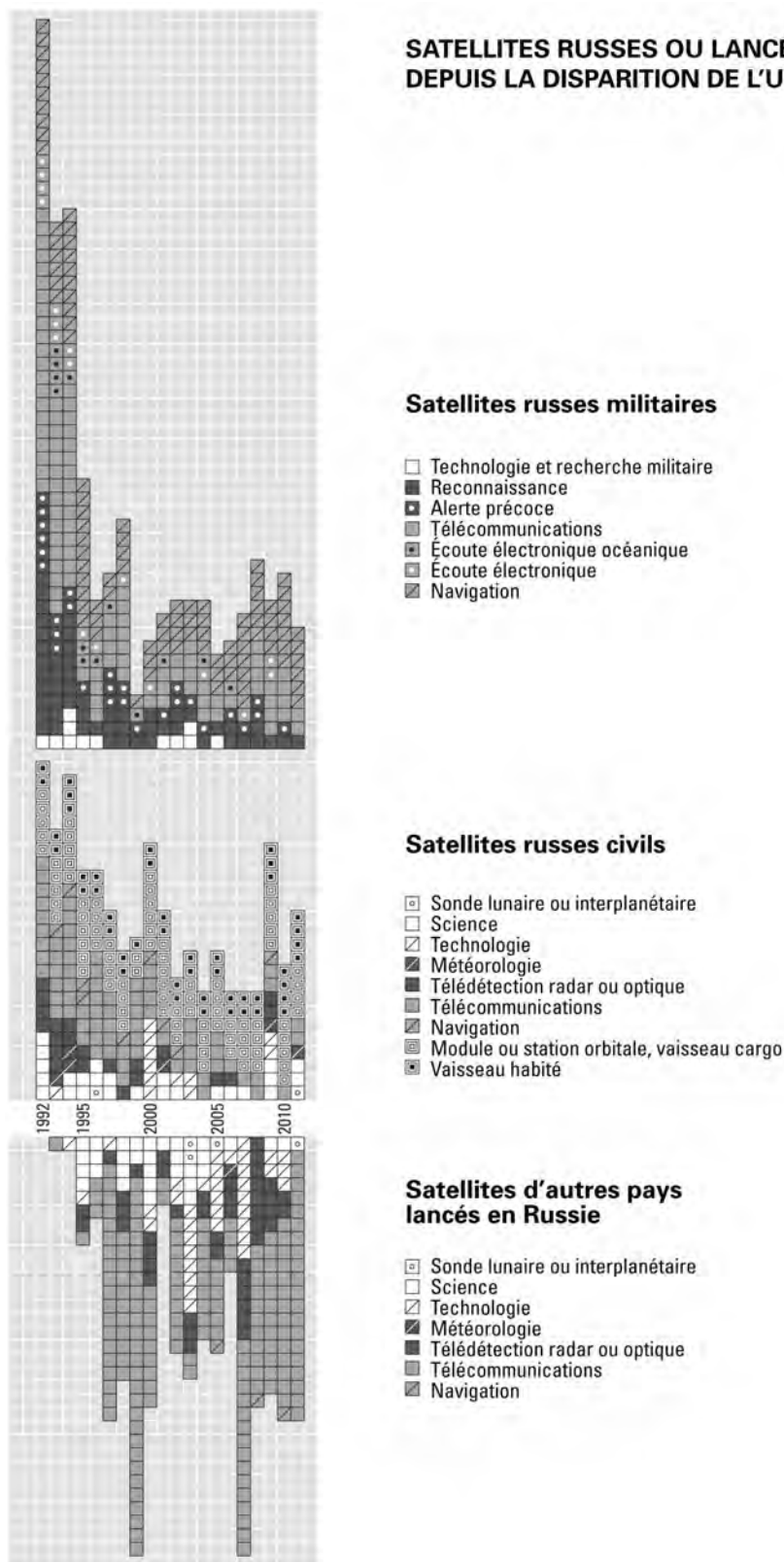


Figure 2.

rationnel en décembre 2011 et compte plus de 360 tirs. La continuité des filières de lanceurs russes tranche avec les sauts de génération des lanceurs occidentaux, en particulier américains, mais aussi européens ou japonais. Elle tient à une conception différente de lanceurs produits en série, modulables et fiables, mais empreints

à une certaine rusticité, ce qui a d'ailleurs exigé des adaptations de leur coiffe et des caractéristiques des satellites non russes lors de la commercialisation des services de ces lanceurs sur le marché international. Même si elle a tendance à décroître (voir la figure 2), la position dominante des lanceurs russes demeure avec

28 tirs réussis en 2011 (contre 18 tirs chinois et 17 tirs américains, les autres puissances venant loin derrière, comme l'Europe avec 5 tirs). Cette supériorité numérique est cependant devenue tellement habituelle que les commentaires d'experts ont plutôt souligné, cette année, le nombre exceptionnel de tirs chinois, un nombre qui pour la première fois a dépassé celui des tirs américains...

En réalité, le critère des tirs ne prend sa pleine valeur que rapporté aux types de satellites lancés et à leur durée de vie, ainsi qu'à la nationalité des propriétaires des satellites (qu'ils soient nationaux ou originaires de pays tiers). C'est ainsi qu'en 2006, le nombre des satellites américains l'emportait pour la première fois sur celui des satellites russes, mais la supériorité des performances technologiques des systèmes américains a toujours été manifeste, comme le confirme la fréquence élevée de remplacement des satellites soviétiques. L'appréciation des capacités nationales a été rendue encore plus complexe par l'existence de sociétés mixtes russo-américaines et russo-européennes (respectivement, ILS, pour Proton (1), et Starsem, pour Soyouz), qui sont responsables de la commercialisation de lanceurs fabriqués en Russie, dont elles assurent le préfinancement. Cette formule, qui a garanti le maintien des chaînes de production sous l'ère Eltsine, à un moment où les entreprises ne disposaient plus de financement national, a été essentielle pour la survie du secteur. Elle a aussi permis aux Occidentaux de proposer des lancements à moindre coût tout en réalisant des bénéfices et en limitant le risque de pénaliser leurs propres lanceurs. Dans le cas des Etats-Unis, cette politique s'inscrivait aussi dans le cadre des efforts engagés pour assurer la conversion du complexe militaro-industriel russe, qu'illustre en particulier le programme de station spatiale internationale tel que redéfini à partir de 1993 en exploitant les technologies soviétiques mises au point pour la station Mir et en les intégrant progressivement au cœur d'un schéma international.

Ces deux exemples témoignent du changement fondamental de statut de la puissance spatiale russe à partir des années 1990. Alors que les activités spatiales étaient, jusque-là, un objet incontesté de fierté nationale, du fait qu'elles contribuaient au rang de l'Union soviétique, considérée comme le compétiteur des Etats-Unis, ce statut de fait de prestataire de services devient symbolique du déclin de la Russie. Ce tournant, qui se traduit aussi par la vente de technologies à la Chine dans le domaine des vaisseaux et des stations habitées, a laissé des traces durables dans la perception tant au niveau national qu'international d'un déclin quasi inéluctable (une thématique que l'on voit ressurgir à l'occasion de chaque échec).

En fait, cette offre commerciale de ses compétences, qui a indéniablement permis au secteur spatial russe de survivre, a aussi présenté des effets pervers, moins connus en Occident, mais sur lesquels certains analystes russes insistent encore volontiers. Les griefs mis en avant à l'égard de l'exportation, toujours significative, des pro-

duits et des savoir-faire russes sont de deux ordres. D'une part, le poids de la nécessité et le manque d'expérience des entreprises russes ont conduit à ce que les ventes de technologies aient été faites pour un montant inférieur à leur valeur réelle du fait que les prix appliqués résultaient d'une évaluation sommaire des coûts directs de production et d'une non prise en compte des investissements initiaux de recherche et développement. D'autre part, les achats de ces technologies, en particulier celles des vols habités, ont conduit les entreprises à poursuivre leur production à l'identique, consommant ainsi leurs propres revenus sans pouvoir investir dans des secteurs essentiels, comme les télécommunications et l'observation de la Terre, et au potentiel bien supérieur en termes d'applications nationales (et, ultérieurement, en termes d'opportunités commerciales). Sur ce substrat se greffe aussi l'idée que les transferts de technologies ont été particulièrement inégaux puisque les compétences russes ont été cédées sans brevets, alors que les Occidentaux ont toujours veillé à protéger leurs compétences lorsqu'il y avait coopération.

Ces assertions ont un côté simplificateur indéniable (2), mais elles forment le socle du consensus actuel sur la nécessité de viser le rétablissement d'une excellence nationale garante d'indépendance et seule à même de permettre de revoir les termes de l'échange d'égal à égal.

Les traits de la transition

Même s'ils ont glissé, à travers le temps, par rapport au programme initial de 2005, des éléments de renaissance sont visibles. Une nouvelle base spatiale, Vostotchny, destinée à remplacer la base historique de Baïkonour (le Kazakhstan étant devenu indépendant), est en construction dans l'Extrême-Orient russe (3). C'est de là que devrait partir le nouveau lanceur Angara, qui marque la fin de la famille des Proton et qui se présente comme un lanceur écologique de nouvelle génération. Cette nouvelle base étant destinée aux lancements de satellites géostationnaires et, éventuellement, aux tirs vers une nouvelle station spatiale qui pourrait succéder à la station spatiale internationale (ISS), sa localisation en Sibérie orientale se justifie par des raisons techniques : une latitude peu élevée plus favorable aux lancements de satellites géostationnaires et un faible peuplement au-dessous de la trajectoire des premiers étages des lanceurs (voir la figure 3). Elle s'inscrit aussi dans

(1) Voir <http://www.ilslaunch.com/> et <http://www.starsem.com/>

(2) La coopération entre Alcatel Espace et la NPO Rechetnev sur le satellite de télécommunications Sesat est sans aucun doute un exemple de coopération réussi (mais qui reste rare).

(3) Elle est toute proche du site de Svobodny (qui fermé en 2009, était utilisé pour les lancements de petits satellites à partir de missiles reconvertis), dont elle reprend une partie des infrastructures.

INFRASTRUCTURES SPATIALES RUSSES

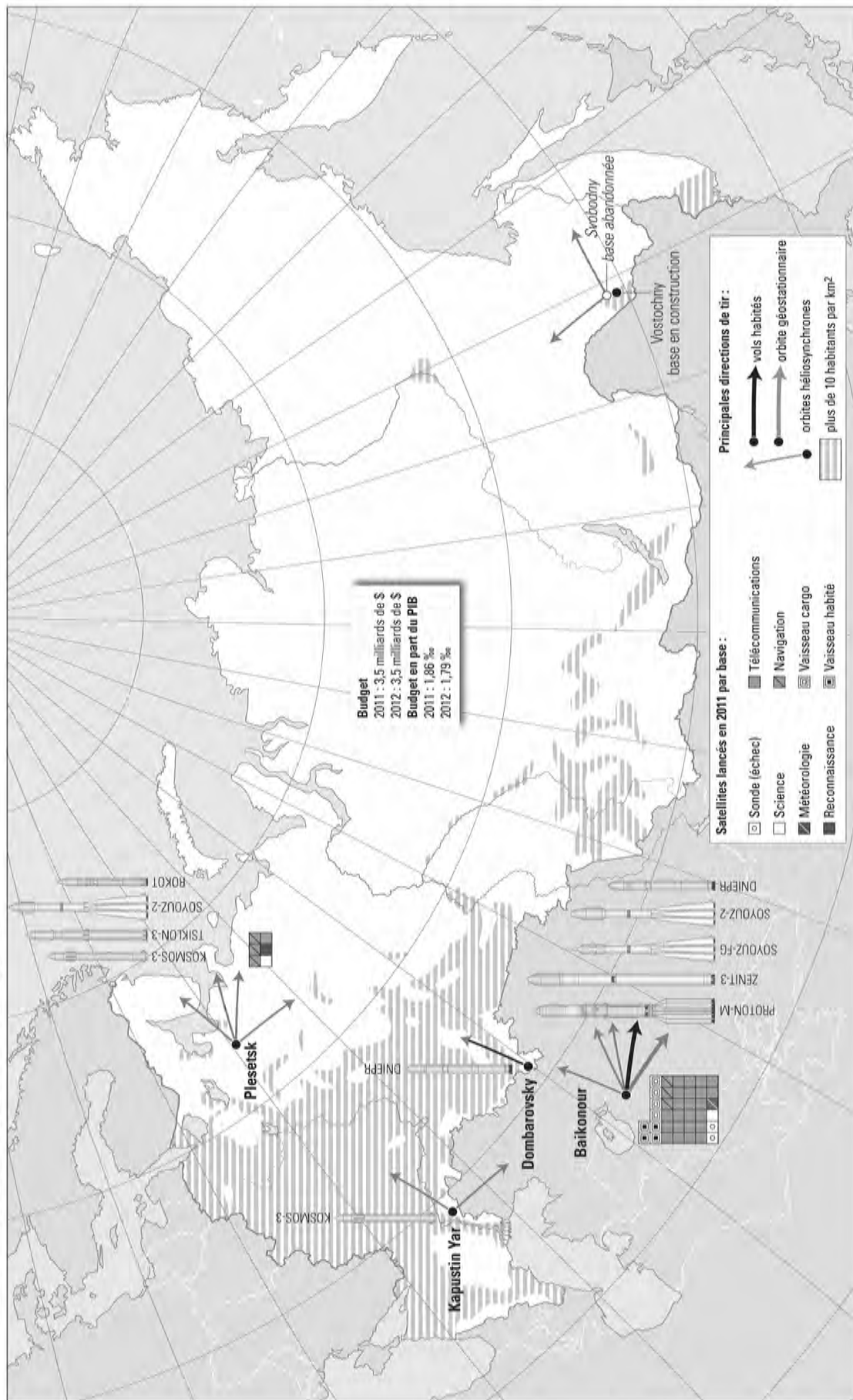


Figure 3.

une politique de mise en valeur du territoire et va de pair avec une orientation de plus en plus marquée en direction de partenaires asiatiques perçus comme plus dynamiques et plus attractifs que les anciens partenaires occidentaux. A cet égard, est particulièrement significative la coopération avec la Corée du Sud, pour la mise au point du lanceur KSLV, avec l'utilisation pour le premier étage des moteurs du lanceur Angara encore en développement. Cette stratégie de coopération témoigne d'un souci de diversification des partenariats, d'une volonté de la Russie d'accroître sa présence régionale et d'un effort pour inscrire le spatial dans une intensification des échanges technologiques avec les entreprises coréennes au service d'une mise en valeur de la Sibérie.

Des progrès notables sont aussi à souligner dans le champ des applications et, en particulier, dans celle du programme de navigation Glonass. Opérationnelle dès les années 1970, la constellation s'était progressivement dégradée depuis l'éclatement de l'ex-URSS. Après dix années d'insuccès et de mises en cause quant à l'utilisation des fonds de recherche et développement - théoriquement mis en place par le pouvoir depuis 2000, mais, dans les faits, versés de façon incomplète et employés à d'autres fins par des entreprises qui avaient perdu une partie de leurs compétences - la Russie retrouve, en 2011, la maîtrise d'un système de nouvelle génération. Elle se repositionne dès lors à l'égal des Etats-Unis, alors que l'Europe a pris du retard dans le développement de son programme Galileo et que la Chine en est aux premières étapes de son programme Beidou. Ouvert à un usage civil international, le système Glonass participe du rétablissement de la fierté nationale russe et contribue symboliquement à l'affichage de nouvelles compétences technologiques de haut niveau. En même temps, les difficultés rencontrées dans le développement des récepteurs et dans leur commercialisation témoignent du chemin que le secteur spatial russe doit encore parcourir avant de pouvoir véritablement valoriser ses capacités techniques sur le plan économique.

En parallèle, on peut également noter un souci de renforcement des positions russes à travers le seul acteur privé russe du spatial, la société RSCC Energia, repreneur de la société internationale Sea Launch déclarée en faillite par un tribunal américain en 2009. Créée en 1995, cette société multinationale à responsabilité limitée (4) proposait des lancements sur orbite basse au moyen de fusées Zenit - devenues ukrainiennes après l'éclatement de l'ex-URSS mais toujours dotées de moteurs russes - depuis une plateforme pétrolière norvégienne reconvertie en pas de tir et ancrée au large de la Floride. Alors que les perspectives commerciales ne semblent pas totalement assurées sur un marché fragile qui connaît une concurrence de plus en plus forte, la détermination russe à se réappropriier des outils originaux en effectuant un investissement à moyen terme mérite de retenir toute notre attention. Elle témoigne d'une préoccupation nouvelle de rationalité des inves-

tissements réalisés puisque la nouvelle initiative Sea Launch se décline aussi dans une version Land Launch destinée à renforcer l'offre russe du futur sur le marché international.

LE SECTEUR SPATIAL : UNE PLACE NOUVELLE DANS LE PROJET DE PUISSANCE DE LA RUSSIE

Le développement d'activités spatiales présupposant la mise en place de compétences scientifiques, technologiques et industrielles de haut niveau combinée à un financement étatique significatif devant s'inscrire dans la durée, l'adhésion des décideurs politiques passe par l'identification de besoins spécifiques intégrés dans des objectifs nationaux. Si les débuts de l'ère spatiale sont d'abord marqués par le contexte géostratégique bien particulier de la Guerre froide, et en particulier par une forte relation au nucléaire, les motivations de la Russie actuelle ont dû trouver une autre logique. L'image du spatial russe au sein des nouvelles instances de décision de l'ère Eltsine a lourdement pâti de la très forte identification idéologique qui avait prévalu pendant plus de trente ans entre les réussites spatiales de l'Union soviétique et le bien-fondé des principes du marxisme. Le spatial illustre ainsi le succès de la primauté donnée à la science et à la technique pour l'établissement d'un monde meilleur, le cosmonaute devenant le symbole de l'Homme nouveau.

Après une longue éclipse qui a profondément affaibli le secteur, ce n'est qu'avec l'arrivée au pouvoir du Président Poutine que le spatial a retrouvé une certaine priorité.

Les conditions de la réforme des industries spatiales

La décision de redonner au spatial sa pleine légitimité s'est organisée autour de deux thèmes majeurs : le souci de ne pas laisser perdre un héritage utile à la grandeur nationale et la volonté de faire du spatial un outil de la modernisation de la Russie en jouant sur son potentiel de haute technologie. L'objectif final est de favoriser l'innovation, seule à même de permettre au pays de retrouver durablement le statut de puissance régionale, voire mondiale, auquel il aspire. Les technologies de pointe, dont le spatial, doivent contribuer à faire évoluer l'économie actuelle de rente, fondée sur l'exportation de matières premières et jugée sans avenir car totalement dépendante des marchés extérieurs pour la remplacer par une économie fondée sur la connaissance comme celle que visent toutes les grandes puissances.

(4) A sa création, la compagnie est détenue à 40 % par la Boeing Commercial Space Company, à 25 % par la société moscovite RSC-Energia, à 20 % par l'anglo-norvégien Kvaerner Maritime et à 15 % par l'ukrainien SDO-Youjnoe.

C'est en fonction de ce programme global, mis en avant depuis 2006 et fruit d'une volonté commune du tandem gouvernemental Dmitri Medvedev et Vladimir Poutine, et qui figurait encore au premier plan du programme du candidat Vladimir Poutine lors de la campagne présidentielle de 2012, qu'il faut comprendre le processus de réforme de l'industrie spatiale russe.

Figurant au rang des industries stratégiques, le secteur spatial est au cœur des préoccupations du pouvoir russe et ce à plusieurs titres : du fait de son statut de technologie de pointe, de son potentiel d'innovation et de son rôle de soutien dans la mise en œuvre d'une politique de mise en valeur du territoire. Sont ainsi directement concernés les systèmes de navigation, les systèmes de télécommunications (diffusion de l'Internet, de la télévision numérique) et les systèmes d'observation de la Terre (cartographie des ressources, suivi des modifications des sols sous l'effet du réchauffement climatique...). L'amélioration attendue de leurs performances technologiques doit témoigner de la rénovation des compétences industrielles de la Russie et répondre à des besoins de plus en plus pressants émanant de la société et liés au développement économique.

Pour satisfaire les ambitions nationales et devenir l'égal de ses équivalents occidentaux, le spatial russe doit dépasser les faiblesses qu'il partage avec d'autres anciennes industries de pointe du complexe militaro-industriel soviétique : un trop grand nombre d'entreprises disséminées le long du parcours du Transsibérien, implantées dans des villes fermées et secrètes, un vieillissement de l'outil de production dans nombre de ses composantes, une difficulté à intégrer de nouvelles technologies dans des systèmes en développement et même à moderniser les chaînes de fabrication (5). Si cette restructuration est unanimement reconnue comme indispensable, tous les acteurs et experts s'entendent à reconnaître qu'il s'agit d'une tâche lourde et complexe. Cela d'autant plus qu'elle touche à un autre grand chantier de la vie politique et économique russe, la réforme des entreprises d'Etat.

Ces efforts de changement doivent compter avec la tendance du monde spatial à vivre en autarcie, ce dont témoigne un déficit réel de transparence dans la communication des informations. Les variations constatées dans les déclarations officielles sur la taille du secteur (avec des chiffres variant de 100 à 500) donnent une idée du problème. Certes, la définition même de ce qu'est une entreprise spatiale est un exercice complexe. Le même mot russe *raketa* désigne le lanceur et le missile, et les deux sont parfois profondément imbriqués l'un dans l'autre, du point de vue industriel (6).

Un bilan en demi-teinte

Une première étape de contraction du nombre des entreprises s'est mise en place au cours de la décennie 2000-2010, avec la disparition de plus de 200 entre-

prises. Il s'agit là d'un double processus comprenant une part de sélection naturelle liée au vieillissement des hommes et des structures, et une part de mesures volontaristes, les deux s'étant combinées dans des proportions difficiles à établir. Ainsi, certaines entreprises relativement dynamiques se sont reconverties dans des secteurs plus porteurs économiquement, des secteurs où elles étaient déjà présentes *via* la part civile de leur production (7). D'autres ont tout simplement fermé leurs portes parce qu'elles étaient dans l'incapacité de surmonter le vieillissement des hommes et du matériel, d'obtenir des financements, même minimaux, et de trouver des clients. Certaines, jugées indispensables, ont été absorbées par les entreprises plus importantes dont elles étaient les sous-traitantes, selon une préfiguration de la logique des regroupements, mais à une échelle limitée, de façon assez spontanée et en réponse à des objectifs immédiats très concrets. Le retour des financements dans un secteur partiellement assaini de ses éléments les plus fragiles fait que le phénomène s'est progressivement ralenti pour en arriver à la situation actuelle, qui se caractérise par un nombre d'entreprises toujours aussi pléthorique et un appareil de production largement dépassé technologiquement.

La création de grands groupes destinés à rationaliser le tissu industriel et à établir de véritables champions nationaux est au cœur de la réforme industrielle. L'idée est de regrouper la totalité des forces vives du spatial au sein de dix, puis de cinq, et, enfin, de trois « *holdings* » selon une structure conçue sur le principe d'une « maison mère » et de « maisons filles », qui sont certes reliées par des liens de solidarité, mais avec un niveau de contrainte indéfini. Le flou est aussi présent quant au type de modèle de regroupement envisagé. Compte tenu des caractéristiques du spatial russe, deux pistes sont possibles : celle de l'intégration de la composante missile dans le périmètre du secteur spatial (ce qui revient à renforcer la perspective industrie de défense) ou celle d'un modèle inspiré de l'industrie aéronautique à vocation davantage commerciale et ouvert aux acteurs privés. La question des synergies avec les industries de l'information est elle aussi posée, ce qui représenterait un changement majeur dans la culture du spatial russe. Cette dernière orientation ne bénéficie d'ailleurs pas du soutien des entreprises, car celles-ci craignent de perdre leur spécificité et de se transformer en simples outils.

(5) Voir la carte extraite de « L'espace, nouveau territoire, atlas des satellites et des politiques spatiales », dir. VERGER (F.), Belin 2002.

(6) En 2010, Sergueï Ivanov (Président de la VPK) et Vladimir Popovkine (alors Commandant des Forces spatiales) en compte 500, ce qui laisse à penser qu'ils intègrent des entreprises concernées au moins partiellement par la compétence missiles, ce que ne ferait pas Anatolii Perminov (alors directeur de Roskosmos), lorsqu'il considère qu'il y aurait 98 « entités » spatiales à proprement parler.

(7) Toutes les entreprises du complexe militaro-industriel soviétique étaient tenues de produire des biens civils et elles ont été fortement incitées à se reconverter en développant ce volet de leur activité durant la « période Eltsine ».

Le gouvernement russe avait annoncé qu'en 2010, dix *holdings* seraient effectivement constituées. Le bilan qui se dessine aujourd'hui, si l'on suit la lente progression des restructurations industrielles, fait apparaître un spatial à deux vitesses, où seuls quelques pôles clefs bénéficient d'une attention particulière du pouvoir politique. Même si leur organisation n'est pas définitive, car il reste encore un grand nombre d'entreprises qui ne relèvent pas d'une « maison mère », il est possible de distinguer à ce jour cinq pôles ; un pôle lanceurs animé par FGUP Khrounitchev, un pôle satellites structuré autour de ISS Rechetnev, un pôle segments sol (autour de Tsenki), un pôle de recherche et développement incluant une forte composante autour des instruments (RKP) et, enfin, un pôle missiles.

On retrouve ainsi largement les équilibres existants. La sécurité de l'approvisionnement des grandes entreprises du spatial semble garantie, ce qui s'impose pour une industrie considérée comme stratégique. Pour autant, les concurrences potentielles ne sont pas éliminées. La question se pose, à terme, du devenir d'Energya, l'entreprise historique du spatial russe, qui affiche un caractère généraliste avec le spatial habité, qui représente une part notable de son activité, un secteur exploration et une composante « lanceurs », qui va être soumise à la prééminence de Khrounitchev. En même temps, on peut noter la continuité du spatial soviétique, au travers du maintien de filières concurrentes destinées à assurer une forme de compétition indépendante des logiques économiques et commerciales. Force est de constater que les intérêts divergents des entreprises et de leurs clients civils et militaires ont largement contribué à retarder le processus et ce, d'autant plus, que le pouvoir réel de l'Agence spatiale russe est, en la matière, des plus faibles.

LA NOUVELLE PHYSIONOMIE DU SPATIAL RUSSE

La question délicate des rapports public-privé

Ce point nous renvoie à la deuxième grande interrogation sur le futur du spatial russe, à savoir la place dévolue au secteur privé. S'il est clair que dans aucun pays au monde le secteur spatial n'est considéré comme relevant d'une logique purement économique, mais au contraire comme largement dépendant des politiques publiques, le sujet est d'autant plus sensible, en Russie, que la façon dont l'Etat conçoit son rôle est également l'objet de débats. La question, en arrière-plan, reste celle du management le plus performant. D'où la remise en cause, à ce titre, d'un Etat stratégique et tout-puissant décidant à sa guise du devenir d'une entreprise. Si, sur le principe, Vladimir Poutine a toujours affirmé qu'il prévoyait à terme la privatisation de nombre de firmes

du secteur, la question est considérée comme prématurée, le spatial attirant d'autant moins les investissements que ceux-ci sont globalement notoirement insuffisants dans l'économie russe. En Russie, le spatial reste un outil de souveraineté nationale, à des fins militaires, bien sûr, mais tout autant, sinon plus, à des fins d'aide au développement global du pays.

La structure du monde spatial russe, caractérisée par la place prépondérante qu'y occupent les *Federalnie Gossudarstwennie Unitarnie Predpriyatia* (FGUP) (8) (Entreprises Unies de l'Etat (russe) Fédératif) (FSUE, en anglais), témoigne de ce caractère public lié à son statut de secteur stratégique que renforcent encore les faiblesses, réelles, d'un tissu industriel dont la modernisation, très inégale, est globalement insuffisante.

Le principal danger de cette tutelle exclusive de l'Etat, de plus en plus souvent dénoncée en Russie même, est qu'elle favorise la pérennisation d'une culture bureaucratique au détriment de la logique d'un management de type privé, qui devrait mieux répondre, *a priori*, à l'objectif final et aider à résoudre les problèmes rencontrés pour combler un retard patent dans le domaine des applications du spatial (télécommunications, télédétection...).

La piste du partenariat public-privé (PPP) apparaît dès lors à certains experts comme le moyen de faire évoluer la situation. Depuis 2009, cette question a fait l'objet de quelques papiers, en russe (9), analysant les expériences étrangères en la matière (dont celle de Galileo) et proposant des pistes pour la Russie. La recommandation principale est de ne pas mélanger les genres : l'Etat doit assurer les dépenses fondamentales d'infrastructure (bases spatiales, lanceurs, recherche) et contribuer à l'efficacité des sociétés en créant les conditions d'une approche privée favorable au développement des applications. Au final, le but est de reconnaître la spécificité de la Russie et de concevoir un partenariat qui soit, de fait, public-public, de par l'actionnariat d'Etat des entreprises, mais qui se pense comme étant à vocation privée. La question du management n'est donc plus tant celle du statut public/privé, mais bien, plutôt, celle de la mise en œuvre d'une culture et d'une compétence spécifiques. On le voit, l'approche russe est loin d'être transparente, pour les observateurs occidentaux. Ce débat sur l'efficacité comparée des différentes formules institutionnelles et sur la place relative des logiques publiques et privées est fondamental ; il dépasse d'ailleurs le seul secteur spatial. La difficulté qu'éprouve le pouvoir russe à choisir une voie unique montre que l'approche qu'il a choisie est avant tout pragmatique.

Ainsi, d'autres formules sont testées, en utilisant l'existence de tutelles administratives variées impli-

(8) Les FGUP, « sociétés unitaires fédérales », ont un statut juridique d'entreprises publiques à but commercial, mais elles ne possèdent pas leurs outils industriels, qui restent la propriété de l'Etat.

(9) Voir Makarov (Yuri) & Payson (Dmitry), « *Russian Space Programmes and Industry: Defining the New Institutions for New Conditions* », Space Policy 25, 2009.

quées dans la programmation des systèmes spatiaux. Les différents projets de satellites de communication apparus ces dernières années en Russie relèvent de cette logique. L'idée est sans doute de faire bouger le secteur en remettant en cause le monopole de fait des entreprises. Un effort d'ouverture et de test de nouvelles configurations de pouvoir est sans aucun doute à l'œuvre, même si cette démarche reste forcément limitée par le monopole des entreprises spatiales sur les technologies. C'est à ce titre que certaines applications spatiales trouvent leur place dans le projet de la « Silicon Valley » russe, à Skolkovo (en banlieue moscovite), mais, en parallèle, force est de constater leur faible implication dans les forums économiques.

La redéfinition des principes de coopération : un tropisme asiatique ?

Dans la politique spatiale russe, la coopération devient de plus en plus cruciale. Dans une Russie qui dispose désormais d'un budget honorable et d'ambitions clairement définies, les formes anciennes d'une coopération qui s'apparentait essentiellement à de la sous-traitance ne sont plus de mise, et cela est clairement affirmé. Dès lors que le secteur spatial est concrètement impliqué dans la remise à niveau des compétences industrielles nationales, puisqu'il doit moderniser ses outils de production, faire jouer son potentiel d'attraction dans la constitution de pôles technologiques, en particulier en Sibérie, et développer encore plus sa capacité de commercialisation, il doit redéfinir ses choix de coopération en fonction de cette nouvelle donne et montrer son efficacité. L'enjeu est de taille, car les crédits futurs du secteur dépendront directement de sa capacité à contribuer à l'innovation.

Plus largement, les dirigeants russes ont pour souci de concevoir les nouveaux programmes en fonction d'un projet politique global marqué par la volonté de rétablir des facteurs de multipolarité afin de faire contrepoids à la puissance américaine. Le contexte international représente en effet la seconde donnée fondamentale pour la mise en place des coopérations plus larges, dans lesquelles s'insère le spatial. On constate, au niveau global, un intérêt et une implication de plus en plus forts de la Russie à l'égard de l'Asie. Outre la Chine, avec laquelle le partenariat est assez opportuniste, la Russie prend une place croissante en Corée du Sud et noue des contacts avec le Japon. Le principal partenaire reste néanmoins l'Inde, du fait d'une convergence des compétences et des besoins, ainsi que l'existence d'une base de confiance solide. En creux, on peut noter que la faiblesse actuelle des coopérations futures de la Russie avec l'Europe (10), indépendamment de programmes comme l'installation du lanceur Soyouz à

Kourou, renvoie aussi à cette difficulté fondamentale à établir des intérêts mutuels durables.

Cet intérêt pour le développement en coopération des activités spatiales est une marque de fabrique des nouveaux responsables politiques russes, qui n'est pas sans susciter l'irritation chez les pionniers du secteur spatial, dont certains continuent à rêver à un retour à la parité avec les Etats-Unis. Pour l'ancien cosmonaute Youri Batourine, la Russie, en l'absence d'une stratégie de long terme, va disparaître de la scène spatiale au profit de... la Chine, faute du soutien politique requis. Ce discours (tenu à Washington) se fait l'écho des préoccupations de la communauté spatiale américaine et s'inscrit dans les avertissements répétés des deux premières communautés spatiales sur la perte d'une ambition spatiale qui révèle la fin d'une stratégie globale et le déclin inéluctable du pays, un risque bien plus réel en Russie qu'aux Etats-Unis.

Néanmoins, le poids de certaines coopérations de fond va continuer à structurer le secteur spatial russe. Ainsi, les activités dans le domaine de l'espace habité, qui représentent une part importante de l'outil industriel russe, vont perdurer. Les premières décisions techniques sur le nouveau vaisseau PPTS « *Perspektivnaya Pilotiruemaya Transportnaya Sistema* » (ou « *Prospective Piloted Transport System* ») destiné à remplacer les capsules Soyouz à partir de 2015, montrent que la Russie s'inscrit dans le long terme. Plus intéressant encore, le projet OPSEK (*Orbitalny Pilotiruemyi Eksperimentalny Kompleks - Orbital Manned Assembly and Experiment Complex*) fait l'objet de réflexions préparatoires depuis 2008. L'idée est d'assurer éventuellement la succession de la station spatiale internationale (ISS) en récupérant les modules russes et en les réorganisant en station ouverte à la coopération internationale, et avec un coût d'entretien moindre. L'engagement américain dans l'exploitation de l'ISS jusqu'en 2020-2025 retarde d'autant l'intérêt du programme, mais il est clair que celui-ci représente pour les Russes une alternative qui pourrait être rapidement mise en œuvre si les États-Unis renonçaient soudainement à l'ISS.

Ce projet est aussi repris en affichant la possibilité de redonner la priorité aux besoins nationaux. Ainsi, un changement d'inclinaison orbitale est à l'étude afin de pouvoir, depuis la station, observer la Terre de façon satisfaisante, ce qui représente un objectif prioritaire en termes d'applications. Il ne trouve toutefois véritablement son sens que dans une ouverture à la coopération avec d'autres partenaires, qui pourraient être intéressés par des coûts moindres et une garantie de

(10) « La coopération spatiale Russie-Europe, une entreprise inachevée », Sourbès-Verger (I) & Facon (I), (pp.75-89), *Géoeconomie*, n°43, automne 2007.

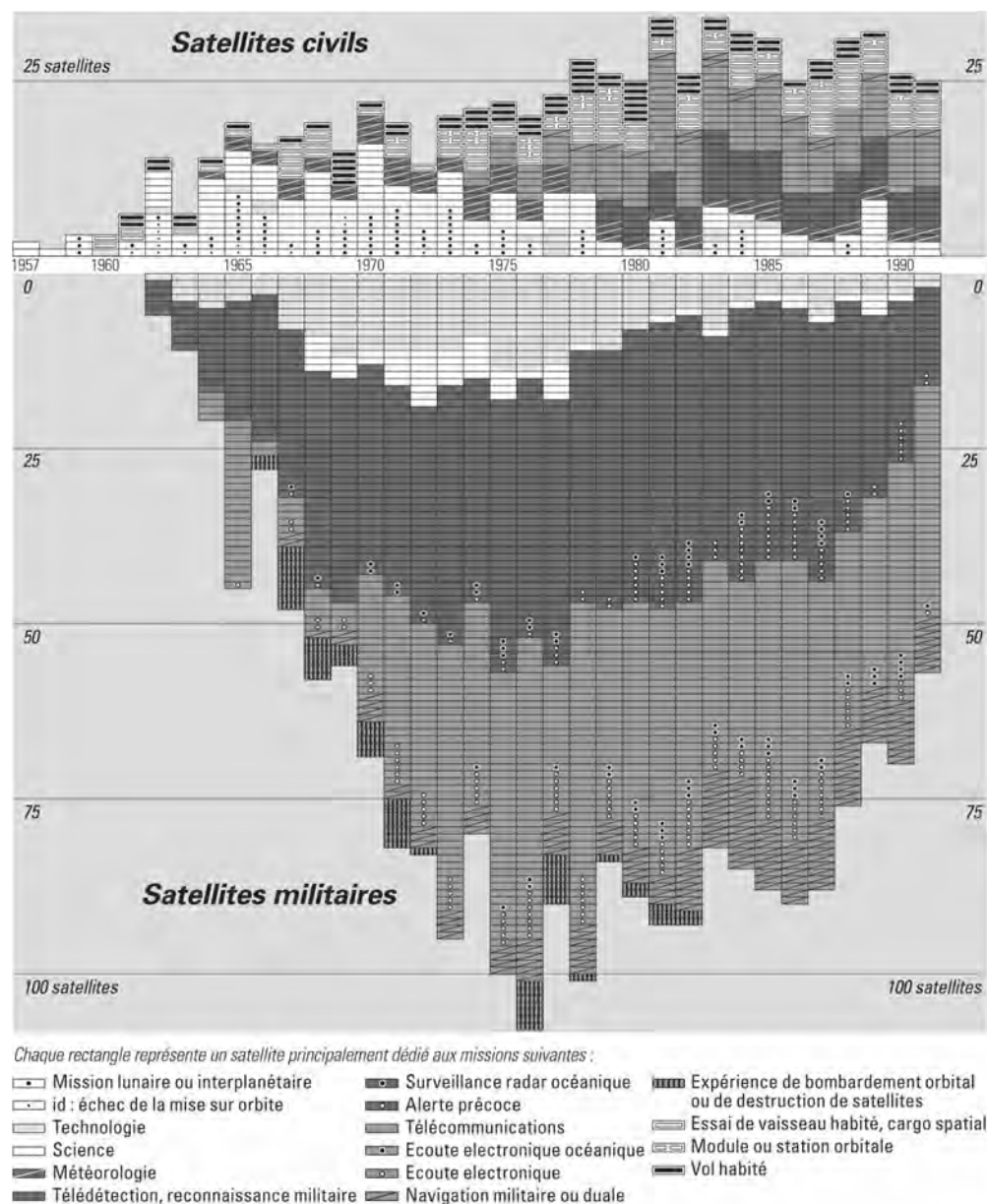


Figure 4 : Satellites lancés par l'ex-URSS.

succès. On peut imaginer que la Chine trouverait là matière à valoriser ses propres éléments de programme et pourrait inscrire plus facilement son programme dans la durée. De son côté, la Russie pourrait valoriser l'avance acquise tant en termes de réalisations qu'en termes de projets sur le papier. L'Inde semble pouvoir être elle aussi un partenaire potentiel, mais, pour la Russie, l'idéal serait qu'il y ait également une participation américaine et européenne. En l'état actuel de la situation, cela semble prématuré, mais l'option mérite toutefois une certaine attention dès lors que la finalité de la station serait l'assemblage en orbite pour des missions d'exploration (un concept à la mode dans les années 1960, mais qui avait été écarté depuis).

CONCLUSION

Les relations de la Russie à l'espace connaissent actuellement de profondes transformations. L'objectif de la remise à niveau des standards internationaux est clairement affiché. Néanmoins, bien des pesanteurs demeurent, qui montrent les limites de l'action gouvernementale dans ce secteur, faute de choix politiques clairs sur le modèle à promouvoir. Le degré d'activisme du Président Poutine, au lendemain de sa réélection, sera un bon indice du degré d'urgence que la reconstruction d'un nouvel outil spatial peut revêtir aux yeux du pouvoir, en Russie.



La Chine et l'espace

Dans le domaine de l'actualité spatiale (notamment avec le lancement en 2011 du module de base de sa future station spatiale), la Chine s'est trouvée placée en tête d'affiche et systématiquement comparée aux Etats-Unis. D'où la mise en scène de deux pôles uniques d'ambition spatiale qui sous-entend, au-delà du balancement actuel construit entre les ambitions de chacun, l'idée d'un éventuel renversement des rôles, la Chine devenant le lieu moteur de la conquête spatiale et les Etats-Unis déclinant lentement, faute d'une volonté politique aussi déterminée.

Mais, si l'on raisonne en termes de capacités techniques, cette vision, qui sous-tend de nombreuses analyses, montre ses limites et son caractère très artificiel.

La Chine a certainement des aspirations réelles en matière spatiale et des plans de long terme. L'idée d'apparaître comme le principal compétiteur de la première puissance spatiale mondiale n'est certainement pas non plus pour lui déplaire. Toutefois, ses objectifs fondamentaux, si on les étudie en tant que tels, dans leur contexte propre, sont d'un autre ordre et renvoient en priorité aux défis pratiques que la Chine se doit de relever afin de construire la « société modérément prospère » qu'elle ambitionne de devenir d'ici à 2020.

Par Isabelle SOURBÈS-VERGER*

INTRODUCTION

La Chine est sans aucun doute parmi les puissances spatiales celle qui capte aujourd'hui le plus l'attention. La reprise en 2011 de son programme spatial habité, avec le lancement de Tiangong-1, le premier module de la future station chinoise, puis l'amarrage automatique, du véhicule inhabité Shenzhou-8, ont contribué à assurer une large couverture médiatique nationale et

internationale des capacités spatiales chinoises. En dépit d'un léger glissement dans le temps (puisque ces étapes, annoncées en 2006, étaient initialement prévues pour 2010), le programme chinois de vols habités se poursuit à un rythme régulier, avec le lancement cette année (2012) du vaisseau Shenzhou-9, puis celui de Shenzhou-10, qui devraient être habités. L'objectif est une mise en service effective de la station spatiale chinoise pour 2015. Si, en soi, il n'y a rien de nouveau

* Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

dans le programme (même pas le vol annoncé d'une femme), l'enjeu est une maîtrise croissante des technologies rendant possible un séjour de longue durée dans l'espace.

C'est principalement sur ces réalisations et sur des ambitions en matière d'exploration qui restent encore assez vagues, que l'image d'un spatial chinois conquérant est construite. Son histoire montre pourtant la permanence d'un intérêt prioritaire pour les applications et l'intégration des capacités spatiales comme outils du développement de l'économie nationale. De ce point de vue, les réalisations chinoises, qui si elles s'améliorent de façon significative depuis le milieu des années 2000, restent cependant en-deçà des performances des systèmes occidentaux. La présentation des capacités du spatial chinois et de ses ambitions jusqu'en 2017, telles qu'elles sont affichées dans le dernier Livre Blanc paru en décembre 2011, montrent que la volonté de coopération est aujourd'hui centrale dans la politique chinoise. Cette attitude nouvelle amène à s'interroger sur la signification que cette intégration croissante du secteur spatial chinois peut avoir sur la scène internationale.

LA CONSTRUCTION DE LA PUISSANCE SPATIALE CHINOISE : PRIORITÉS ET ORGANISATION

La Chine a une histoire spatiale très particulière, du fait de son isolement complet sur la scène internationale (1) jusqu'au milieu des années 1980, puis d'une politique occidentale très restrictive en matière de transferts de technologie. La construction des compétences spatiales chinoises s'est donc effectuée lentement en s'inscrivant dans les mots d'ordre des différents dirigeants, tout en restant guidée par un objectif commun, décliné différemment : celui de servir le développement croissant de la puissance nationale (2).

Les priorités de la Chine en matière spatiale

La valeur symbolique de la présence de la Chine dans l'espace, comme témoignage de la reconquête par le pays de sa grandeur passée, avait été très tôt perçue par le Président Mao. Dès 1956, soit un an avant le lancement de Spoutnik par l'Union soviétique, il fixait comme objectif national la réalisation d'un satellite artificiel afin de développer des compétences techniques et de démontrer sur la scène internationale la pertinence des choix opérés par le régime socialiste. Dans le contexte de la Guerre froide, la réalisation de missiles était une priorité stratégique de la Chine, mais le programme de lanceurs figurait aussi en tant que tel. En 1961, isolée, après avoir rompu avec l'Union soviétique, la Chine ne pouvait plus compter que sur ses propres forces, qui étaient à l'époque tout à fait insuffisantes pour atteindre son but, si bien que le program-

me de satellites annoncé neuf ans plus tôt sera suspendu en 1965. La maîtrise des moyens spatiaux était cependant présentée comme une condition nécessaire au développement du pays, y compris pendant la révolution culturelle (3). C'est d'ailleurs pour protéger les moyens de production du satellite et du lanceur et les « intellectuels » en charge de la première satellisation (effectuée en 1970), que le secteur spatial chinois sera placé sous tutelle de l'Armée populaire de libération (APL).

Les applications de l'espace (observation de la Terre et télécommunications) figurent dès l'origine au premier plan des objectifs nationaux chinois et l'arrivée au pouvoir de Deng Xiaoping ne fait que renforcer cette orientation. Un accent particulier est alors mis sur le fait que les activités spatiales ont pour mission principale de contribuer au redressement économique du pays, au point qu'elles figurent en deuxième position dans le Programme 863 (4), qui fixe les orientations de la recherche. En parallèle, s'exprime une volonté d'ouverture qui se traduit, dès 1985, par des propositions très précoces de commercialisation de lanceurs chinois sur le marché international. Ces propositions, qui ont suscité la surprise de la communauté internationale, sont liées à la réforme de l'APL, qui doit désormais trouver ses propres sources de financement en valorisant ses compétences. Cette préoccupation de limiter les dépenses étatiques est d'ailleurs une constante, de même que le souci des retombées concrètes de la politique spatiale, durant toute la période 1978-1993.

L'annonce, en 1992, d'un programme spatial habité, déjà évoqué mais jamais décidé jusqu'alors, ne marque pas une réelle rupture de la part du nouveau Secrétaire général du Parti Communiste Chinois (PCC), Jiang Zemin. C'est plutôt l'opportunité de profiter des compétences des entreprises soviétiques, contraintes de leur côté de vendre leurs technologies pour survivre (5), qui décide un pouvoir politique chinois pragmatique à élargir la gamme des activités spatiales nationales. L'élément de prestige et la volonté de rattraper les premières puissances spatiales mondiales est manifeste, mais sans que soit conférée, pour autant, une véritable priorité au programme. Ce ne sera qu'en 2003 que la Chine réalisera son premier vol habité, c'est-à-dire cinq ans après son premier essai de lancement d'un module

(1) C'est en 1960 que les ingénieurs soviétiques exerçant en Chine sont rappelés en URSS (avec toute leur documentation).

(2) Voir : Balme (S.) & Sourbès-Verger (I.), « Politique spatiale et construction de l'Etat en Chine », *L'espace en jeu*, dir. I. Sourbès-Verger, *L'espace, enjeux politiques*, *Hermès* n°34, 2002.

(3) Les ambitions de la bande des Quatre étaient même immenses, puisqu'il était prévu la fabrication de huit lanceurs et de quatorze satellites, durant la période 1971-1976.

(4) Le numéro du programme « 863 » : le 86 correspond à l'année (1986) et le 3 au mois de mars. Son titre, en anglais, est *National High Technology Research and Development*.

(5) Voir l'article sur « La Russie et l'espace », dans ce même numéro de *Réalités Industrielles*.

récupérable. La décennie 1990 se caractérise par une diversification des activités spatiales chinoises et un nombre croissant deancements, y compris de satellites étrangers, avec la création d'une agence spatiale nationale ayant parmi ses missions principales, celle de faciliter les relations avec des partenaires étrangers. La Chine, qui cherche à développer l'innovation nationale, insiste sur son intérêt pour la coopération. Le durcissement de la position américaine sur les risques de transfert de technologies (6) la conduit à renforcer sa lisibilité. Le Livre Blanc, publié en 2000 à cet effet, précise bien, dans son introduction, qu'il s'agit d'un texte d'information sur les activités spatiales chinoises. Ce premier document officiel ouvert (7) présente trois grands domaines : la technologie, les applications et la science spatiales. Il souligne la cohérence de l'ensemble et affirme comme politique spatiale la nécessaire interdépendance entre le développement technologique, la construction économique et les avancées sociales pour assurer le succès de la stratégie de modernisation du pays grâce à la science, à la recherche et à l'enseignement.

L'arrivée de Hu Jintao au pouvoir en novembre 2002 va de pair avec un renforcement des préoccupations gestionnaires des bureaucrates qui composent la nouvelle génération des dirigeants chinois. Or, la maturité croissante du secteur spatial chinois (en termes de taille comme de compétences) suppose une logique programmatique continue et le développement de systèmes de plus en plus diversifiés devant satisfaire aussi bien les besoins civils que militaires. Alors que la tendance est à une diminution de l'engagement financier étatique pour encourager l'implication directe des entreprises, les technologies spatiales sont préservées car effectivement reconnues comme relevant de l'infrastructure globale servant à la construction d'une société « harmonieuse » et à une « montée en puissance pacifique », selon les mots d'ordre de l'époque. En parallèle, les succès des vols habités, relayés peut-être davantage par les médias étrangers que par les médias chinois eux-mêmes, contribuent à renforcer la reconnaissance internationale du pays et la fierté nationale des Chinois. Ils visent aussi à renforcer le prestige interne d'une APL de plus en plus mise à l'écart de la vie politique et tenue d'afficher une professionnalisation croissante s'appuyant sur une nouvelle modernité technologique tout en devant dans le même temps diminuer l'exploitation commerciale de ses capacités industrielles.

La transition politique actuellement en cours en Chine et l'arrivée attendue de Xi Jinping au pouvoir en novembre 2012 ne devraient pas avoir d'incidence particulière sur le programme spatial chinois. Le dernier Livre Blanc de 2011 ne marque aucune rupture dans la programmation affichée pour les cinq ans à venir. Le spatial chinois est désormais considéré comme stratégique à des titres divers, même s'il est encore en phase de rattrapage technologique. Cependant, même si l'existence d'une forte demande intérieure va suffire à justifier des investissements futurs et le développement

d'entreprises d'Etat qui vont poursuivre leur restructuration, de nouvelles questions vont se poser, en particulier en ce qui concerne la volonté de commercialisation, déjà sensible, et les relations que la Chine pourra nouer avec des partenaires potentiels plus ou moins favorables à son intégration dans les échanges internationaux.

L'organisation actuelle du secteur spatial chinois

On peut distinguer deux grandes étapes dans l'organisation institutionnelle récente du secteur spatial chinois (8) : la première commence en 1998 et la seconde, en 2008. Toutes les deux concernent principalement l'équilibre des relations entre civils et militaires, qui est une question clef pour des entreprises historiquement intégrées dans le complexe militaro-industriello-commercial chinois.

Les années 1990 correspondent à la construction de compétences techniques de plus en plus diversifiées, tandis que les grandes réformes voulues par Jiang Zemin (conversion d'entreprises d'Etat en sociétés par actions, refontes du système financier et du marché des capitaux, réformes du secteur bancaire et du système commercial) touchent le secteur spatial à des degrés divers. Dans la mesure où les activités spatiales des pays sont très étroitement dépendantes de leur structure étatique, en Chine comme ailleurs, les principaux effets de la mise en place de cette politique économiste volontariste se traduisent par l'émergence des entreprises en tant qu'acteurs et par une autonomisation croissante d'un volet d'activités spatiales civiles par rapport à des activités spatiales exclusivement militaires, à l'origine.

Dans la pratique, c'est toujours la Commission de la Science, de la Technologie et de l'Industrie pour la Défense Nationale (COSTIND, *Commission on Science, Technology and Industry for National Defense*) qui assure en Chine la tutelle du secteur spatial. Toutefois, si le nom demeure, les missions de la nouvelle COSTIND, telle qu'elle est redéfinie dans le cadre de la grande réforme administrative de 1998, sont différentes. Désormais, il s'agit en effet d'assurer un contrôle direct des entreprises de défense et de donner un nouveau poids aux approches civiles dans la gestion de ce pan important de l'industrie nationale. Conformément à la décision politique prise au cours du IX^{ème} Congrès du PCC, le but est de recentrer les compétences de l'Armée Populaire de Libération sur des missions de sécurité et de mettre fin à une activité

(6) En particulier, le rapport Cox accuse les industriels américains d'avoir porté atteinte à la sécurité nationale en transférant des informations sensibles, à l'occasion des lancements effectués par la fusée Longue Marche.

(7) <http://www.china.org.cn/e-white/8/index.htm>

(8) Voir Sourbès-Vergier (I.) & Borel (D.), *Un empire très céleste, la Chine à la conquête de l'espace*, Dunod, 2008.

commerciale devenue de plus en plus élargie, génératrice de corruption et, plus largement, de confusion des genres entre les priorités militaires et les priorités commerciales.

L'Agence spatiale chinoise, la CNSA (*China National Space Administration*), est placée sous l'autorité de la COSTIND et son rôle international est réaffirmé (9). Son importance en interne est pourtant bien moindre que celle de ses homologues étrangers, celle de la NASA, en particulier. La CNSA reste conçue comme une porte d'entrée dans le système chinois donnant à voir aux partenaires étrangers une structure compréhensible, par effet de miroir. Redistribuant les ressources et centralisant les coopérations, elle n'est pas un organe de décision, et son rôle est limité par ceux que jouent non seulement l'Académie des Sciences et du ministère pour la Science et la Technologie, pour le volet recherche, mais aussi le nouveau département général de l'Armement (DGA), qui prend la responsabilité du volet militaire dans la gestion des bases et des lancements, ainsi que des programmes spatiaux spécifiques de l'APL. Enfin, les deux très grandes entreprises CASC (*China Aerospace Science and Technology Corporation*) et CASIC (*China Aerospace Science and Industry Corporation*) retrouvent une relative marge de manœuvre, ce qui va dans le sens de l'autonomisation croissante de ces deux entreprises.

En 2008, l'édifice institutionnel est à nouveau profondément restructuré en Chine : cela se traduit par une réorganisation de la tutelle spatiale et une redéfinition du processus de décision (10).

Dix ans après sa création, la COSTIND disparaît, discrètement, au profit de la SASTIND (*State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense*), de rang bien inférieur. Deux volets se distinguent dès lors. Le DGA voit son rôle confirmé et amplifié pour la gestion des programmes militaires, tandis que le ministère de l'Industrie et des Technologies de l'Information (MIIT) reprend la main sur les programmes civils. Une certaine ambiguïté demeure toutefois, dans la mesure où le MIIT comporte aussi une forte composante de sécurité civile, ce qui, pour des Occidentaux, représente une donnée assez difficile à intégrer. Enfin, dans la mesure où les entreprises spatiales chinoises, propriétés d'Etat, sont parties prenantes de la base industrielle et technologique de la défense, c'est la Commission de Contrôle et de Gestion des biens publics, la SASAC (*State-owned Assets Supervision and Administration Commission*), qui est chargée de la gestion des entreprises d'Etat, qui en assure l'administration, tandis que ces dernières sont les maîtres d'ouvrage du DGA lorsqu'il est maître d'œuvre (11).

Dans ce nouveau contexte, l'Agence passe à un niveau subalterne qui correspond à une mission essentiellement administrative d'appels à projets, de redistribution des crédits et de surveillance et suivi de leur utilisation. Bien qu'elle soit officiellement toujours active à

l'échelon international, le caractère très parcellaire de la mise à jour de son site Internet (12) témoigne de son incontestable effacement.

On assiste donc au développement de deux filières désormais clairement identifiées, avec le DGA (du côté militaire) et le MIIT, le MOST et l'Académie des Sciences (du côté civil). La situation semble être encore appelée à évoluer, dès lors que les entreprises (hormis la tutelle générique de la SASAC) disposent d'un véritable espace de liberté vis-à-vis de leurs clients. Certes, le principe du *Yujun Jumin* (consistant à placer le militaire au sein du civil) montre le souci de favoriser les échanges et la dualité. Mais il reste à savoir à qui sera donnée la priorité : c'est là une question délicate, en raison de l'ouverture croissante de la Chine à l'international.

Enfin, si la crise mondiale n'a pas encore véritablement marqué le secteur spatial chinois, le souci d'une redistribution efficace des richesses qui préside aux luttes internes, et dont le dernier Congrès national du Peuple (clos le 11 mars 2012) a donné un aperçu, va conduire à ce que des choix soient effectués afin d'éviter les redondances.

LES CAPACITÉS SPATIALES DE LA CHINE EN 2012 - FORCES ET FAIBLESSES

La Chine a un statut de puissance en devenir tant de par ses capacités économiques et financières que de par ses ambitions et son nationalisme et, à ce titre, elle inquiète le reste du monde. C'est d'ailleurs sur ce registre que sont interprétés les programmes spatiaux chinois non seulement d'exploration et de vols habités, mais aussi d'applications (comme son système de navigation). En même temps, c'est encore un pays en développement dont l'indice de développement humain, considéré comme moyen, contraste avec un produit national brut qui le place désormais au 2^{ème} rang des économies mondiales. Dans cette équation complexe, les technologies spatiales chinoises, qui n'ont pas encore atteint le niveau de développement occidental, ont un rôle majeur à jouer, tant dans la pratique de l'aide au développement que dans l'affirmation de puissance (voir la figure 1 ci-après).

(9) Créée en 1993, la CNSA est un bureau chargé des affaires programmatiques et des relations extérieures, mais c'est la CAC (*Chinese Aerospace Corporation*) qui reste responsable du développement industriel.

(10) Le 17 mars 1998, est annoncée la création de 5 « super ministères » et la disparition de la COSTIND.

(11) Puig (E.), « Les évolutions contemporaines des industries de défense chinoises : tendances et perspectives », *Monde chinois* n°18, été 2009.

(12) <http://www.cnsa.gov.cn/n615709/index.html>

Capacités spatiales dans le monde en 2011

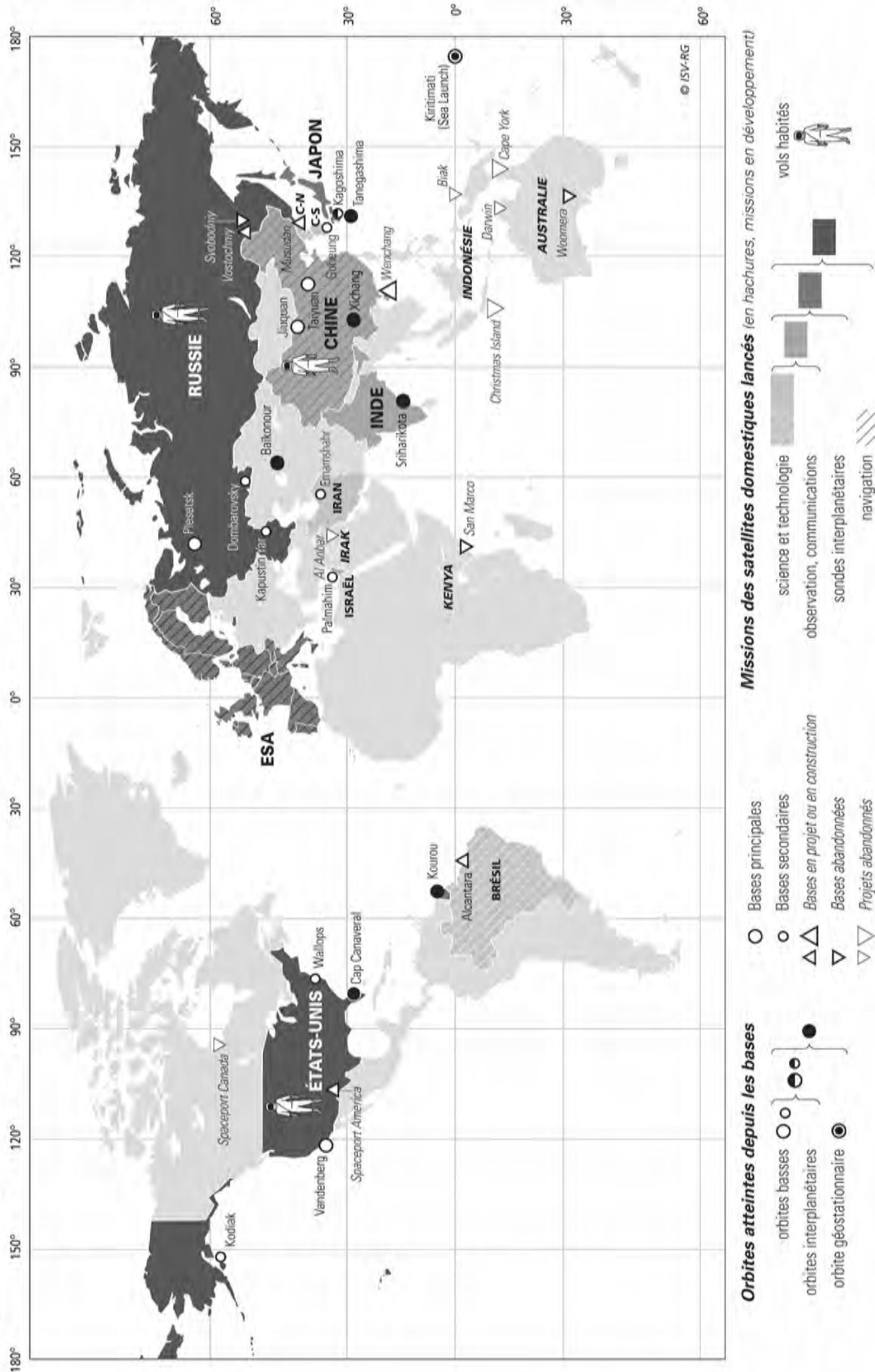


Figure 1.

Les investissements, les satellites, les bases

L'image, largement répandue, d'une Chine spatiale conquérante est renforcée par le manque de transparence en matière d'informations classiques, comme celles concernant le budget de l'Etat et la structure des entreprises. C'est par l'analyse des capacités matérielles, satellites et bases, que l'on peut avoir un éclairage complémentaire sur les activités spatiales de la Chine.

L'absence de données budgétaires officielles conduit certains à considérer que cela tient au montant impressionnant (et par conséquent, invouable) des crédits alloués à l'activité spatiale en Chine. Mais cet argument ne tient pas dans la mesure où le montant du budget militaire est bel et bien communiqué par la Chine, quelle que soit, par ailleurs, la véracité du chiffre annoncé : autour de 70 milliards de dollars, en 2011. En réalité, on peut aussi penser qu'il n'existe pas à proprement parler de budget annuel sur le modèle des économies occidentales, mais des financements par programmes, qui s'étalent sur toute la durée de réalisation de ceux-ci et comportent aussi bien des dotations en nature qu'en argent. On en est donc réduit aux évaluations et aux recoupements en fonction des technologies mises en œuvre et des prix proposés à la commercialisation, en essayant - autant que faire se peut - de prendre en compte les parités entre les pouvoirs d'achat. Même si la fourchette est large, en fonction des experts, le montant maximum est de 3,5 à 4 milliards de dollars. Proche du budget russe mais supérieur au budget indien, le budget chinois est de 10 à 8 fois inférieur au budget spatial américain, et équivaut à peu près à la moitié du budget européen considéré dans son ensemble.

Assez opaque lui aussi, le secteur spatial chinois est historiquement organisé autour de deux très grands *consortiums* d'Etat, qui assurent la fourniture des commandes tant civiles que militaires. Si la CASC est en charge de la fabrication des lanceurs et de l'organisation des vols habités, la CASIC est plus spécialisée sur les microsatellites et sur les systèmes à finalité potentiellement militaire. La structure, la localisation et même le nombre d'employés des différentes entreprises regroupées dans ces entités sont encore mal connus. Si les visites (sur invitation) d'experts étrangers témoignent d'un niveau élevé de l'équipement, elles restent limitées à certains sites.

L'analyse des activités spatiales chinoises permet de donner une image complémentaire. Utilisant trois bases spatiales historiques, les différents modèles des lanceurs Longue Marche ont assuré, à fin 2011, près de cent cinquante lancements (sur orbite basse et sur orbite géostationnaire). La Chine a mis sur orbite principalement des satellites nationaux, mais elle agit aussi pour le compte de clients étrangers (historiquement, successivement nord-américains, européens, puis africains et latino-américains) (voir les figures 2 et 3).

La Chine dispose d'une gamme de lanceurs modulables (sur le principe du système russe), lui assurant ainsi la maîtrise de tous les types de lancements, en orbite basse comme en orbite géostationnaire, et lui permettant d'effectuer tous les types de missions spatiales, y compris habitées (13). Le développement (en cours) de nouveaux lanceurs Longue Marche devrait lui permettre non seulement d'accroître ses capacités de lancement en orbite géostationnaire, dans un premier temps, mais aussi de pouvoir assurer les besoins futurs de nouvelles missions d'exploration habitée, ou plus lointaines que la Lune. Il reste que la réalisation des différentes versions annoncées fait visiblement face à des difficultés plus importantes que celles que leurs initiateurs avaient prévues à l'origine. Annoncé pour 2008, en même temps que les Jeux Olympiques de Pékin, le premier tir du lanceur Longue Marche 5 est désormais attendu pour 2014.

Le nombre élevé des lancements annuels (de six à vingt, depuis dix ans) est rendu possible par l'existence de trois sites historiques (voir la figure 2). La construction d'une nouvelle base sur la péninsule de Hainan, qui devrait être disponible en 2013-2014 pour accueillir le nouveau lanceur Longue Marche 5, répond à un souci de rationalisation interne comportant un regroupement des activités de construction du nouveau lanceur dans la zone de Tianjing, à proximité d'un pas de tir accessible par la mer, ce qui est une condition indispensable pour le transport des nouveaux *boosters* (qui ne pourraient pas être déplacés sans de coûteux aménagements avec les moyens ferroviaires habituels). A terme, cette nouvelle approche se traduira par une moindre utilisation (voire par la fermeture) de la base de Xichang, qui est située, pour des raisons stratégiques, dans la profondeur du territoire chinois, mais qui est d'un accès difficile et qui pose de nombreux problèmes de sécurité, du fait de la proximité de nombreuses zones habitées. L'approche actuelle se situe donc à l'opposé de celle du Troisième Front (positionnement des installations stratégiques à l'intérieur des terres) qui avait présidé au choix de l'emplacement des premiers sites de lancement, dans les années 1960. Aujourd'hui, la Chine est intéressée par une coopération tous azimuts, l'objectif étant de multiplier les sources de transferts. En même temps, cette démarche n'est pas sans poser des problèmes d'intégration et de cohérence, d'où un inévitable retard (aujourd'hui devenu tangible) dans la réappropriation nationale des technologies qui peuvent ainsi être acquises.

L'année 2010 avait été marquée par une activité exceptionnelle et très diversifiée, avec quinze tirs de lanceurs, pour un total de dix-neuf satellites, dont deux microsats. On constate en effet la multiplication des lancements de satellites de navigation Beidou (quatre, en 2010), qui viennent s'ajouter à ceux de la sonde lunaire Chang'e 2 et de plusieurs satellites de ressources ter-

(13) *L'espace, nouveau territoire, atlas des satellites et des politiques spatiales*, dir. Verger (E.), Belin, 2002.

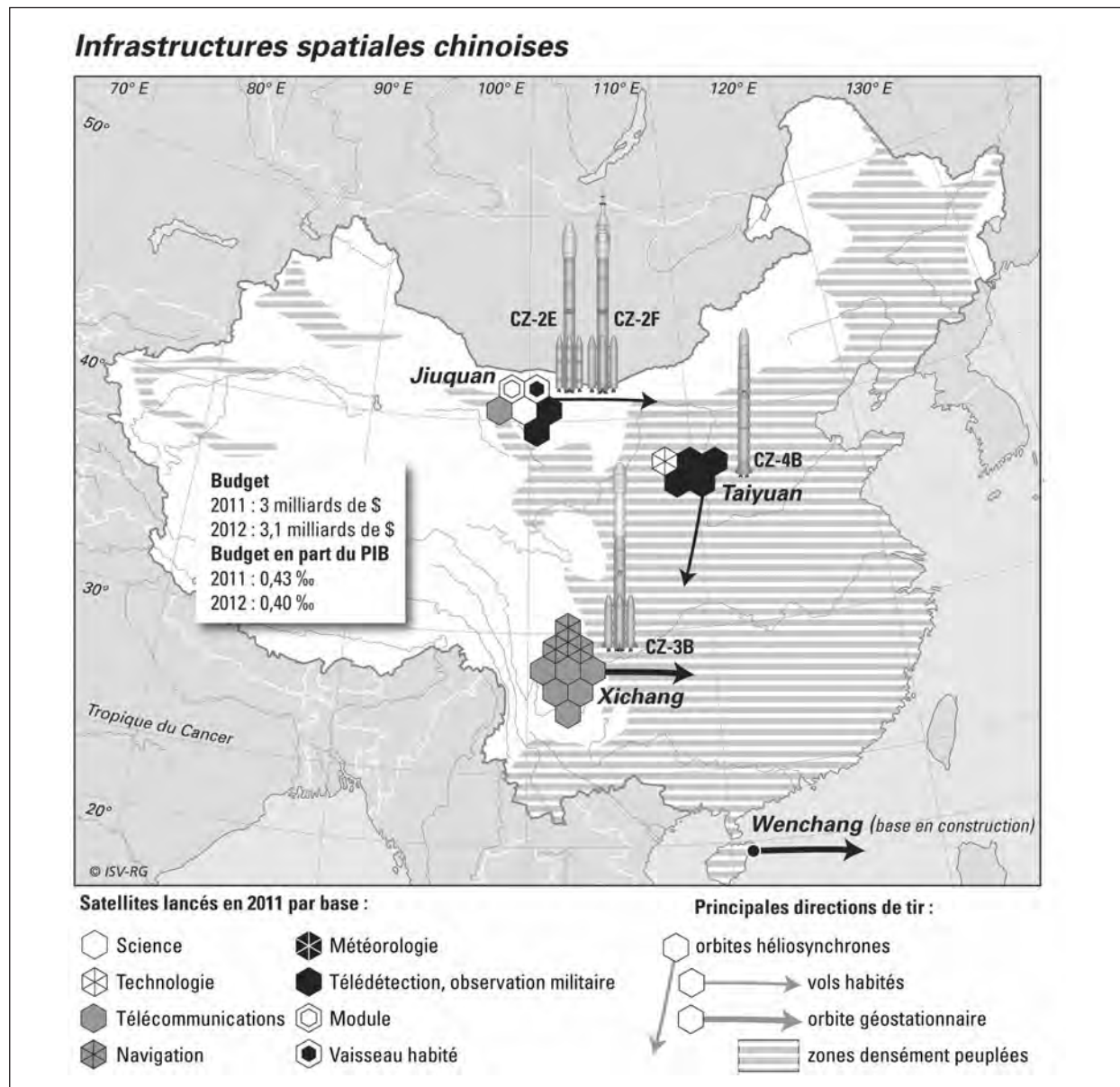


Figure 2.

restres (incluant des capsules récupérables), ainsi que de satellites de télécommunications. L'année 2011 confirme la montée en puissance des capacités chinoises, même si, du fait du lancement de trois satellites étrangers, le nombre de satellites chinois est en baisse relative. En dépit d'un échec dans la mise sur orbite d'un satellite scientifique, la Chine a élargi la panoplie de ses missions avec le lancement de Tiangong 1, qui lui permet d'afficher ses compétences parallèlement aux réalisations de la station spatiale internationale (dont elle n'est pas partenaire). Cette maturité d'un spatial autonome est aussi avérée par la mise à poste de trois nouveaux satellites Beidou (Compass) qui ont permis d'achever la couverture régionale en matière de navigation. Enfin, les lancements habituels en matière de télécommunications et d'observation se sont poursuivis à un rythme régulier. Pour autant, l'annonce faite par certains de l'envoi d'un orbiteur martien Yinghuo 1

correspondait, en fait, à un lancement effectué par un tiers, l'agence russe Roskosmos, dans le cadre de la mission Phobos-Grunt, qui n'a toutefois pas réussi à rejoindre l'orbite visée.

L'entrée dans la commercialisation est aussi notable, même si certains pays clients (le Niger, le Venezuela, le Pakistan, le Laos et la Bolivie) n'ont pas véritablement fait d'appel d'offre sur le marché international, et même si le service de lancement s'est inscrit dans un accord beaucoup plus large et à forte connotation politique. Les compétences spatiales de la Chine couvrent une gamme complète de missions démontrant des degrés de complexité divers. Néanmoins, l'achat de satellites fabriqués et lancés à l'étranger révèle le souci de la Chine de se doter de systèmes plus performants que ceux produits par l'industrie nationale. Même si les choses s'améliorent depuis le milieu des années 2000, les performances des systèmes de télécommunications

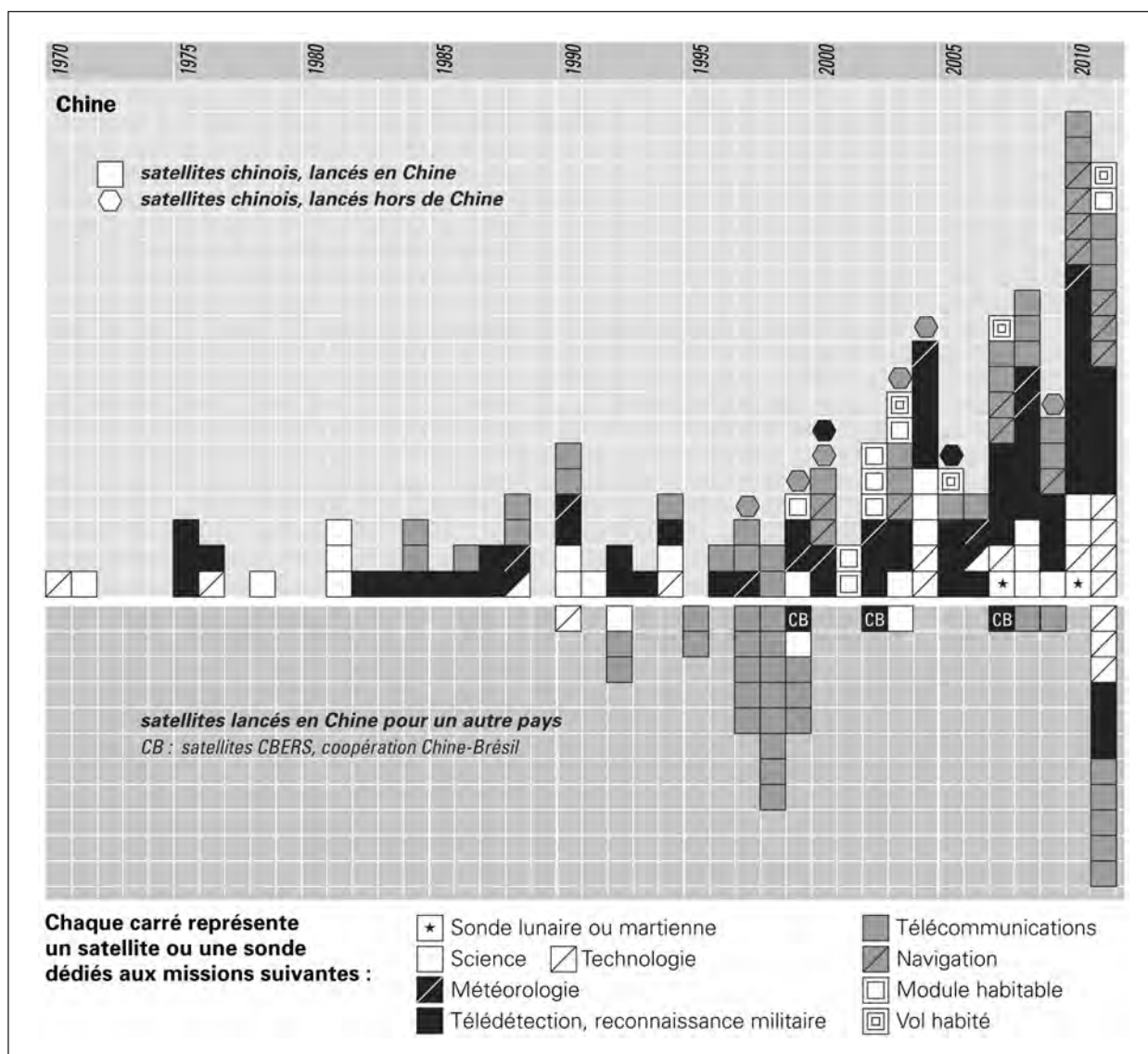


Figure 3.

et de télédétection chinois restent inférieures à celles des satellites occidentaux, et même à celles des satellites indiens, d'où le vif intérêt du secteur spatial chinois pour des coopérations diversifiées, et son relatif effort d'ouverture.

Les ambitions de la Chine spatiale pour la période 2012-2016

Le nouveau Livre Blanc sur l'espace pour la période 2012-2016, paru le 30 décembre 2011, insiste sur la continuité du développement tant des programmes d'applications que des programmes de recherche scientifique et d'exploration spatiale. La Chine affirme ainsi sa volonté de renforcer sa base industrielle, d'accélérer la recherche concernant les technologies critiques et de poursuivre le développement d'une nouvelle génération de lanceurs Longue Marche 5, 6 et 7, de satellites (d'observation, de communication, de navigation) et

des projets en matière de sciences et de technologies, de vols habités, ainsi que l'exploration, circonscrite à la Lune. Le développement des applications et l'amélioration du segment sol sont aussi au programme.

La présentation des missions, dans la partie prospective du rapport, a conduit à de nombreux commentaires à propos d'une accélération du programme lunaire chinois et de l'envoi d'hommes sur la Lune. En fait, l'ordre des développements tel que nous l'avons repris montre une hiérarchie différente des priorités et la part consacrée à ce dernier volet reste très réduite, à la différence des projets en matière d'observation, qui sont, quant à eux, très ambitieux.

Il s'agit, tout d'abord, d'améliorer les capacités existantes en météorologie, en océanographie et en recherche de ressources naturelles, ainsi que celles de la constellation de petits satellites destinée à la surveillance de l'environnement et à la prévention des risques. Dans cette perspective, est envisagée une nouvelle génération de satellites de météorologie géostationnaires, de satellites de télédétection (avec une capacité stéréo),



mais aussi de capacités radar et électromagnétiques pour l'observation. L'objectif d'une percée technologique dans le domaine du radar (SAR) et des mesures gravitationnelles est aussi mentionné. Le projet poursuivi est celui d'une « surveillance de la Terre à haute résolution, par tout temps, 24 heures sur 24, multi-spectrale et à différentes résolutions ». Il ne manque plus que le temps réel, pour que la Chine s'affiche comme l'égale des États-Unis en termes de capacités... Cela étant, il faut aussi éviter de diaboliser des visées militaires potentielles de la Chine, et le tir du satellite Zi Yuan 1-02-C à haute résolution hérité du programme CBERS (mais développé dans une version exclusivement chinoise) renvoie à des synergies militaro-civiles que d'autres pays pratiquent également. Enfin, il convient de noter que le document affirme un souci réel de promouvoir le partage des données spatiales et la mise en place de sources multiples de financement, ce qui revient à impliquer plusieurs entités gouvernementales civiles, qui seront *de facto* autant de nouveaux utilisateurs.

Les communications (incluant la rediffusion) viennent au second rang. Le programme est moins détaillé puisqu'il s'agit de développer l'ensemble des capacités en la matière, y compris pour les satellites relais, et même pour des services de télécommunication mobile. La navigation et le positionnement figurent ensuite dans le Livre Blanc. Il apparaît que le programme de navigation Beidou suit son cours, ce qui est tout à fait essentiel pour l'acquisition par la Chine de son autonomie stratégique, même si cet objectif est moins porteur, du point de vue médiatique. La Chine ne fait pas mystère du fait que son annonce de desserte régionale indépendante n'est qu'une étape avant que la mise en place d'un système complet, comprenant cinq satellites géostationnaires et trente satellites à défilement, ne soit achevée autour de 2020. L'avance chinoise par rapport aux réalisations européennes de Galileo parfois annoncée dans la presse relève donc à nouveau d'une confusion. Les satellites scientifiques et technologiques n'affichent pas de rupture. Il est toujours question du télescope spatial, d'un nouveau satellite technologique et de satellites récupérables. Une nouvelle piste serait ouverte, dans le domaine des sciences quantiques, avec des satellites et une sonde spécifiques.

À l'issue de la description de ces priorités, il convient d'insister sur la réalité des ambitions chinoises, mais sans se tromper dans leur hiérarchisation. Il faut rappeler que même s'ils n'ont pas suscité d'intérêt particulier de la part des médias, tous ces programmes sont affichés avant les vols habités et l'exploration. Par ailleurs, ils sont en complète harmonie avec l'importance accordée aux systèmes spatiaux d'application dans la mise en valeur et dans le développement de l'économie nationale, une importance réaffirmée à plusieurs reprises dans le Livre Blanc.

En ce qui concerne la Lune, il faut plutôt noter l'association systématique entre les développements dans le domaine du vol habité (laboratoire et station) et l'ex-

ploration lunaire, avec la mention d'« études pour un programme préliminaire d'alunissage humain ». Tout se passe comme si l'envoi d'hommes sur la Lune servait, en quelque sorte, de justification ultime au programme actuel de station spatiale chinoise.

La rubrique Exploration « lointaine » (qui ne fait pas mention de la présence humaine) est peu développée ; elle traite tout particulièrement de la Lune, avec, toujours, les mêmes étapes - *orbiting, landing and returning* -, sachant que le troisième terme concerne des échantillons. La mission Chang'e 3 (prévue pour 2013, avec l'alunissage d'un robot) est donc réaffirmée sans surprise, du moins dans son principe. Après le retour d'échantillons lunaires qui avait été évoqué pour 2017, toutes les possibilités restent ouvertes. Rien n'est précisé en ce qui concerne une mission martienne. Selon différentes annonces, la première sonde chinoise envoyée vers Mars serait (normalement) attendue pour 2013, mais il n'y a aucune confirmation, seule est faite l'annonce d'un projet particulier de démonstration consacré à l'exploration dans l'espace lointain et un effort pour l'exploration des planètes, des astéroïdes et, globalement, du système solaire.

Finalement, il faut sans doute insister sur l'accent mis dans ce document sur les applications. On peut aussi y relever l'importance accordée à la dimension économique et commerciale de l'industrie spatiale, ainsi que les ambitions chinoises en la matière.

CONCLUSION

Sa capacité en matière spatiale reste pour un pays un marqueur de modernité, de maîtrise de hautes technologies et d'intégration au sein d'un club encore très fermé. De ce point de vue, les vols habités donnent à la Chine l'occasion d'apparaître comme la 3^{ème} puissance spatiale, dès lors que seuls la Russie et les États-Unis (dans une moindre mesure néanmoins, depuis l'arrêt des vols de la navette spatiale) sont capables de faire vivre des hommes dans l'espace. Le décalage dans le temps (puisque les technologies chinoises évoquent davantage les programmes des années 1970-1980 que les réalisations de la station spatiale internationale) et les retards de la Chine dans les domaines, tout aussi essentiels, des applications finissent par être oubliés au profit d'une célébration plus ou moins dépourvue d'arrière-pensées d'une Chine qui ferait figure de seul pays à avoir véritablement une vision spatiale.

La maturité croissante des activités spatiales chinoises représente cependant un réel défi pour la communauté internationale, mais sous un angle différent. Le désir chinois d'intégration et de mise en place de processus apaisés de transferts de technologies (sur le modèle de ce qu'il se passe avec l'Inde) est manifeste. La réticence américaine à y accéder trouve ses racines dans des approches politiques très marquées par l'opposition des Républicains aux Présidents démocrates. Le récent rap-

pel à l'ordre du Congrès concernant l'attitude, jugée trop ouverte, du conseiller pour la science du Président Obama à l'égard de la coopération spatiale avec la Chine (14), illustre la vivacité des tensions soulevées par le cas chinois. Pour l'Europe, la situation est délicate. Des échanges plus ouverts avec la Chine représentent une piste séduisante, en raison des opportunités limitées du marché européen. Mais, dans le même temps, les éventuels transferts de technologie posent le problème des règles ITAR et l'option du satellite « ITAR free » n'est pas sans susciter des difficultés récurrentes avec l'administration américaine. Enfin, il y a un choix politique délicat à faire. Indépendamment des questions spécifiques de sécurité liées à des usages mili-

itaires ultérieurs, inclure davantage la Chine dans un processus d'ouverture revient à l'aider à combler son retard, et donc, potentiellement, à renforcer la concurrence qu'elle ne va pas manquer de représenter ultérieurement. En même temps, continuer à maintenir la Chine à l'écart ne ferait que retarder ce processus et se priver des moyens de la contraindre à respecter les règles occidentales en matière de transferts technologiques à des tiers.

(14) <http://www.forbes.com/sites/williampentland/2011/11/04/obamas-science-advisor-accused-of-breaking-u-s-law-says-so-what/>

La crise économique et financière en Europe et aux Etats-Unis

Compte rendu d'une conférence donnée par Paul Krugman le 31 janvier 2012 à la Maison de l'Amérique Latine, à Paris*

Prix Nobel d'économie en 2008, Paul Krugman défend un point de vue keynésien sur la crise actuelle, en insistant sur le rôle positif que peuvent jouer les dépenses publiques en matière de relance de l'économie, fustigeant par là-même les partisans des plans d'austérité.

Pour lui, le problème de la zone Euro n'est donc pas celui de l'indiscipline budgétaire des Etats (du moins, pas exclusivement), mais plutôt celui de l'importance d'une dette privée (ménages et entreprises) qui, générant une surconsommation, est à l'origine des déséquilibres commerciaux actuels. Paul Krugman a rappelé que la crise qui frappe l'Europe est tout autant économique que politique. Partisan d'un fédéralisme européen, il appelle de ses vœux une véritable gouvernance de la zone Euro, ainsi qu'une prise de conscience politique que les solutions plébiscitées sont inadaptées. En particulier, en plus de sa mission actuelle de contrôle des prix, la Banque centrale européenne devrait pouvoir stimuler l'activité économique, comme c'est le cas pour sa consœur la Réserve fédérale américaine. Cette nouvelle compétence pourrait lui être bien utile en cas de mise en œuvre de la solution préconisée par Paul Krugman pour répondre à la crise : le recours à l'inflation. Cette solution ne peut cependant se substituer à l'engagement de réformes de plus long terme nécessaires pour alléger le fardeau transmis aux générations futures et atténuer une inévitable perte d'influence de l'Europe.

Par Yves LE YAOUANQ** et Nicolas GOVILLOT***

* Cette conférence a été organisée par le cabinet Lunalogic en partenariat avec les *Annales des Mines*.

** Ingénieur des Mines, doctorant à la Toulouse School of Economics.

*** Ingénieur des Mines, Direction générale du Trésor, Service des affaires bilatérales et de l'internationalisation des entreprises.

Quatre ans après son commencement, la crise en Europe n'a toujours pas été résolue et n'est malheureusement pas en passe de l'être. À partir de ce constat simple mais inquiétant, Paul Krugman s'est attaché, lors d'une conférence donnée le 31 janvier 2012 à la Maison de l'Amérique Latine, à tordre le cou aux solutions proposées par les gouvernements européens. Fondées sur une mauvaise compréhension des causes profondes de la crise, ces propositions ne feraient, selon lui, qu'aggraver les maux qu'elles sont censées combattre.

UNE ERREUR DE DIAGNOSTIC

Avec sa démarche humble, sa barbe poivre et sel et son regard rieur, l'éminent économiste, récompensé en 2008 par le prix Nobel d'économie pour ses travaux sur le commerce international, est à la fois un homme sympathique et un pédagogue hors pair, convaincu de l'importance d'apporter au public une information de qualité sur les grands enjeux économiques. Ses chroniques publiées dans le *New York Times*, ainsi que son *blog*, qu'il alimente presque quotidiennement, s'appuient sur les travaux de chercheurs - dont lui-même - pour décrypter les événements macroéconomiques de l'actualité. Depuis 2008, il s'efforce ainsi de défendre un point de vue keynésien sur la crise en cours, en insistant sur le rôle que les dépenses publiques peuvent jouer dans la relance de l'économie et en se montrant très critique à l'encontre des partisans de coupes budgétaires massives. Son exposé du jour offre un bon résumé de ses arguments, qu'il développe en les appliquant au cas particulier de l'Europe. Selon lui, la zone Euro se trouve dans une impasse en raison d'une erreur initiale dans le diagnostic de l'origine de la crise ; et elle est menacée par l'application de remèdes dangereux parce qu'inadaptés. Le débat européen a en effet été outrageusement dominé par la question de la dette : les solutions proposées par les différents gouvernements (la fameuse « règle d'or », en France, les plans d'austérité dans de nombreux pays, ou les interventions de certains experts dans les médias) nous ont incités à croire que le problème se résumerait à la question du déficit. Mais, pour Paul Krugman, cette conception est erronée : la dette publique ne provient généralement pas d'une gestion laxiste par les gouvernements. Au contraire, le problème résulte de la dette privée contractée par les ménages et les entreprises au cours des décennies précédentes, qui est devenue publique lorsque la crise a éclaté, les gouvernements ayant été contraints d'augmenter leurs dépenses afin de compenser le désendettement des acteurs privés. Preuve à l'appui : un premier graphique [présenté lors de la conférence, mais non repris ici] montre une croissance très importante de la dette privée aux Etats-Unis (qui passe de 20 % du PIB à presque 100 % du PIB entre la fin de la Seconde Guerre mondiale et nos jours), jusqu'à ce que le choc de 2008 vien-

ne plonger l'économie dans la récession et fasse exploser l'endettement public. La situation est similaire en Europe : la Grèce mise à part, la plupart des pays européens connaissaient une baisse de leur dette publique concomitante avec une envolée de leur dette privée, cela jusqu'en 2008. Comment, dès lors, ne pas considérer cette dernière comme le nerf de la crise ? Et pourquoi, *a contrario*, incriminer comme principal facteur de la crise la supposée indiscipline budgétaire des Etats ?

UNE HELLÉNISATION DU DISCOURS

L'erreur commise par les gouvernements européens est d'avoir généralisé le diagnostic du laxisme budgétaire, avéré dans le cas de la Grèce, aux autres Etats européens, après avoir considéré, à tort, que la hausse des taux souverains était due aux mêmes causes. Or, si la Grèce rencontre effectivement un problème de solvabilité en raison d'une évasion fiscale massive et d'une faible efficacité de ses dépenses publiques, cela n'était pas le cas des autres pays avant 2008, ceux-ci ayant presque tous fait diminuer leur taux d'endettement (correspondant au ratio dette publique/PIB). L'Irlande et l'Espagne dégageaient même un excédent budgétaire jusqu'en... 2007 ! L'envolée des niveaux d'endettement n'est donc pas la cause de la crise, mais, au contraire, l'une de ses conséquences les plus spectaculaires. Si l'endettement est devenu aujourd'hui un réel problème, il serait illusoire de penser pouvoir résoudre la crise en l'attaquant sous le seul angle de la réduction de la dette. Paul Krugman nous invite au contraire à comprendre les causes profondes qui ont plongé l'Europe dans cette situation.

Les trente années de relative stabilité qui ont précédé la crise avaient amené la majorité des économistes à croire que les grandes questions de macroéconomie avaient été résolues : que les cycles économiques étaient désormais bien compris et que la perspective de risques systémiques à grande échelle était peu probable. Cette confiance généralisée explique, par exemple, le fait que le niveau d'endettement croissant des ménages américains ou espagnols n'ait pas été considéré comme préoccupant. Dès que la crise a éclaté, l'inquiétude qui s'est emparée des acteurs de l'économie (en particulier du secteur privé, qui réticent à investir face à une demande en berne, est devenu créateur net) a pourtant entraîné les conséquences que l'on connaît aujourd'hui : une augmentation des déficits publics, une hausse du chômage et un ralentissement de l'économie (voire, pire, une récession). L'Europe connaît aujourd'hui ces mêmes difficultés, mais, alors que les Etats-Unis disposent d'un budget fédéral et d'une forte mobilité du travail, il faut ajouter aux problèmes européens des difficultés additionnelles liées à l'existence d'un espace monétaire unique sans qu'existent un gouvernement fédéral et un marché du travail commun.

DES DÉSEQUILIBRES À L'ÉCHELLE DE L'EUROPE

Dans les années 2000, le fossé s'est en effet creusé entre les pays compétitifs et exportateurs (les bons élèves, au premier rang desquels figure l'Allemagne) et les pays de la « périphérie » (en particulier la Grèce, l'Irlande, le Portugal, l'Espagne et l'Italie, que Paul Krugman désigne par l'acronyme anglais « GIPSI »), qui ont vu leur compétitivité décliner. Le solde extérieur de l'Allemagne, ramené à son PIB, est ainsi passé de - 0,5 % à 1,5 % en dix ans, tandis que celui des GIPSI chutait de - 0,5 % à - 2 %. L'arrivée massive de capitaux en provenance des autres pays européens (Paul Krugman utilise même à ce sujet le terme de « bulle ») a provoqué dans les GIPSI une hausse des salaires bien plus rapide que celle des gains de productivité : leurs salaires ont convergé avec ceux du Nord de l'Europe sans que la productivité suive le même chemin. De ce fait, les GIPSI sont tous importateurs nets depuis les années 2000. Le problème de la zone Euro n'est donc pas seulement celui de l'indiscipline budgétaire des États ; il s'agit avant tout des déséquilibres commerciaux. Rééquilibrer les soldes extérieurs passe bien sûr par une redistribution des dépenses : autrement dit, les pays créditeurs (en particulier l'Allemagne) doivent dépenser plus, alors que les pays débiteurs (les GIPSI) doivent dépenser moins. Cela nécessite aussi, et surtout, que les salaires relatifs des seconds chutent, par rapport à ceux

des premiers, pour permettre aux GIPSI de retrouver de la compétitivité (voir l'encadré 1).

LE LEVIER BUDGÉTAIRE : LA RIGUEUR, UN SACRIFICE INUTILE ?

On comprend, dès lors, que les différents plans d'austérité adoptés par les gouvernements européens ne soient pas judicieux en cette période de crise. Ou, pour paraphraser Paul Krugman, qu'« ils ne s'attaquent qu'à l'un des aspects du problème ». Dans le contexte actuel, les remèdes risquent en effet d'être pires que les maux. Les coupes franches dans les dépenses ne peuvent qu'amener à un cercle vicieux bien connu : diminution de la demande (due à l'inquiétude grandissante des ménages), réticence à embaucher (de la part d'entreprises qui manquent de débouchés) et diminution de la demande des ménages (en raison d'un niveau de chômage élevé). Il s'ensuit un ralentissement général de l'économie, qui, à son tour, réduit les recettes fiscales, augmente le ratio dette/PIB et grève encore davantage les comptes publics (voir l'encadré 2 de la page suivante).

Si les politiques budgétaires des pays du « centre » de l'Europe restent contractionnistes, comment espérer un retour à l'équilibre budgétaire des différents États membres ? Si la Banque centrale européenne persiste à maintenir un faible niveau d'inflation, comment réduire les salaires des pays endettés ? Pire : si, comme aux

Encadré 1

L'Europe n'a pas, contrairement aux Etats-Unis, le « privilège exorbitant » du dollar

Les Etats-Unis, régulièrement considérés comme vulnérables en matière de commerce extérieur, maintiennent leur dette extérieure nette à environ 25 à 30 % de leur PIB, alors que leur balance commerciale est régulièrement déficitaire d'environ 3 % du PIB. Ce miracle est rendu possible par le « privilège exorbitant », documenté par les économistes français Gourinchas et Rey. Le « privilège exorbitant » est l'avantage conféré aux Etats-Unis par le rôle de monnaie internationale du dollar : tous les pays demandent des dollars, ce qui abaisse le coût de la dette des Etats-Unis et oriente l'épargne internationale vers les actifs sûrs en dollars, comme les bons du Trésor américain. Les résidents américains, qui diversifient leur risque avec l'achat de titres étrangers à plus fort rendement, deviennent de ce fait les « capital-risqueurs » du monde entier. Les Etats-Unis pris dans leur ensemble distribuent donc de faibles rendements en échange de hauts rendements risqués, ce qui leur permet de bénéficier d'un effet de levier (si la dette rémunère 2 % à hauteur d'environ 130 % du PIB, il suffit, pour équilibrer la balance des paiements, d'un rendement de 2,6 % sur des créances représentant 100 % du PIB ; la dette extérieure nette est alors de 30 % du PIB, mais son coût net est nul). Gourinchas et Rey montrent dans leurs travaux récents que cette position risquée est gagnante en moyenne, mais qu'elle s'inverse en situation de crise mondiale, où les Etats-Unis jouent alors le rôle d'assureur mondial, le reste du monde profitant toujours des rendements sans risque américains, tandis que les Etats-Unis perdent sur leurs créances.

Encadré 2**La nécessité d'une vision dynamique du ratio dette/PIB**

Les efforts des pays européens se concentrent aujourd'hui sur la réduction de leur ratio dette/PIB, afin de rendre crédible leur politique économique et de diminuer le coût de leur endettement. Des équations statiques (descriptives) permettent de décrire les facteurs d'évolution de la dette et du PIB.

- ✓ l'augmentation de la dette d'une année sur l'autre est égale à la somme des intérêts payés sur la dette lors de l'année en cours (n) et du déficit primaire (dépenses publiques moins les impôts). $B_{n+1} - B_n = rB_n + G - T$ (B étant traditionnellement utilisé, pour désigner le fardeau (*Burden*) de la dette), r désignant le taux d'intérêt, G la dépense publique et T , les impôts).
- ✓ le PIB est la somme de la consommation intérieure, de l'investissement privé, des dépenses publiques et du solde de la balance commerciale. $Y = C+I+G+X-M$ (Y , qui désigne le PIB, est l'initiale du mot anglais *Yield*, qui signifie « rapport », « produit »).

Mais si ces équations permettent de rendre compte du présent, en détaillant la contribution de chaque facteur à l'évolution de la dette et du PIB, elles ne peuvent expliquer le présent, et encore moins prévoir l'avenir. En effet, si l'on peut, par exemple, aisément séparer, dans la production des entreprises, ce qui est consommé de ce qui est investi, il est en revanche très difficile de décrire les effets croisés des différentes variables. Une augmentation du déficit public par la dépense publique augmente à la fois la dette et la production d'aujourd'hui. Quels seront, demain, ses effets sur les impôts, sur la production, sur les exportations ? Il faut, pour pouvoir répondre à cette question, adopter une vision dynamique. Les institutions financières utilisent ainsi des modèles de prévision comportant jusqu'à plusieurs milliers de variables.

Etats-Unis, les coupes budgétaires se font majoritairement au détriment des dépenses d'investissement (ou du capital humain, c'est-à-dire dans l'éducation), le pays « sacrifie son futur en même temps qu'il sacrifie son présent »... Le FMI lui-même se montre pessimiste quant aux perspectives de rééquilibrage des comptes publics des GIPSI, prévoyant une augmentation de la dette jusqu'en 2015 dans tous ces pays (à l'exception notable de la Grèce). On observe déjà ces effets : le ratio dette publique/PIB du Portugal devrait passer de 107 % en mai 2011, date à laquelle le FMI a octroyé son aide à ce pays, à 118 % l'an prochain, alors que toutes les mesures du plan d'ajustement ont été respectées... et que l'économie portugaise s'est écroulée. Minée par l'effondrement des GIPSI, qui représentent un tiers de son PIB, l'Europe se dirigerait tout droit vers la récession.

Le discours de Paul Krugman tranche sans doute avec la plupart des propos entendus sur le sujet, notamment chez les responsables politiques. La mode est à l'austérité, après avoir été à la relance, en 2008. Difficile, dans ce contexte, de faire entendre une voix discordante : Paul Krugman a rappelé que son collègue Olivier Blanchard, aujourd'hui économiste en chef du FMI, prêchait dans le désert, en 2006, lorsqu'il s'inquiétait des déséquilibres de l'économie espagnole (notamment de sa bulle immobilière). Le point de vue de Paul Krugman est toutefois loin d'être isolé : un nombre croissant d'économistes pointe du doigt les problèmes de compétitivité et se montre critique à l'encontre de plans d'austérité destinés à « résoudre un problème qui n'est même pas intervenu ». L'agence de notation Standard & Poor's elle-même justifiait ainsi la dégradation de la note de la France et d'autres pays, le 13 janvier 2012 : « Nous pensons que l'accord [européen] s'est construit sur une compréhension partielle des sources de la crise (...). Selon nous, les problèmes financiers rencontrés par la zone Euro sont aussi une conséquence des déficits extérieurs et des divergences de compétitivité croissantes entre le cœur de la zone monétaire et sa "périphérie" ». Cette annonce fut pourtant interprétée par certains comme un nouvel appel à davantage de rigueur...

LE LEVIER MONÉTAIRE : « L'INFLATION N'EST PAS LE PROBLÈME, ELLE EST LA SOLUTION »

Dès lors que le problème est posé en ces termes, que faire pour remédier au manque de compétitivité des pays de la périphérie ? La solution la plus naturelle, la fameuse « dévaluation compétitive », est bien entendu impossible dans une union monétaire (ce qui sert parfois d'argument aux partisans d'une sortie de la Grèce de la zone Euro, au bénéfice de ses exportations)... En l'absence de l'Euro, cette solution aurait été naturellement mise en œuvre afin d'absorber la

hausse trop rapide des salaires dans les pays de la périphérie : les pays concernés auraient procédé à un rééquilibrage monétaire. Le débat qui avait précédé la construction de la zone Euro avait établi qu'un espace monétaire unique protégerait ses pays membres lors des situations de crise, mais uniquement en cas de chocs symétriques (ce qui est un résultat bien connu de la théorie de la zone monétaire optimale - la situation dans laquelle l'Europe se trouve aujourd'hui illustre parfaitement ce point).

La réduction pure et simple des salaires est, quant à elle, entravée par des barrières aussi bien politiques qu'économiques (en l'occurrence, une forte rigidité nominale). En Irlande, par exemple, pays souvent cité comme exemple d'ajustement réussi, les salaires ont beaucoup moins diminué depuis 2008 qu'ils n'avaient augmenté les années précédentes ; de plus, ce pays a subi une plus forte contraction dans les secteurs intensifs en travail - par exemple, dans le BTP - que dans les secteurs intensifs en capital - comme les secteurs technologiques tournés vers l'exportation -, ce qui ne risque pas de contribuer à la baisse du chômage.

La solution proposée par Paul Krugman repose sur le recours à l'inflation. Selon lui, une inflation contrôlée à hauteur de 4 % est souhaitable puisqu'elle permettrait de regagner 20 % de compétitivité relative dans les GIPSI en cinq ans et ce, sans trop de douleur. Solvable, cette politique serait acceptée par les marchés financiers. Aux yeux de Paul Krugman, l'augmentation de l'inflation permettrait en outre une plus grande flexibilité dans l'ajustement à la baisse des taux d'intérêt, en cas de crise. La difficulté serait, au départ, de *bootstrapper* l'inflation, c'est-à-dire de la provoquer volontairement en l'absence de fondamentaux économiques inflationnistes. Paul Krugman a rappelé que si les Etats-Unis ne sont pas entrés en récession après la Seconde Guerre mondiale, c'est grâce à leur inflation, qui a effacé la dette privée qui avait sévi dans les années 1930.

Le stimulus dont l'économie aurait besoin aujourd'hui serait donc d'une double nature : fiscale et monétaire.

EST-CE AUSSI FACILE QUE CELA ?

Il existe pourtant des obstacles pratiques à la mise en place de ces solutions. Le premier d'entre eux relève de la conscience historique de notre continent en matière d'inflation : tout le monde a en mémoire ces scènes surréalistes, dans l'Allemagne de la République de Weimar où, suite à une incontrôlable montée des prix, l'achat d'un pain exigeait une brouette de billets de banque ! Plus proche de nous, l'exemple du Zimbabwe nous rappelle que, lorsque l'inflation devient plus élevée, elle devient aussi plus volatile. Le spectre de l'hyperinflation est lui-même à

l'origine du mandat confié à la Banque centrale européenne, qui est chargée uniquement du contrôle des prix ; en comparaison, la Réserve fédérale américaine a, en plus, pour mission de stimuler l'activité économique. Tout au plus la BCE a-t-elle pu jouer les funambules, en décembre dernier, avec le refinancement à trois ans des banques européennes, pour un montant total de 489 milliards d'euros (des banques qui ont aussitôt acheté des obligations souveraines, en particulier en Espagne). La BCE a ainsi soutenu la dette souveraine sans l'acheter. Paul Krugman regrette presque que cette action ait eu lieu avant une résolution définitive de la crise de la dette sur le plan institutionnel, car les gouvernements seront de ce fait moins pressés de trouver des solutions communes.

Paul Krugman pense que les dangers liés à l'hyperinflation sont à relativiser, et que les risques de dérapage sont minimes, avec des taux d'inflation modérés de l'ordre de 4 % ; reste selon lui, l'obstacle politique : celui de convaincre les responsables des gouvernements et de la BCE.

Un argument en faveur d'une inflation modérée, avancé par M. Krugman, mais aussi par d'autres économistes (comme Olivier Blanchard, depuis au moins la naissance de la zone Euro) concerne la flexibilité dont la BCE serait dotée en cas de crise. Dans une situation économique saine, avec une inflation de 4 % et un taux d'intérêt directeur de 4 % le taux d'intérêt réel est de 0 %, et la Banque centrale dispose d'une marge de 4 % pour relancer si nécessaire l'activité économique en baissant ses taux. Avec une inflation située à 2 % au début d'une crise, la marge de manœuvre est de 2 % : elle est donc plus réduite. Si l'inflation est encore inférieure et si les taux d'intérêt sont déjà bas, le risque de « trappe à liquidités » apparaît : les agents économiques ont intérêt à garder leurs avoirs et à ne plus investir (et en particulier à ne plus prêter à d'autres agents économiques en qui ils n'ont plus confiance). Avec une inflation faible, la Banque centrale peut se trouver impuissante, incapable de relancer l'économie, même avec un taux d'intérêt à 0 %. Le taux d'intérêt n'est pourtant pas le seul moyen de sortir de la récession, comme l'ont montré notamment les travaux de Ben Bernanke : en cas de « trappe à liquidités », la Banque centrale peut choisir d'alimenter le système financier en liquidités en prenant en pension les titres que la défiance maintenait cantonnés dans le bilan de chaque établissement financier. La Fed mène cette politique depuis le début de la crise de 2008, et la BCE s'en est elle aussi rapprochée. Ce type d'action est validé par Paul Krugman, qui a, le premier, diagnostiqué cette « trappe à liquidités » aux Etats-Unis et dans l'Europe post-crise, et rappelé que, dès lors, les repères traditionnels s'inversaient. En particulier, l'agrégat de la masse monétaire en circulation ne constituait plus un indicateur pertinent de l'inflation potentielle (voir l'encadré 3).

Encadré 3**L'importance de l'expérience de la crise mondiale de 1929 et de la crise japonaise des années 1990 pour la politique monétaire actuelle**

Ben Bernanke, le gouverneur de la Réserve fédérale américaine, a étudié en détail dans ses travaux de recherche économique la gestion de la crise de 1929. Il en a tiré une doctrine fondée sur un engagement monétaire massif en cas de crise économique grave. Paul Krugman a rappelé que son collègue, au début des années 2000, s'inquiétait du manque de vigueur de la politique de la Banque centrale japonaise.

Lors de la crise de 1929, les banques centrales ont mal réagi, en restreignant le crédit et en laissant la défiance s'instaurer dans le système financier. Nous avons à l'esprit les plans de relance keynésiens de Roosevelt, mais à l'orée de la Seconde Guerre mondiale, une reprise vigoureuse n'était toujours pas au rendez-vous. C'est plutôt la politique monétaire qui a été mal gérée.

Les économistes en ont tiré des conclusions, à l'instar de Ben Bernanke, mais aussi de Paul Krugman, qui a étudié en détail la « décennie perdue » du Japon des années 1990. Pour M. Krugman, la Banque centrale japonaise a commis une erreur en relevant ses taux dès les premiers signes de reprise, au début des années 1990. Comme un coup de froid sur des bourgeons à peine éclos, ce changement de politique a pris à contre-pied l'économie japonaise, et l'a fait replonger dans la récession.

UN DÉSENDETTEMENT À ENTREPRENDRE MALGRÉ TOUT

L'argumentation développée par Paul Krugman met l'accent sur le caractère néfaste, à court terme, du désendettement pour l'activité économique. Elle se place donc à contre-courant du credo de la réduction de la dette publique à toute vitesse et à tout prix, qui est aujourd'hui le discours dominant, inspiré notamment par les travaux récents de Carmen Reinhart et de Kenneth Rogoff, deux économistes influents aux Etats-Unis (voir l'encadré 4).

Paul Krugman omet néanmoins dans son discours (sans doute à dessein), le fait que la réduction du déficit est une préoccupation salutaire à moyen terme : en France, par exemple, nous ne pouvons prolonger une série de déficits budgétaires annuels ininterrompue depuis 1979. Au niveau européen, soixante-huit violations de la règle d'équilibre budgétaire incluse au pacte de stabilité ont été observées sans qu'aucune sanction n'ait jamais été appliquée... Une absorption des dettes par l'inflation ne résoudrait que partiellement la confiance dans l'Euro - sa stabilité politique étant obtenue au prix d'une instabilité de son cours, puisque l'inflation se solderait par une chute du taux de change et

Encadré 4**Selon une étude portant sur huit siècles de données, la dette publique est toxique au-dessus de 90 % du PIB (en moyenne)**

L'ouvrage *Cette fois c'est différent : huit siècles de folie financière*, publié en 2010 par Reinhart et Rogoff, a largement contribué à installer dans le grand public la nouvelle mode de la lutte contre la dette publique. Les deux économistes y montrent qu'au-dessus de 90 % du PIB, la dette publique est généralement contre-productive pour l'économie. Autrement dit, la dépense publique aide *a priori* l'économie (production de biens publics, investissements pour l'avenir, etc.), mais elle devient toxique au-delà d'un certain seuil. Si le caractère toxique de la dépense publique à partir d'un certain niveau paraît évident (dans une économie marchande, la dépense publique doit être permise par des créations de richesses, et la dette ne peut augmenter à l'infini), Reinhart et Rogoff ont été les premiers à démontrer l'existence d'un seuil empirique de toxicité de la dette. Notons que ce seuil de 90 % est statistique et qu'il est forcément différent d'un pays à l'autre, selon que la dette publique résulte davantage d'investissements productifs (qui viendront rapidement effacer la dette) ou davantage de dépenses de fonctionnement payables à crédit (dont les générations futures auront à subir la charge).

s'accompagnerait d'une plus grande volatilité de ce taux, nourrissant ainsi l'incertitude - et elle conduirait à une perte de pouvoir d'achat, tout en élevant considérablement la dette externe nette. Elle ne pourrait donc pas, *de facto*, résoudre le problème de solvabilité.

Si, au contraire, la dépense publique parvient à être contrôlée pour les activités fonctionnelles les moins « rentables » pour l'économie (ou pour les activités publiques qui enregistrent des gains de productivité, par exemple grâce à la réduction du nombre des fonctionnaires des impôts à mesure que le télétravail progresse) tout en la concentrant sur les investissements « rentables » pour le bien-être public comme pour l'essor économique (par exemple, en lançant un grand emprunt pour financer les infrastructures de transport, l'énergie et les technologies de l'information), c'est la martingale permettant de gagner sur les deux volets : la demande agrégée est préservée d'un risque de récession, et la réduction du déficit contribue à un retour de la confiance.

UN LONG TERME À CONSTRUIRE

En effet, selon nous, si la relance consiste seulement à créer des emplois non productifs, elle n'est qu'une victoire à la Pyrrhus sur la crise : elle ne fait que reporter les ajustements nécessaires soit sur la consommation, soit sur la croissance potentielle. Il y a donc une question fondamentale de volonté face à la crise. « Crise », en chinois, c'est la combinaison des signes « danger » et « opportunité ». De même, une crise économique est à la fois le danger d'un frein sévère et durable à l'activité économique, et l'occasion d'une prise de conscience du caractère non soutenable de la trajectoire économique suivie jusqu'alors. Refuser ce diagnostic et vouloir relancer l'économie uniquement par les déficits ou par l'inflation (comme s'y limite l'exposé de Paul Krugman), c'est « cacher la poussière sous le tapis » et reporter injustement la dette sur les générations suivantes. Or, lorsqu'un pays nourrit un déficit public et se trouve en déficit commercial, son problème n'est pas uniquement un problème de compétitivité, c'est un problème de surconsommation (publique et privée) par rapport aux ressources du pays. Un choix cohérent consiste soit à rétablir la balance en consommant moins, soit à forcer la reprise de la consommation, mais, alors, en rééquilibrant la balance commerciale, en travaillant et en produisant plus. Dans les deux cas, les lendemains qui chantent ne peuvent venir que d'un investissement dans la croissance potentielle.

Plus généralement, les solutions proposées par Paul Krugman paraissent judicieuses pour sortir de la crise actuelle et garantir à moyen terme la stabilité de l'économie européenne. Il faut néanmoins garder à l'esprit qu'elles ne nous dispensent pas de réformes de plus long terme, destinées à alléger le fardeau transmis aux générations futures et à minimiser l'inéluctable perte

d'influence que subira l'Europe dans le marché mondialisé. Les leviers de politique économique de long terme ne doivent pas être négligés au profit du court terme : au-delà de la gestion de la crise, les réformes du marché du travail et de la compétitivité, l'investissement dans le capital humain, l'encouragement à l'innovation, le soutien à la transition environnementale et le lancement de grands projets d'infrastructures sont plus que jamais nécessaires.

LA GOUVERNANCE EUROPÉENNE EN QUESTION

L'un des points forts de cette conférence est d'avoir rappelé que l'Europe connaît tout autant une crise politique qu'une crise économique. En effet, les tergiversations européennes ont sapé, dès 2008, la confiance des acteurs de marché dans la capacité de l'Europe à résoudre ses problèmes. La gestion discutée du cas grec a placé les pays de la périphérie dans une situation difficile, faisant augmenter leur taux d'emprunts au fur et à mesure que les gouvernements et les institutions communautaires montraient leurs limites. L'obsession de la rigueur budgétaire est ainsi à l'origine de l'essentiel des tensions. La question de la solidarité avec la Grèce s'est notamment posée en ces termes : les pays « vertueux » doivent-ils faire des efforts pour renflouer les mauvais élèves ? Elle a trouvé son point culminant avec la proposition allemande (certes vite balayée) de mettre la Grèce sous tutelle budgétaire européenne... Une proposition qui « rappelle certains cauchemars », selon les mots de Paul Krugman, et qui mérite donc d'être oubliée au plus vite.

Partisan d'un fédéralisme européen, Paul Krugman y voit une évolution nécessaire pour doter la zone monétaire d'une gouvernance digne de ce nom ; l'Europe souffre aujourd'hui, par exemple, de ne pouvoir financer de grands programmes d'infrastructures au niveau communautaire, à la différence des Etats-Unis. Est-ce là un vœu pieux, ou une proposition réaliste ? Plus fondamentalement, est-ce souhaitable ? L'exemple de la Belgique ne plaide pas en faveur d'un rapprochement entre les nations européennes. Mais les questions de gouvernance progressent, même si elles ne sont pas encore parfaitement résolues : la voie sur laquelle l'Europe s'engage, celle d'un contrôle par les pairs, avec des sanctions réelles en cas de violation du Pacte de stabilité et de croissance doublées d'une règle d'or budgétaire dans chaque pays, paraît suffisante. Reste également la possibilité de créer une autorité de contrôle budgétaire indépendante. Le fédéralisme n'est sans doute pas la seule solution économique possible. Et quand bien même cela serait une solution souhaitable, il s'agit davantage d'une question politique, celle du sentiment d'appartenance à une même nation.

De quoi l'avenir sera-t-il fait ? Paul Krugman conclut que le raisonnement se heurte à une « double impossibilité » : en effet, d'un côté, personne ne veut croire à un

éclatement de la zone Euro, avec toutes ses conséquences, et, de l'autre, il semble improbable que les responsables politiques aient pris toute la mesure de la situation actuelle, et qu'ils soient prêts à mettre en

œuvre les mesures nécessaires... C'est pourtant du dénouement de ce nœud gordien que dépend la stabilité économique et sociale de tout notre continent (voir l'encadré 5).

Encadré 5

Une meilleure réglementation financière n'aurait pas permis d'éviter la crise

La dérégulation du système financier est-elle responsable de la crise, comme l'a demandé le journaliste qui animait la conférence ? Pas directement, selon Paul Krugman. Pour lui, ce n'est pas la réduction de la réglementation – notamment la suppression de la distinction entre banque de détail et banque d'affaires mise en place dans les années 1930 et supprimée par le gouvernement de Bill Clinton - qui a mis en danger notre système ; c'est l'absence de nouvelles réglementations au fur et à mesure que les innovations financières progressaient : le *shadow banking* représente ainsi aujourd'hui 60 % de l'activité bancaire... Par exemple, Lehman Brothers finançait ses activités de moyen terme et de long terme par un refinancement au jour le jour - le « repo » du marché interbancaire -, au lieu d'émettre des titres ayant des maturités diverses - plus coûteuses que le « repo ». Or, le but du marché interbancaire est d'échanger et de mutualiser les liquidités des banques, ce qui leur permet d'optimiser leur trésorerie. Lehman Brothers, en utilisant ce marché au lieu de financements à plus long terme, transformait *de facto* le « repo » en une activité bancaire, qui aurait dû, à ce titre, être mieux régulée.

De même, selon Paul Krugman, l'existence d'une taxe Tobin sur les transactions financières n'aurait eu aucun impact sur la survenue de la crise. Elle aurait peut-être eu des vertus, mais elle n'aurait pas agi sur les causes profondes de la crise.

BIOGRAPHIES DES AUTEURS

BERANGER Eric

A ce jour, Eric Béranger est le directeur général d'Astrium Services, l'une des trois entités constitutives d'Astrium, la division Espace d'EADS.

Il a débuté sa carrière en 1988 chez France Télécom en tant que directeur Infrastructure Réseau, pour ensuite prendre en charge la direction Financière de la région Île-de-France. Il poursuit ensuite sa carrière au sein de la Société Générale, en tant que directeur des Financements de Projets, avant de prendre en charge la direction des Financements de Projets de Matra Marconi Space (aujourd'hui, Astrium Satellites).

En 2000, il est nommé Vice Président Senior de la division Espace au sein d'EADS qui vient d'être créé. En 2003, il est nommé directeur général d'Astrium Services qui vient d'être créé suite au succès des négociations PPP de Skynet 5-Paradigm menées avec le ministère de la Défense britannique.

Sous sa direction, Astrium Services a vu ses revenus et ses effectifs multipliés par plus de 10, de 2003 à 2011. Il a enregistré de remarquables succès, notamment avec les contrats Skynet 5 (R-U), ASTEL S (France), MilSat Services (Allemagne), Yahsat (EAU) et Astroterra (France).

Ancien élève de l'École Polytechnique (1983) et de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris. Il a été décoré

Chevalier de la Légion d'Honneur en 2006.

Titulaire d'une licence de pilote privé, il peut ainsi s'adonner à l'une de ses passions, l'aviation.

BONDIOU-CLERGERIE Anne

Diplômée de l'École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de Paris et titulaire d'un doctorat en Physique des Plasmas, Anne Bondiou-Clergerie a rejoint en 1985 la direction de la Physique Générale de l'Onera intégrant un laboratoire dédié à l'étude théorique et expérimentale de l'environnement électromagnétique des avions, hélicoptères et lanceurs. Ses travaux de recherche ont porté sur les mécanismes physiques de l'éclair et sur la modélisation prédictive des effets d'un foudroiement sur un avion ou un lanceur. En parallèle, elle a participé à plusieurs campagnes de mesures aux Etats-Unis, dédiées à l'analyse de la dynamique des systèmes orageux, en partenariat avec le MIT. Entre 1999 et 2001, elle a également mené les études d'avant-projet et de prototypage instrument d'une mission de détection des éclairs depuis l'espace, dans le cadre des projets microsattelites du Cnes. Elle a exercé à partir de décembre 2001 les fonctions de res-

pensable Systèmes Orbitaux, puis de directeur Espace à la direction de la Stratégie de l'Onera. Depuis décembre 2006, elle a rejoint le Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales, où elle occupe les fonctions de directeur des Affaires R&D et Espace. Sa direction traite également, depuis janvier 2010, des questions d'Environnement et de Développement durable.

BONNEVILLE Richard

Ancien élève de l'ENS-Ulm et agrégé de physique et docteur ès-sciences, Richard Bonneville a commencé sa carrière en 1974 au Centre National d'Etudes des Télécommunications, où il a travaillé sur la physique des interactions rayonnement - matière condensée.

Il a rejoint en 1984 le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), où il y a occupé différentes fonctions dans le cadre des programmes de recherche scientifique spatiale. En 1995, il a été nommé responsable du programme Etude et Exploration de l'univers à la direction des Programmes, de la Stratégie et des Relations Internationales. Il a été nommé en 2007 directeur adjoint et a été en charge plus particulièrement de la direction scientifique de l'établissement.

Il est en outre le président actuel du Science Programme Committee de l'Agence Spatiale Européenne (ASE).

Richard Bonneville a enseigné pendant plusieurs années la mécanique quantique et la physique statistique à l'École Nationale Supérieure des Télécommunications. Il est l'auteur de nombreuses publications.

BORIES Alain

Ingénieur en chef de l'Armement, Alain Bories est diplômé de l'École Polytechnique (promotion 76) et de Sup'Aéro (81). Il est titulaire d'une licence d'Economie Appliquée de Paris-Dauphine (81) et d'un Master of Science du Massachusetts Institute of Technology (82). Il a commencé sa carrière à la Délégation générale pour l'Armement (DGA) en tant que responsable des systèmes C3I (Command, Control, Communication and Intelligence) pour l'Armée de l'Air.

Il a ensuite rejoint Alcatel pour s'occuper de Gestion du Trafic Aérien, puis de Navigation Aérienne au sein d'Alcatel Radio, Espace, Défense, où il commence à promouvoir un GNSS2 européen (qui deviendra Galileo). Il en poursuit la promotion au sein d'Alcatel Space, où il s'occupe des Marchés Institutionnels, avant de rejoindre Thomson CSF (devenu depuis Thales), en qualité de directeur Espace, puis de responsable (toujours pour Thales) du programme Galileo.

En 2002, il crée Galileo Services avec 6 autres sociétés pour promouvoir les applications de la navigation par satellites en Europe. Il en devient Président (il en est le

Président honoraire depuis 2005). En 2006, il rejoint OHB en tant que directeur de la Stratégie et du Business Development. Il est également directeur général d'OHB-France.

Alain Bories est Vice-Président de l'Association des Anciens de l'Ecole Polytechnique.

Il a été décoré de l'Ordre National du Mérite en 2002.

BRILLAUD Jean-Paul

Jean-Paul Brillaud exerce actuellement au sein du Groupe Eutelsat, les fonctions d'administrateur des sociétés Eutelsat Communications et Eutelsat SA. Il a intégré le groupe en 1999, puis il a été nommé membre du directoire en 2001 et directeur général délégué en 2005. Il a mené à bien la transformation d'Eutelsat avec le passage du statut d'organisation internationale à celui de société anonyme, assuré son développement stratégique et piloté son introduction en Bourse.

Avant de rejoindre Eutelsat, Jean-Paul Brillaud occupait le poste de directeur adjoint des Télécommunications Spatiales du groupe France Telecom. Il était alors en charge de la gestion des investissements de France Telecom dans le secteur spatial et de l'exploitation des téléports en Métropole et dans les DOM. Il a commencé sa carrière au Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET).

Jean-Paul Brillaud est diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications.

CÉSARSKY Catherine

Catherine Césarsky est diplômée en sciences physiques à l'Université de Buenos Aires et a obtenu un doctorat en astronomie en 1971 de l'Université de Harvard (Cambridge, Massachusetts, Etats-Unis). Elle a ensuite travaillé à l'Institut de technologie de Californie (Caltech). Elle revient en France en 1974 pour exercer au sein du Commissariat à l'énergie atomique.

Après avoir effectué des travaux théoriques en astrophysique des hautes énergies, et notamment sur la propagation et l'accélération des rayons cosmiques, Catherine Césarsky s'est tournée vers l'astronomie spatiale en tant que responsable de la caméra ISOCAM à bord du satellite européen ISO (Infrared Space Observatory). Le programme scientifique qu'elle a conduit a permis la mise en évidence d'une évolution très rapide des populations de galaxies lointaines très lumineuses dans l'infrarouge, et du rôle important de ces galaxies pour l'émission du fonds diffus infrarouge et pour l'évolution de l'ensemble des galaxies.

De 1994 à 1999, elle a été à la tête de la direction des Sciences de la Matière au CEA. Par la suite, en tant que directrice générale de l'ESO (Observatoire européen austral), elle a mené à bien la mise en route de l'exploitation du VLT et a lancé les grands projets actuels d'astronomie au sol, ALMA et ELT. Elle est actuellement Haut Commissaire à l'Energie atomique.

Catherine Césarsky est membre ou membre étranger de plusieurs académies, telles que l'Académie des Sciences en France, la National Academy of Sciences aux Etats-Unis et la Royal Society of London.

CHENET Joël

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique (X75) et de Sup' Aéro (80) - option Espace, Joël Chenet est ingénieur de l'Armement.

De 1980 à 1987, il a été à la Délégation générale pour l'Armement (DGA) responsable des études de satellites militaires et a participé, à ce titre, au lancement du programme Hélios.

De 1987 à 1992, il a été, toujours à la DGA, responsable des réseaux militaires de télécommunications d'infrastructure et par satellite. Il a engagé la rénovation des réseaux fixes de télécommunications pour l'Armée de Terre (RITTER), l'Armée de l'Air (RA 90) et a participé à la création du réseau interarmées Socrate. Il a été directeur du programme Syracuse II de télécoms militaires par satellite jusqu'à la mise en service du premier satellite Télécom 2A.

De 1992 à 1998, au sein de la société Aérospatiale, il a dirigé les équipes en charge des satellites militaires et a participé, notamment, à la réalisation de l'instrument de reconnaissance Hélios I.

De 1999 à 2005, il a été en charge au sein d'Alcatel Space des Activités Observation & Sciences, qui intègrent notamment les satellites Méteosat, les instruments d'observation optique et radar et les satellites scientifiques JASON....

Depuis novembre 2005, il est Senior Vice Président en charge du Business développement et des Relations institutionnelles.

Il a été fait Chevalier de l'Ordre National du Mérite et Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur. Il a été décoré de la Médaille de l'aéronautique.

d'ESCATHA Yannick

Yannick d'Escatha est sorti Vice-Major de l'Ecole Polytechnique à 20 ans. Il choisit d'intégrer le Corps des Mines et commence sa carrière dans la Recherche et l'Enseignement.

A 24 ans, il est maître de conférences à l'Ecole Polytechnique, à l'Ecole des Mines de Paris et à l'ENSTA.

Ses travaux de recherche au Laboratoire de Mécanique de l'Ecole Polytechnique portent sur la Mécanique des Sols et la Mécanique des Structures, et font de lui un spécialiste reconnu de la Mécanique de la Rupture.

Ses travaux et ses nombreuses publications, dont un livre publié en collaboration, lui valent d'être primé par l'Académie des Sciences, en 1982.

En 1973, il participe à l'élaboration de la réglementation technique française en matière de chaudières nucléaires à eau, puis à son application en tant qu'Expert auprès du ministère de l'Industrie.

En 1978, il est nommé chef du bureau de Contrôle de la Construction Nucléaire, où il assume la responsabilité du contrôle technique de l'Etat dans l'application de cette réglementation au programme électronucléaire français.

En 1982, il est détaché auprès de la Société Technicatome, filiale du CEA, dont la mission principale est la maîtrise d'oeuvre industrielle de la propulsion nucléaire des bâtiments de la Marine Nationale.

Après avoir été directeur des établissements de Cadarache et d'Aix-en-Provence, Yannick d'Escatha est nommé directeur général adjoint de Technicatome, le 1^{er} janvier 1987.

Le 1^{er} mars 1990, il est appelé par l'Administrateur général du Commissariat à l'Energie Atomique, pour se voir confier les fonctions de directeur de la direction des Technologies Avancées, nouvellement créée. Il devient Administrateur général adjoint du CEA, le 14 septembre 1992.

Le 1^{er} juillet 1995, il est nommé Administrateur général du CEA, puis Président de CEA Industrie, le 28 juin 1999.

Le 1^{er} janvier 2000, il est nommé directeur général délégué Industrie d'EDF. Responsable du pôle industrie d'EDF, il est chargé de la politique industrielle de l'entreprise.

En janvier 2002, il est nommé directeur général délégué d'EDF.

Le 19 février 2003, Yannick d'Escatha est nommé, en Conseil des ministres, Président du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

Il a été élu membre du Conseil pour les Applications de l'Académie des Sciences, le 11 mars 1997.

Il est membre de l'Académie des technologies, depuis le 12 décembre 2000.

Il a été Président du Conseil d'administration de l'Ecole Polytechnique, de mai 2001 à mars 2008.

Il est membre du Conseil d'administration d'EDF, depuis le 21 novembre 2004.

Il est membre du Conseil d'administration de THALES, depuis mai 2009.

Il est Président du Conseil d'administration de l'Université de Technologie de Troyes, depuis le 29 janvier 2008.

Il a été Lauréat 2009 du Prix International « Von Karman Wings Award », un prix décerné par l'Aerospace Historical Society.

Il a été élu Vice-Président « Award et Membership » de l'Académie Internationale d'Astronautique en août 2009.

Il est Commandeur de la Légion d'Honneur et Commandeur de l'Ordre National du Mérite.

DORDAIN Jean-Jacques

Jean-Jacques Dordain est le directeur général de l'ESA, fonction qu'il occupe depuis juillet 2003.

Il est entré à l'ESA en 1986 en qualité de chef du département Microgravité et Utilisation de la Station spatia-

le, avant de devenir successivement directeur associé pour la Stratégie, le Plan et la Politique internationale, directeur de la Stratégie et de l'Évaluation technique et, enfin, directeur des Lanceurs en février 2001.

Jean-Jacques Dordain a commencé sa carrière à l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA), où il a mené des recherches sur les moteurs fusées à ergols liquides et conduit des expériences en microgravité. Il y a ensuite exercé les fonctions de Coordinateur des activités spatiales entre 1976 et 1981, période au cours de laquelle il a été sélectionné en tant que candidat astronaute français pour participer au programme Spacelab.

En 1982, il a été nommé directeur de la Physique générale à l'ONERA et a présidé un certain nombre de commissions d'enquête mises en place pour examiner les anomalies et dysfonctionnements affectant le lanceur Ariane au sol et en vol.

Parallèlement à ces activités, Jean-Jacques Dordain a été maître de conférences en Mécanique à l'École Polytechnique, de 1977 à 1993, et professeur à l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, entre 1973 et 1987. En 1997, il était également Secrétaire exécutif du Comité d'évaluation de l'Agence spatiale japonaise (NASDA).

Jean-Jacques Dordain est, en outre, membre de l'Académie des Technologies et de l'Académie nationale de l'Air et de l'Espace. Il a été distingué par l'Ordre National de la Légion d'Honneur et l'Ordre National du Mérite.

GARCIA-BROTONS Iñaky

Le Colonel Iñaky Garcia-Brotons est actuellement Chef d'Etat-major du Commandement interarmées de l'espace. A ce titre, il coordonne l'ensemble des actions du commandement dans la définition et la mise en application de la politique spatiale militaire. Auparavant, il avait déjà occupé plusieurs fonctions dans le domaine spatial militaire : chef de projet Hélios, responsable des affaires spatiales à l'Etat-major des armées, membre de l'équipe CNES défense. Le Colonel Garcia-Brotons était avant de rejoindre le CIE, adjoint au commandant supérieur des forces armées en Guyane en charge de la protection aérienne des lancements européens et commandant de la base aérienne de Cayenne. Le Colonel Garcia-Brotons est diplômé de la 7^e promotion du collège interarmées de défense (Ecole de guerre), de la 1^{re} promotion de l'ESFAS (Ecole supérieure des forces armées) espagnole et est titulaire d'un mastère en maîtrise des systèmes d'information (ENSTA, Ecole nationale supérieure des techniques avancées – Cycle Info 2).

GOVILLOT Nicolas

Nicolas Govillot est ingénieur des Mines et exerce ses fonctions à la Direction générale du Trésor, Service des affaires bilatérales et de l'internationalisation des entreprises.

LE GALL Jean-Yves

Jean-Yves Le Gall est Président directeur général d'Arianespace, première société mondiale de service & solutions de lancement. Sa mission est de définir la stratégie de la société et de développer et entretenir une étroite collaboration avec ses clients internationaux. A ce titre, il représente Arianespace auprès des gouvernements européens, des agences spatiales et des partenaires industriels de la société. Jean-Yves Le Gall est aussi Président directeur général de Starsem, filiale euro-russe d'Arianespace, chargée d'exploiter et de commercialiser le lanceur Soyouz.

Jean-Yves Le Gall a consacré toute sa carrière au programme spatial européen. Il a ainsi occupé de nombreux postes de direction liés aux programmes et à la stratégie, notamment au sein du ministère français de l'Industrie, chez Novespace, au Centre National d'Études Spatiales (CNES), chez Starsem et chez Arianespace qu'il a rejoint en 2001.

Ingénieur et scientifique de formation, Jean-Yves Le Gall est membre de l'Académie Internationale d'Astronautique (IAA). En 2001, il a reçu le Prix d'Astronautique de l'Association Aéronautique et Astronautique de France (AAAF). En 2005, le magazine *Via Satellite* l'a désigné *Satellite Executive of the Year*. En 2007, il a reçu le *Lifetime Achievement Award* décerné par l'Asia-Pacific Satellite Communications Council (APSCC). En 2011, il a été reçu au « Hall of Fame » de la Society of Satellite Professionals International (SSPI) et a reçu le Prix Icare décerné par l'Association des Journalistes Professionnels de l'Aéronautique et de l'Espace (AJPAE). Il est Président du Comité Industriel de l'International Astronautical Federation (IAF), Président du Conseil des chefs d'entreprise France-Japon de Medef International et Co-Président de la Table Ronde des Industriels Union Européenne-Japon (EJBRT).

Jean-Yves Le Gall est Chevalier dans l'ordre de la Légion d'Honneur et Officier de l'Ordre National du Mérite. Il est titulaire de l'Ordre de l'Amitié de la Fédération de Russie.

LE YAOUANQ Yves

Yves Le Yaouanq est ingénieur des Mines, doctorant à la Toulouse School of Economics.

PASCO Xavier

Xavier Pasco est docteur en sciences politiques (Université de Paris I Panthéon-Sorbonne) et est, depuis 1994, maître de recherche à la Fondation pour la recherche stratégique (FRS - 27 rue Damesme, 75013 Paris). Depuis, 2001, il est responsable du pôle « Technologie, espace et sécurité » à la FRS.

Il est également maître de conférences à l'Institut d'Études Politiques de Paris et *Associate Research Fellow* au *Space Policy Institute* à l'Université George Washington (Washington D.C., États-Unis), depuis 1994.

Il a été chargé de recherche au CREST-Ecole Polytechnique, entre 1989 et 1994.

Il est expert au Conseil économique et social européen et membre correspondant de l'Académie Astronautique Internationale, depuis 2006.

Au sein de la FRS, Xavier Pasco coordonne le pôle « Espace, haute technologie et sécurité ». Il est plus particulièrement chargé du suivi des affaires spatiales américaines civiles et militaires et de la stratégie internationale des États-Unis dans les domaines de l'espace (civil et militaire) de haute technologie.

Il est également chargé d'études sur les futurs programmes nationaux et européens dans le domaine spatial, aussi bien dans le domaine civil que dans le domaine de la défense et de la sécurité. A ce titre, il est l'auteur de nombreux rapports d'étude sur les activités spatiales civiles et militaires effectués pour le compte des organismes publics nationaux et européens. Par ailleurs, Xavier Pasco a contribué à l'élaboration d'une méthode d'analyse fonctionnel des besoins opérationnels déjà mise en œuvre au plan national (ministère de la Défense, ministère de l'Intérieur) et européen (Programmes PCRD, ASE).

Il a récemment participé à plusieurs projets liés à « l'action préparatoire à la recherche de sécurité » lancé par la Commission européenne en 2004, et dans le cadre des 6^e et 7^e Programmes Cadres de Recherche et Développement européens (2007-2013). Dans ce cadre, il a coordonné, sur la période 2010-2011, l'activité européenne de recherche transverse « Conditions for Space Policy and Related Action Plan Consolidation in Europe » soutenue par l'Agence Exécutive de recherche de l'Union européenne.

Il est également l'auteur d'un rapport récent sur la politique des données applicable au futur système européen de surveillance de l'espace pour le compte de l'Agence spatiale européenne (ASE). Il coordonne aujourd'hui l'étude engagée par l'Agence européenne de défense (AED) sur le futur segment sol européen pour l'utilisation des satellites à des fins de défense et de sécurité.

Il est l'auteur de plusieurs ouvrages dont l'un publié en 1997 sur la politique spatiale américaine (« La politique spatiale des États-Unis », 1958-1997, *Technologie, Intérêt national et débat public*, Paris, L'Harmattan, 300 p., 1997) et de plusieurs publications sur ces différents thèmes. Il a publié en 2011 (en collaboration avec F. Heisbourg), *Espace militaire, l'Europe entre coopération et souveraineté*, Editions Choiseul, Paris). Il a également collaboré à la réédition de *L'espace, nouveau territoire, Atlas des satellites et des politiques spatiales* (sous la direction de Fernand Verger), Paris, Éditions Belin, 2002, dont une version mise à jour a été publiée chez *Cambridge University Press* : « The Cambridge Encyclopedia of Space » en 2003.

Xavier Pasco est rédacteur en chef pour l'Europe de la revue trimestrielle internationale « Space Policy » (Elsevier Science).

RAFFENNE François

François Raffenne est titulaire d'un Master 2 de Relations Internationales (IPRIS) et d'un DEA de Littérature Comparée (Université Paris IV – Sorbonne).

Après avoir vécu plusieurs années aux Etats-Unis, il intègre en 2006 la délégation aux Affaires stratégiques (DAS) du ministère de la Défense, en tant que chargé de mission « Amérique du Nord ».

En marge de ses activités à la DAS, il publie à plusieurs reprises des articles sur les relations transatlantiques et les questions géopolitiques et géostratégiques liées aux Etats-Unis (*Politique Étrangère, Annuaire français des Relations Internationales, Revue de la Défense nationale*).

Il participe aussi à plusieurs colloques de haut niveau sur ces mêmes questions (*National Defense University, Center for Strategic and International Studies, Collège d'Europe, FRS, IFRI*).

En décembre 2009, il est choisi pour jouer le rôle de conseiller politique (POLAD) au sein de l'exercice national d'Etat-major C2 NATEX.

En mai 2010, François Raffenne rejoint la division « Relations institutionnelles » d'Astrium en tant que responsable du suivi des questions de sécurité/défense UE et OTAN.

SOURBÈS-VERGER Isabelle

Isabelle Sourbès-Verger est géographe, chercheur au CNRS, spécialiste de l'occupation de l'espace circumterrestre et de l'étude comparée des activités spatiales dans leurs dimensions technologiques et politiques.

Directrice-adjointe du Centre Alexandre Koyré (CNRS-EHESS), elle est aussi Expert pour les Sciences Humaines et Sociales auprès de la Délégation générale pour l'Armement.

Elle enseigne régulièrement dans un master à la faculté de Sceaux et à l'École de guerre.

Isabelle Sourbès-Verger fait partie de réseaux de recherche internationaux européens et internationaux organisés autour des questions de politique spatiale et de sécurité. Elle participe régulièrement à différentes études européennes ou françaises.

Outre de nombreux articles parus dans des revues spécialisées, ou plus généralistes, elle a publié en collaboration, *L'espace, nouveau territoire ; atlas des satellites et des politiques spatiales* chez Belin en 2003 et *Un empire très céleste, la Chine à la conquête de l'espace*, Dunod, en 2008.

TORTORA Jean-Jacques

Jean-Jacques Tortora est Secrétaire général d'Eurospace.

FOR OUR ENGLISH-SPEAKING READERS

SPACE INDUSTRIES

Issue editor: Emmanuel Sartorius

Editorial

Emmanuel Sartorius

Foreword

Laurent Wauquiez

The issues

The European Space Agency's scientific program

Jean-Jacques Dordain

Europe is in the front rank of advances in knowledge thanks to its space programs. During the past thirty years, it has realized a large number of first-timers in space, whether exploring the universe and solar system, improving the understanding of our planet or making progress in the sciences that benefit from special conditions for conducting experiments in space. Examples abound, ranging from landing a probe on Saturn's moon, Titan, through the flights around Mars and Venus and the programs for monitoring the polar ice caps or the salinity of our oceans, to the missions for understanding the physics of weightlessness. This impressive chain of successes has enabled Europe to take the first place in several scientific domains, claim major discoveries and open the way toward spinoffs from this scientific progress. Given its budget (relatively small compared with its principal partners), the EU, through the programs of the European Space Agency (ESA) and its member states, has acquired a competitive technological and industrial infrastructure on the cutting edge of innovation and placed it in the service of communities of scientists on the continent. They are the ones who define the ESA's scientific programs, which are carried out in close cooperation with member states and their national agencies.

France's space policy

Yannick d'Escatha

Without our being aware of it, the space industry is everywhere in our everyday lives owing to the growing number of applications and services for both governments and the general public. Space is, therefore, a strategic sector for public policy, industry, the economy and science. Thanks to its massive investments since the 1960s, France is now a key player in European space policy. The country purposes to hold its position in order to profit from its investments, wield the strong economic leverage gained from the space industry and help build a "Europe of space". The major axes of French space policy are: *a)* Europe and international cooperation; *b)* independence of the access to and use of space; *c)* the utility of space and its applications; and *d)* a competitive industrial, technological base.

What would be the military consequences if France lost its advantages in the space industry?

Colonel Iñaky Garcia-Brotons and François Raffenne

As demonstrated during France's recent military operations abroad, space is highly significant for defense. The credibility of

the country's political and diplomatic position still depends on its ability to evaluate situations autonomously and sovereignly. A loss of autonomy in this domain would have lasting consequences on the country's strategic future and its capacity for remaining in control of its destiny.

The many fields of application

Space and telecommunications

Jean-Paul Brillaud

The space industry's impressive, uninterrupted growth has been fueled by developments in telecommunications and the media. Thanks to the quality technology (uniform, high-definition coverage of the territory) and low transmission costs, satellites are a centerpiece in developing the digital economy and society. In a world where high-speed connections to Internet are becoming a basic commodity like water or electricity, the issue of access for everyone at an affordable price is being raised as a question of fairness among citizens, companies and geographical areas. Given their complementarity with land-based networks, satellites are sources of opportunity and a key vector for reducing the digital gap between haves and have-nots.

Space and services

Eric Béranger

The spectrum of services provided by the space industry covers four main fields: telecommunications, navigation, observation of the Earth, and scientific programs. Telecommunications has experienced a fantastic commercial development thanks to applications, both civilian (such as television) and military. There are many challenges to be taken up. They are not just technical but also social, political and financial. Given their unique properties (ubiquity, precise global coverage, availability), satellites are still the inevitable vector for more and more applications: broadcasting; robust, secure communications; navigation; monitoring; the study of the weather or environment; etc.

New services, newcomers

Alain Bories

This title refers to the media's astonishment when, in January 2010, a small German firm, OHB, won the bid for supplying fourteen satellites to Galileo. Headlines ran: "A hardware shop has beat Carrefour". New services, since Galileo, like GPS, will spawn applications in various fields. Newcomers not just because OHB, in this context, was now playing in the sandbox with big firms but also because the EU Commission has become a new player in the space industry. A sketch of a few elements in the evolution of Europe's space industry...

The space industry is ready to take part in environmental policy

Joël Chenet

Given the deepening climatic and environmental crises, along with the inexorable chain of effects on the planet and its inhabitants, political leaders must, more than ever, act strongly

and coherently. For this purpose, they will be able to rely on an industrial and scientific community that, developed and experienced, can provide solutions and create applications. This will, in turn, help create new jobs in France and Europe.

Prospects for exploring the solar system

Catherine Césarsky and Richard Bonneville

The problems and issues are pointed out related to using human beings and robots to explore the solar system. Exploring Mars is of special, scientific interest, given the still far-off possibility of setting up a manned base there. Plans are being worked out for exploring Mars sooner by using robots, with a program for bringing back samples. Probes could be used to explore the moon and nearby asteroids before sending human beings. Unmanned spacecraft could explore the big planets and their satellites. Given that all this calls for considerable means, broad international cooperation is essential, in particular for manned flights. Europe's assets for contributing to such a program are discussed.

Independent access to space, a precondition for any space policy

Jean-Yves Le Gall

Europe's space policy has been crowned with achievements that are commercial and financial as well as technical: 46 successful launches. They have come out of a resolute, determined policy pursued for more than forty years, at the initiative of France, in particular. This policy arose out of Europe's early awareness of the need to equip itself with satellites so as to ensure its sovereignty and not depend on other nations. Based on the commercial success of Arianspace and on the support of member states in the European Space Agency, the independent access to space is the prerequisite for any space policy.

The European space industry

Anne Bondiou-Clergerie and Jean-Jacques Tortora

Space industry companies in the European manufacturing sector may not seem impressive when measured by sales and the labor force: respectively, 5,4 billion euros in consolidated turnover and 31.000 jobs in 2010. Nonetheless, they have a role to play in the re-industrialization for which policy-makers in all European lands are calling. In this regard, they have several advantages. Space is one of the major technological adventures of our century. Its applications definitely provide economic leverage; they are a source of attractive jobs, which cannot easily be shifted outside the continent.

Major players outside Europe

Adapting American space policy to international changes

Xavier Pasco

The assumed attraction, seen as a "cultural exception", of US space policy has always hidden a mundane reality of short-term calculations, some of them with little regard for solidly grounded scientific strategies. For instance, the program for exploring the moon was mainly a way to proclaim the superiority of the American political and economic system over its Soviet counterpart. During the Clinton administration, the country's ambitions in space were mainly intended to reinforce the nation's economic and industrial supremacy. The Bush administration recentered space policy around defense and directly funded it through major public programs. The use of space is guided by military purposes. In 2012, American space policy, while still referring to the same objectives of power, necessitates other means and new strategies: policies and

budgets must be efficient. Laying claim to the legacy of a previous Democratic administration that touted the economic and political efficiency of public investments, the Obama administration seems to have opened a new chapter in the history of US space policy.

Russia and space

Isabelle Sourbès-Verger

More than twenty years after the breakup of the Soviet Union, Russian space policy is usually perceived and presented as a survival. The failures of launching Soyuz in 2011 and of the Mars probe (Phobos) are evidence supporting this view. Thinly disguised accusations about hostile interference on satellites and broader criticisms of cooperation with the West — which has profited from the excellence of Russian technology without any counterpart through a transfer of technology — have contributed to the petrified image of an isolated community lacking confidence in itself. This interpretation fails, however, to take into account: the restructuring of the Russian space industry; the effort being put into modernization; or the redefinition by political authorities of the country's potential in space as part of a project for restoring national power. These new orientations deserve attention, since their implications, whether for competition or cooperation, reach far beyond Russia, given this country's place in the space industry worldwide.

China and space

Isabelle Sourbès-Verger

In September 2011, the first module of the future Chinese space station was placed in orbit; and in December, a new policy paper came out describing the country's space programs till 2017. China has thus placed itself in a leading role, alongside the USA, whose position in this field is still unequaled despite the difficulties of setting future objectives. This situation evinces the idea of a bipolar world. Beyond current fluctuations in policy-making by both parties, it suggests an eventual reversal of roles, as China becomes the driving force in the conquest of space and the United States slowly wanes owing to a lack of political willpower. But this view, implicit in several analyses, is groundless. Comparing the two countries' technical capacities (as well as the applications related to the space industry and the exploration of space) reveals that China, despite the manned flights, is far behind not only the USA but also Russia, Europe and Japan. Nonetheless, China has both genuine aspirations in this field and long-term plans. Seeming to compete with the world leader is not a source of dissatisfaction to the Chinese. The country's fundamental goals, when placed in context, are of a different sort however. They are mainly related to issues that China must address in order to build the "moderately prosperous society" it wants to become by 2020.

Miscellany

A synopsis of the lecture "The economic and financial crisis in Europe and the United States" by Paul Krugman (winner of the Nobel Prize in economic sciences) in Paris on 31 January 2012, invited by the Cabinet Lunalogic and Annales des Mines

Yves Le Yaouanq and Nicolas Govillot

The winner of the 2008 Nobel Prize in economics, Paul Krugman defended a Keynesian interpretation of the current situation. He dwelled on the positive role of government spending in stimulating the economy, and thrashed the proponents of austerity programs. According to him, the eurozone's problem is not (at least, not just) a lack of discipline

in national budgets. Instead, the size of private indebtedness (households and firms) led to overconsumption and has given rise to current problems. Recalling that the European crisis is both economic and political, this supporter of European federalism advocated setting up a genuine governance for the eurozone, in particular by assigning the European Central Bank a role (similar to that of its American counterpart, the Federal

Reserve) in stimulating the economy, in addition to its current assignment of controlling prices. This expanded authority could apply the solutions advocated by Krugman for handling the crisis, namely the recourse to inflation. Such a solution should not, however, impede the long-term reforms necessary for attenuating Europe's inevitable loss of influence and lightening the burden being transferred to future generations.

AN UNSERE DEUTSCHSPRACHIGEN LESER

DIE RAUMFAHRTINDUSTRIEN

Koordinierung der Beiträge von Emmanuel Sartorius

Leitartikel

Emmanuel Sartorius

Vorwort

Laurent Wauquiez

Die Herausforderungen

Das wissenschaftliche Programm der Weltraumorganisation ESA

Jean-Jacques Dordain

Die Erkenntnisse, die Europa aus seinen Weltraummissionen gewinnen konnte, sichern ihm auf diesem Gebiet einen Platz in der vordersten Reihe.

Im Laufe der letzten dreißig Jahre hat Europa eine große Anzahl von Raumfahrtpremierer erfolgreich durchgeführt, die darauf abzielten das Weltall zu erforschen, das Sonnensystem zu erkunden oder auch unseren Planeten besser zu verstehen. Andre Missionen waren für die Wissenschaften von Bedeutung, die die einzigartigen Bedingungen des Raums ausnutzen.

Eine Fülle von Beispielen lässt sich anführen, sei es die Landung einer Raumsonde auf dem Saturnmond Titan oder seien es die Mars- und Venusmissionen, sei es die Beobachtung des Polareises oder des Salzgehaltes unserer Ozeane oder die Untersuchung der physischen Prozesse unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit.

Dank dieser eindrucksvollen Reihe von Erfolgen konnte Europa auf zahlreichen Gebieten dieser wissenschaftlichen Disziplinen einen Spitzenplatz erreichen, wichtige Entdeckungen für sich beanspruchen und den Weg für Anwendungen und Dienstleistungen bereiten, die auf diesen wissenschaftlichen Fortschritten basieren. So hat Europa für ein bescheidenes Budget (verglichen mit den wichtigsten Partnern) dank der Programme der ESA und ihrer Staaten die Voraussetzungen geschaffen – insbesondere eine technologische und industrielle Basis, die wettbewerbsfähig und auf modernstem Stand ist -, die den Gemeinschaften der Wissenschaftler in Europa zum Vorteil gereichen. Es sind die Letzteren, die den Inhalt der Programme der ESA definieren, die in enger Zusammenarbeit mit den Mitgliedsstaaten der ESA und den jeweiligen nationalen Behörden durchgeführt werden.

Die französische Raumfahrtspolitik

Yannick d'Escatha

Die Sparte der Raumfahrt ist, ohne dass wir uns dessen immer bewusst wären, in unserem Alltag allgegenwärtig, denn auf ihr beruht eine wachsende Anzahl von Anwendungen und operationellen Dienstleistungen für die Regierungen und das breite Publikum.

Die Raumfahrt ist also ein strategisch wichtiger Sektor im Dienst der öffentlichen Politiken, der Industrie, der Wirtschaft und der Wissenschaft.

Dank einer Strategie massiver Investitionen, die seit den 1960er Jahren getätigt wurden, ist Frankreich heute einer der wichtigsten Akteure der europäischen Raumfahrtspolitik. Es ist der Ehrgeiz Frankreichs, diese Positionierung aufrechtzuerhalten, um von diesen Investitionen und dem starken wirtschaftlichen Hebeleffekt der Raumfahrt voll und ganz zu profitieren und zum Aufbau eines Europas der Raumfahrt beizutragen. Die großen Leitlinien der französischen Raumfahrtspolitik sind :

- Europa und die internationale Kooperation,
- die Unabhängigkeit sowohl des Zugangs zum Weltraum als auch der Nutzung,
- der nützliche Weltraum und seine Anwendungen,
- eine wettbewerbsfähige industrielle und technologische Basis.

Mit welchen Folgen hätte Frankreich auf militärischer Ebene zu rechnen, wenn es den Verlust seiner Raumfahrtkapazitäten hinnehmen müsste ?

Colonel Iñaky Garcia-Brotons und François Raffenne

Wie die letzten militärischen Operationen Frankreichs auf ausländischen Kriegsschauplätzen gezeigt haben, ist die Raumfahrt für das gesamte Spektrum der Verteidigungsmissionen von hoher Bedeutung.

Die Glaubwürdigkeit der politischen und diplomatischen Positionierung Frankreichs bleibt an seine Fähigkeit gebunden, jede Situation autonom und souverän einschätzen zu können.

Der Verlust der Autonomie auf diesem Gebiet hätte für Frankreich nachhaltige Folgen für seine strategische Zukunft und seine Fähigkeit, Herr seines Geschicks zu bleiben.

Die Vielfalt der Anwendungsgebiete

Weltraum und Telekommunikation

Jean-Paul Brillaud

Zu dem beeindruckenden und unaufhörlichen Wachstum der Raumfahrtindustrie hat auch dasjenige des Sektors der Medien und der Telekommunikation in seiner Gesamtheit beigetragen.

Dank seiner technologischen Qualität (hochauflösende Übertragungsqualität, flächendeckend, gleichförmig) und seiner geringen Sendekosten ist der Satellit ein wesentliches Glied der Entwicklung der digitalen Wirtschaft und Gesellschaft. In einer Welt, in der der Breitband-Internetzugang zu einer ebenso wesentlichen Annehmlichkeit wird wie das Wasser oder der Strom, wird die Frage des Zugangs für alle zu einem erschwinglichen Preis zu einer Frage der Gerechtigkeit zwischen den Bürgern, zwischen den Unternehmen und den Regionen. Auch hier eröffnet der Satellit durch seine Komplementarität zu den terrestrischen Netzen neue Möglichkeiten und wird zum wesentlichen Vektor der Reduzierung digitaler Ungleichheit.

Der Weltraum und die Dienstleistungen

Eric Béranger

Das Spektrum der Raumfahrt umfasst vier große Anwendungsbereiche : die Telekommunikation, die Navigation, die Erderkundung und die wissenschaftlichen Missionen.

Die Telekommunikation hat die spektakulärste kommerzielle Entwicklung dank ziviler Anwendungen (wie das Fernsehen) oder militärischer Nutzung erfahren. Es fehlt nicht an neuen Herausforderungen. Sie sind zwar in erster Linie technischer Natur, haben aber gleichzeitig soziale, politische und finanzielle Seiten.

Aufgrund seiner einzigartigen Eigenschaften (Allgegenwart, globale und genaue Vision, Betriebsfähigkeit) ist und bleibt der Satellit der unumgängliche Vektor für eine wachsende Anzahl von Verwendungsmöglichkeiten : Fernsehübertragungen, gesicherte und robuste Verbindungen, Navigation, Erkundung, Klimabeobachtung, Umwelt ...

Neulinge für neue Dienstleistungen

Alain Bories

Der französische Titel dieses Artikels, *A nouveaux services, nouveaux entrants*, reagiert auf die erstaunten Medienstimmen, die im Januar 2010 mit reißerischen Schlagzeilen wie „Die Drogerie gewinnt gegen Carrefour“ die Nachricht kommentierten, OHB, ein mittelständisches deutsches Unternehmen habe im Rahmen einer Angebotsausschreibung den Auftrag für die Lieferung von vierzehn Satelliten der Konstellation Galileo erhalten. Es handelt sich um neue Dienstleistungen, denn Galileo wird wie GPS die Entwicklung neuer Anwendungen auf vielen Gebieten nach sich ziehen. Es ist ein neuer Anbieter, nicht nur weil OHB als Neuling in die Sphäre der Großen der Raumfahrtindustrie aufgenommen wurde, sondern auch weil die EU durch die Kommission zu einem neuen Akteur auf diesem Gebiet geworden ist. Wir widmen uns in diesem Artikel diesen verschiedenen Themen, ohne den Anspruch zu erheben, sie erschöpfend zu behandeln, möchten aber die Entwicklung der europäischen Raumfahrtpolitik in wenigen Skizzen verständlich machen.

Die Raumfahrtindustrie ist darauf vorbereitet, der Umweltpolitik zu dienen

Joël Chenet

Während die Klima- und Umweltkrise andauert und mit ihren unerbittlichen Folgen dem Planeten und dem Leben seiner Bewohner Schaden zufügt, müssen die Regierungen mehr denn je wirksame und kohärente Maßnahmen auf diesem Gebiet treffen. Sie werden sich zu diesem Zweck auf eine industrielle und wissenschaftliche Gemeinschaft stützen können, die strukturiert und erfahren ist, und deshalb in der Lage ist, Lösungen vorzuschlagen und Anwendungen zu generieren, die ihrerseits zur Schaffung neuer Arbeitsplätze in Frankreich und in Europa beitragen können.

Die Aussichten der Erforschung des Sonnensystems

Catherine Césarsky und Richard Bonneville

Wir erinnern zuerst an die Problematik und an die Herausforderungen der robotergestützten und bemannten Erforschung des Sonnensystems. Die Erforschung des Mars ist aus wissenschaftlichen Gründen und aufgrund der noch in weiter Ferne liegenden Perspektive einer bemannten Mission von besonderem Interesse. Mehrere komplementäre Wege zeichnen sich ab, mittelfristig die Erforschung des Mars durch den Einsatz von Robotern, mit einem Programm von Probenentnahmen als entscheidender Etappe, und nach automatischen Vorläufermissionen die bemannte Erforschung des Mondes und der nahen Asteroiden sowie automatische Missionen zu den riesigen Planeten und ihren Monden. Aufgrund der beträchtlichen erforderlichen Ressourcen ist eine breite internationale Zusammenarbeit nötig, insbesondere für die bemannten Missionen. Zuletzt prüfen wir, über welche Trümpfe Europa verfügt, um zu einem solchen Programm beizutragen.

Der unabhängige Zugang zum Weltall : eine Vorbedingung für jede Raumfahrtpolitik

Jean-Yves Le Gall

Die europäische Raumfahrtpolitik zeichnet sich vor allem durch ihre technischen (mit 46 erfolgreichen Starts) aber auch durch ihre kommerziellen und finanziellen Erfolge aus.

Diese Erfolge sind das Ergebnis einer entschlossenen und bestimmten europäischen Raumfahrtpolitik, die seit mehr als 40 Jahren durchgeführt wird (vor allem dank der französischen Initiative). Diese voluntaristische Politik ist darauf zurückzuführen, dass Europa sich sehr früh der Notwendigkeit bewusst war, über Satelliten verfügen zu müssen, um seine Souveränität abzusichern (und also nicht von anderen Nationen abhängig zu sein).

Ein unabhängiger Zugang zum Weltraum, der auf dem kommerziellen Erfolg von *Arianespace* und auf der notwendigen Unterstützung der Mitgliedsstaaten der ESA beruht, ist die Vorbedingung für jede Raumfahrtpolitik.

Die europäische Raumfahrtindustrie

Anne Bondiou-Clergerie und Jean-Jacques Tortora

Die europäischen Fertigungsindustrien im Raumfahrtsektor mögen gemessen an ihrem Umsatz und ihrem Personalbestand relativ bescheiden erscheinen (mit einem konsolidierten Umsatz von 5,4 Mrd Euro und 31 000 Arbeitsplätzen im Jahr 2010 in Europa), sie werden jedoch unbestreitbar eine Rolle in der Reindustrialisierung spielen, die von allen europäischen Regierungen herbeigewünscht wird. Sie verfügen tatsächlich über vielfältige Vorteile : sie nehmen an den großen technologischen Abenteuern unseres Jahrhunderts teil ; außerdem können sie unbestreitbar einen wirtschaftlichen Hebeleffekt durch ihre Anwendungen ausüben und zu attraktiven Arbeitsplätzen beitragen, die wohl keiner Auslagerung zum Opfer fallen.

Die großen Akteure außerhalb Europas

Die Anpassung der amerikanischen Raumfahrtpolitik an die internationalen Veränderungen

Xavier Pasco

Hinter der mutmaßlichen politischen Begeisterung der Vereinigten Staaten für die Raumfahrt, die als kulturelle Ausnahme galt, hat sich immer eine prosaischere Realität verborgen, die auf einem kurzfristigen Kalkül beruht, das bisweilen wenig um wohldurchdachte wissenschaftliche Strategien bemüht ist. So war das Programm zur Erforschung des Mondes vor allem das Mittel, um die Überlegenheit des amerikanischen ökonomisch-politischen Systems über den sowjetischen Gegenspieler zu proklamieren. In den 1990er Jahren, unter der Präsidentschaft von Clinton, zielte die Nutzung der amerikanischen Raumfahrtkapazitäten darauf ab, die wirtschaftliche und industrielle Vorherrschaft des Landes zu stärken.

Während der Amtszeit des Präsidenten Bush veränderte sich der Blickwinkel zugunsten der Verteidigungsbemühungen, die im Rahmen großer öffentlicher Programme die Erhöhung der direkten Finanzierung der amerikanischen Raumfahrtpolitik nach sich zogen. Die Nutzung der Raumfahrt wurde durch militärische Zwecke bestimmt.

Wenn im Jahr 2012 die amerikanische Raumfahrtpolitik weiterhin dieselben Machtziele verfolgt, so setzt sie doch andere Mittel und neue Strategien ein. Es ist die Stunde der politischen und etatmäßigen Effizienz.

Als Präsident Obama sich auf alte demokratische Traditionen berief, die die wirtschaftliche und politische Effizienz der öffentlichen Investitionen hervorheben, leitete er offenbar ein neues Kapitel in der Raumfahrtspolitik der Vereinigten Staaten ein.

Russland und die Raumfahrt

Isabelle Sourbès-Vergier

Die russische Raumfahrtsparte, so heißt es immer wieder, befindet sich nach mehr als zwanzig Jahren seit dem Zerfall der Sowjetunion in einem schwierigen Überlebenskampf. Die Pannenserie des Sojus-Programms von 2011 sowie das Scheitern der Marssonde Phobos könnten diese Anschauung bestätigen. Zu dieser klischeehaften Vorstellung einer isolierten Gemeinschaft, die an sich selber zweifelt, tragen die kaum verhüllten Anschuldigungen bei, in denen mögliche feindliche Interferenzen im Satelliten angeführt werden, sowie weitgehende Kritiken, die auf Fehler in der westlichen Zusammenarbeit hinweisen, die von der russischen Spitzentechnologie ohne Gegenleistung im Technologietransfer profitiert habe. Diese Darstellung lässt jedoch außer Acht, dass die russische Raumfahrtindustrie einer Umstrukturierung unterzogen wird, dass sie Modernisierungsanstrengungen unternimmt, und dass die Regierung die Bedeutung der Raumfahrt im Rahmen des nationalen Projekts, das auf die Wiederherstellung der Machtposition Russlands abzielt, neu definiert hat. Nun verdienen diese neuen Orientierungen durchaus unsere Beachtung, denn ihre Implikationen gehen weit über den russischen Rahmen hinaus, da die Mittel dieses Landes in der internationalen Konstellation der Raumfahrt einen besonderen Stellenwert haben, gleich ob es um Wettbewerb oder um Zusammenarbeit geht.

China und die Raumfahrt

Isabelle Sourbès-Vergier

Im Jahr 2011 (im September) trug eine Trägerrakete das Grundmodul der zukünftigen chinesischen Raumstation in die Erdumlaufbahn und kurz darauf (im Dezember) erschien das chinesische Weißbuch zur Raumfahrt, in dem die bis 2017 vorgesehenen Raumfahrtprogramme beschrieben sind. Auf dem Gebiet der Raumfahrt hat China nunmehr eine Spitzenposition an der Seite der Vereinigten Staaten erreicht (deren Vormacht unerreich bleibt, ganz gleich auf welche Schwierigkeiten sie heute bei der neuen Definition ihrer zukünftigen Ziele stoßen). Angesichts dieser Situation verdichtet sich die Idee von zwei einzigen Polen ehrgeiziger Politiken, die jenseits der Theorie des aktuellen Ausgleichs zwischen den konkurrierenden Ambitionen, stillschweigend voraussetzt, dass eine Umkehrung der Rollen möglich sei, und dass China der Antriebsmotor der Eroberung des Weltraums werde, während die Vereinigten Staaten langsam an Bedeutung verlore, da es ihnen an der gleichen politischen Entschlossenheit fehlte.

Aber diese Vision, die zahlreichen Analysen zugrunde liegt, ist sehr artifiziell. Wenn man die technischen Fähigkeiten vergleicht, so ist festzustellen, dass China trotz seiner bemannten

Weltraumflüge nicht nur sehr weit hinter den Vereinigten Staaten liegt, sondern auch hinter Russland, Europa oder Japan (wenn man andere Felder berücksichtigt, wie die Anwendungen der Raumfahrt und die Erforschung des Weltalls...).

Es lässt sich jedoch nicht leugnen, dass China reelle Absichten und langfristige Pläne auf dem Gebiet der Raumfahrt verfolgt. Die Vorstellung, als Konkurrent der größten Macht auf diesem Gebiet eingeschätzt zu werden, wird China jedoch sicher nicht missfallen. Seine fundamentalen Ziele, betrachtet man sie als solche in ihrem eigenen Kontext, sind jedoch von einer anderen Art : sie sind im wesentlichen mit den Aufgaben verknüpft, deren Bewältigung China sich schuldig ist, um die „moderat prosperierende Gesellschaft“ aufzubauen, zu der es sich bis 2020 unbedingt entwickeln möchte.

Sonderthema

Zusammenfassung des Vortrags „Die Wirtschafts- und Finanzkrise in Europa und den Vereinigten Staaten“, den der Nobelpreisträger für Wirtschaft, Paul Krugman, am 31. Januar 2012 in Paris auf Einladung des Cabinet Lunalogic in Partnerschaft mit den Annales des Mines hielt.

Yves Le Yaouanq und Nicolas Govillot

Der Nobelpreisträger für Wirtschaft, 2008, Paul Krugman, nimmt in der gegenwärtigen Krise einen keynesschen Standpunkt ein und besteht auf der positiven Rolle öffentlicher Ausgaben für die Ankurbelung der Wirtschaft. Aus diesem Grund übt er heftige Kritik an den Befürwortern der strengen Sparpläne.

Für ihn ist das Problem der Eurozone nicht das der mangelnden Haushaltsdisziplin der Staaten (wenigstens nicht ausschließlich), sondern das der hohen privaten Schulden (private Haushalte und Unternehmen), die mit einer Überkonsumtion einhergehen, und die für die gegenwärtigen Ungleichgewichte der Handelsbilanzen verantwortlich sind. In diesem Vortrag betonte Paul Krugman, dass die Krise, von der Europa betroffen ist, sowohl wirtschaftlicher als auch politische Natur ist. Deshalb hält Paul Krugman, der einen europäischen Föderalismus befürwortet, eine Entwicklung für notwendig, die darauf abzielt, die Währungszone mit einer regelrechten Regierungsinstanz auszustatten, insbesondere indem man der EZB, nach dem Vorbild ihrer amerikanischen Schwester, der *Federal Reserve*, die Aufgabe überträgt, neben der aktuellen Rolle der Preiskontrolle die Wirtschaftstätigkeit zu stimulieren. Es wäre eine neue Kompetenz, die für die von Paul Krugman befürwortete Lösung der Krise, diejenige der Zuflucht zur Inflation, nützlich sein könnte.

Eine Lösung, die jedoch nicht verhindern darf, dass längerfristige Reformen durchgeführt werden, die notwendig sind, um die Last, die den zukünftigen Generationen hinterlassen wird, leichter zu machen und um den unvermeidbaren Bedeutungsverlust Europas zu mildern.



A NUESTROS LECTORES DE LENGUA ESPAÑOLA

LAS INDUSTRIAS ESPACIALES

El dossier fue coordinado por Emmanuel Sartorius

Editorial

Emmanuel Sartorius

Prefacio

Laurent Wauquiez

TEMAS PRINCIPALES

El programa científico de la Agencia Espacial Europea

Jean-Jacques Dordain

Europa está a la vanguardia del conocimiento aeroespacial gracias a sus misiones en el espacio.

En los últimos treinta años, Europa ha sido pionera en una gran variedad de campos relacionados con las misiones espaciales, ya sea en la exploración del universo, el descubrimiento del sistema solar, la comprensión de la Tierra o las ciencias que analizan las condiciones particulares del entorno espacial.

Los ejemplos no faltan: ya se trate del alunizaje de una sonda en Titán, la luna de Saturno, de misiones alrededor de Marte y Venus, de misiones destinadas a vigilar el hielo polar o la salinidad de los océanos, o incluso la comprensión de los procesos físicos en la ausencia de gravedad.

Esta impresionante serie de éxitos ha permitido a Europa estar a la vanguardia en muchas disciplinas científicas, realizar descubrimientos importantes y abrir el camino a aplicaciones y servicios derivados de los avances científicos. Así, por un presupuesto modesto (en comparación con los de sus principales asociados), Europa, a través de los programas de la Agencia Espacial Europea (ESA por sus siglas en inglés) y de sus Estados, dispone de medios (principalmente de una base tecnológica e industrial competitiva e innovadora) que se han puesto al servicio de las comunidades científicas de sus países. Estas comunidades definen el contenido de los programas científicos de la ESA, que se llevan a cabo en estrecha cooperación con los Estados miembros de la ESA y sus respectivas agencias nacionales.

La política espacial francesa

Yannick D'Escatha

El sector espacial está presente en nuestra vida cotidiana, sin que necesariamente nos demos cuenta, a través de un número creciente de aplicaciones y servicios operativos para el Estado y el público en general.

De esta forma, el espacio es un sector estratégico al servicio de las políticas públicas, la industria, la economía y la ciencia.

Gracias a una estrategia de inversiones masivas realizadas en los años 1960, Francia se ha convertido en un actor importante en la política espacial europea. La ambición de Francia es mantener esta posición para aprovechar plenamente sus inversiones y los beneficios económicos del sector espacial, y contribuir a la construcción de una Europa del espacio. Las principales áreas de la política espacial de Francia son las siguientes:

- Europa y la cooperación Internacional,
- La independencia del acceso y utilización del espacio,
- El espacio útil y sus aplicaciones,
- Una base industrial y tecnológica competitiva.

¿Cuáles serían las consecuencias al nivel militar si Francia perdiese sus capacidades espaciales?

Coronel Iñaky García-Brotons y François Raffenne

Tal como lo han demostrado las recientes operaciones militares de Francia en el extranjero, la importancia del sector espacial en las misiones de defensa es indudable.

La credibilidad de la posición política y diplomática de Francia está sujeta a su capacidad para evaluar cada situación de forma independiente y soberana.

Para Francia, la pérdida de autonomía en la materia tendría consecuencias duraderas sobre el desarrollo estratégico futuro y la capacidad de seguir siendo un país dueño de su destino.

Diversos campos de aplicación

Espacio y telecomunicaciones

Jean-Paul Brillaud

El crecimiento impresionante y continuo de la industria espacial ha sido impulsado por el sector de los medios de comunicación y las telecomunicaciones.

Con su calidad tecnológica (transmisiones de alta definición en cualquier parte del territorio de manera uniforme) y sus bajos costes de difusión, el satélite es un elemento importante en el desarrollo de la economía y la sociedad digital.

En un mundo en el que el acceso a Internet de banda ancha se ha convertido en un bien esencial de la misma manera que el agua o la electricidad, la cuestión de la accesibilidad para todos a un precio asequible se convierte en un tema de equidad entre los ciudadanos, empresas y territorios. Una vez más, debido a su complementariedad con las redes terrestres, el satélite ofrece oportunidades y se afirma como el elemento esencial para reducir la brecha digital.

El espacio y los servicios

Eric Béranger

El espectro de servicios espaciales abarca cuatro tipos de aplicaciones principales: las telecomunicaciones, la navegación, la observación de la Tierra y las misiones científicas.

Las telecomunicaciones han conocido el mayor desarrollo comercial a través de las aplicaciones civiles (como la televisión) o militares.

Los desafíos futuros son numerosos. No sólo técnicos sino también sociales, políticos y financieros.

Gracias a sus propiedades únicas (ubicuidad, visión global o precisa, disponibilidad), el satélite es y sigue siendo el vector esencial para un número creciente de aplicaciones: teledifusión, comunicaciones seguras y estables, navegación, vigilancia, estudio de los fenómenos meteorológicos, del medio ambiente, etc.



*Nuevos actores para nuevos servicios***Alain Bories**

El título de este artículo, Nuevos actores para nuevos servicios, refleja el asombro de los medios cuando OHB, una PYME alemana, ganó la licitación para el abastecimiento de 14 satélites de la constelación Galileo, en enero de 2010, con títulos atractivos como "El tendero le ganó a Carrefour". Nuevos servicios ya que Galileo, como el GPS, liderará el desarrollo de numerosas aplicaciones en diversos campos. Nuevos actores, no sólo porque OHB fue admitido, en este contexto, en las grandes ligas del espacio, sino también porque la Unión Europea, a través de la Comisión, se ha convertido en un nuevo actor en el campo espacial. Estos son los temas que discutimos en este artículo, sin ser exhaustivos, pero analizando algunos elementos de la evolución del sector espacial en Europa.

*La industria espacial está lista para orientar las políticas ambientales***Joël Chenet**

Aunque la crisis climática y ambiental continúe, con el encadenamiento inexorable de sus efectos sobre el planeta y la vida de sus habitantes, más que nunca los líderes políticos deben emprender acciones fuertes y constantes en esta área. Para ello, pueden confiar en una comunidad industrial y científica estructuradas y con experiencia, capaces de ofrecer soluciones y crear aplicaciones que, a su vez, ayudan a crear nuevos empleos en Francia y Europa.

*Las perspectivas de exploración del sistema solar***Catherine Césarsky y Richard Bonneville**

Recordamos en primer lugar los problemas y retos de la exploración robótica y humana del sistema solar. La exploración de Marte es de particular interés por su importancia científica y la perspectiva, aún lejana, de una exploración tripulada. Varios enfoques complementarios ven a medio plazo la exploración robótica de Marte, con un programa de retorno de muestras como un paso importante, la exploración humana de la Luna y de los asteroides cercanos, precedida por misiones precursoras automáticas, misiones robóticas a los planetas gigantes y sus satélites. Dada la importancia de los recursos, se requiere una amplia cooperación internacional, especialmente para las misiones tripuladas. Examinaremos los puntos fuertes de Europa para contribuir a dicho programa.

*El acceso independiente al espacio, una condición previa para las políticas espaciales***Jean-Yves Le Gall**

La Europa espacial se caracteriza por sus éxitos técnico (con 46 lanzamientos con éxito), pero también financieros y comerciales.

Estos éxitos son el resultado de una política espacial europea firme y decidida desde hace más de 40 años (sobre todo por iniciativa de Francia).

Esta política proactiva resulta de la temprana concienciación europea de la necesidad de contar con satélites para garantizar su soberanía (y no depender de otras naciones).

Un acceso independiente al espacio, basado en el éxito comercial de Arianespace y el apoyo necesario de los Estados miembros de la Agencia Espacial Europea, es el requisito previo para cualquier política espacial.

*La industria espacial europea***Anne Bondiou-Clergerie y Jean-Jacques Tortora**

Si las industrias espaciales europeas pueden parecer relativamente modestas en términos de sus volúmenes de negocios y mano de obra total (respectivamente 5400 millones

de euros en ingresos consolidados y 31.000 empleos en 2010 en Europa) claramente desempeñan un papel en la reindustrialización que todas las políticas europeas reclaman. A este respecto, ofrecen varias ventajas: en efecto, forman parte de las grandes aventuras tecnológicas de nuestro siglo. Asimismo, pueden tener una influencia económica innegable a través de sus aplicaciones y proporcionan una reserva de empleos atractivos y poco afectados por las deslocalizaciones.

Los grandes actores fuera de Europa

*La adaptación de la política espacial a los cambios internacionales***Xavier Pasco**

Percibido como una excepción cultural, el atractivo político de los Estados Unidos por el espacio ha ocultado siempre una realidad más prosaica de cálculos a corto plazo, a veces sin tener en cuenta estrategias científicas bien definidas. Así, el programa de exploración lunar era sobre todo una manera de proclamar la superioridad del sistema político y económico americano frente a su equivalente soviético.

En la década de 1990, durante el gobierno de Clinton, el uso de las capacidades espaciales de los Estados Unidos se destinó principalmente a reforzar la supremacía económica e industrial del país.

Bajo el Presidente Bush, se lleva a cabo un retorno a la defensa con la reactivación de la financiación directa de la política espacial de los Estados Unidos a través de grandes programas públicos. El uso del espacio es guiado por los objetivos militares.

En 2012, aunque las políticas espaciales de los Estados Unidos sigan invocando los mismos objetivos de potencia, se utilizan otros métodos y nuevas estrategias. Es la hora de la eficacia política y presupuestaria.

El presidente Obama, que reivindica la herencia demócrata que defendía la eficiencia política y económica de la inversión pública, parece haber dado un giro en la historia de las políticas espaciales de los Estados Unidos.

*Rusia y el espacio***Isabelle Sourbès-Verger**

Más de 20 años después de la desintegración de la Unión Soviética, la supervivencia del sector aeroespacial ruso se muestra y presenta como difícil. Los fracasos de los lanzadores Soyuz en 2011 y el de la sonda Fobos de Marte parecen reforzar esta opinión. En este sentido, las acusaciones de posibles interferencias en el sector de los satélites, pero también las críticas que sugieren fallos más amplios de la cooperación occidental, que ha aprovechado la excelente tecnología rusa sin haber dado nada a cambio en términos de transferencia de tecnología, contribuyen a esta imagen fija de una comunidad aislada y que duda de sí misma. No obstante, esta interpretación no tiene en cuenta la actual reestructuración de la industria espacial rusa, sus esfuerzos de modernización, ni la redefinición política de la capacidad espacial en el proyecto nacional para restaurar la potencia rusa. Ahora bien, estas nuevas directrices merecen nuestra atención porque sus consecuencias van mucho más allá de Rusia debido a los medios de ese país en el panorama internacional del espacio, tanto en materias de competencia como de cooperación.

*China y el espacio***Isabelle Sourbès-Verger**

En septiembre de 2011 el mundo fue testigo del lanzamiento del módulo de base de la futura estación espacial china, y en diciembre el lanzamiento del nuevo Libro Blanco chino sobre el



espacio que describe los programas espaciales previstos hasta el año 2017. En el campo de la actualidad del espacio, China está en primera fila junto a los Estados Unidos (cuyo poderío espacial sigue siendo insuperable pese a las dificultades que enfrentan actualmente en la redefinición de sus objetivos futuros). Esto refuerza la idea de dos polos de ambición e implica, más allá de la oscilación actual construida entre las ambiciones de cada país, la idea de una posible inversión de los papeles, con China como motor de la carrera espacial y los EE.UU. disminuyendo lentamente por falta de una voluntad política fuerte.

Pero esta visión, que implica muchos análisis, es muy artificial. Si se comparan las capacidades técnicas, vemos que a pesar de los vuelos espaciales, China está muy lejos no sólo de los Estados Unidos, sino también de Rusia, Europa o Japón (si consideramos otros campos, como las aplicaciones y la exploración espacial, etc.).

Sin embargo, esto no impide que China tenga aspiraciones reales en el espacio y planes a largo plazo. La idea de aparecer como el competidor de la primera potencia espacial mundial ciertamente no le desagrada. No obstante, sus objetivos fundamentales, si se estudian como tal, en su propio contexto, son de otra clase: principalmente están relacionados con los desafíos que China debe afrontar con el fin de construir la "sociedad moderadamente próspera" que quiere llegar a ser de aquí a 2020.

Otros temas

Síntesis de la conferencia sobre el tema "La crisis económica y financiera en Europa y Estados Unidos", realizada en París el

martes 31 de enero de 2012, del premio Nobel de economía Paul Krugman, invitado por el gabinete Lunalogic en asociación con los Annales des Mines.

Yves Le Yaouanq y Nicolas Govillot

Premio Nobel de Economía en 2008, Paul Krugman defiende un punto de vista keynesiano de la crisis actual, haciendo hincapié en el papel positivo que puede desempeñar el gasto público para estimular la economía, enfrentándose así a los partidarios de los planes de austeridad.

Para él, el problema de la zona del euro no es el de la indisciplina presupuestaria de los Estados (al menos no exclusivamente), sino más bien el de la importancia de la deuda privada (hogares y empresas), generadora de un sobreconsumo, fuente de los desequilibrios comerciales actuales.

Durante la conferencia, Paul Krugman recordó que la crisis europea es tanto económica como política. En este sentido, Paul Krugman, defensor del federalismo europeo, aboga por una evolución necesaria para proporcionar a la zona monetaria de un sistema de gobierno real, principalmente dando al Banco Central Europeo, a la imagen de su equivalente la Reserva Federal de los EE.UU., la misión de estimular la actividad económica, además de su misión actual de control de precios. Una nueva función que puede ser muy útil para poner en obra la solución defendida por Paul Krugman para hacer frente a la crisis: recurrir a la inflación.

Una solución que no debe excluir la aplicación de reformas a largo plazo necesarias para reducir la carga de las generaciones futuras y minimizar la inevitable pérdida de influencia de Europa.



BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner accompagné de votre règlement
aux Editions ESKA <http://www.eska.fr>
12, rue du Quatre-Septembre - 75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

Je m'abonne pour 2012 aux Annales des Mines :

Réalités Industrielles

4 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 88 €	<input type="checkbox"/> 107 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 114 €	<input type="checkbox"/> 138 €

Réalités Industrielles + Responsabilité & Environnement

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 168 €	<input type="checkbox"/> 202 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 211 €	<input type="checkbox"/> 273 €

Réalités Industrielles + Gérer & Comprendre

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 168 €	<input type="checkbox"/> 202 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 211 €	<input type="checkbox"/> 273 €

Réalités Industrielles + Gérer & Comprendre + Responsabilité & Environnement

12 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 214 €	<input type="checkbox"/> 271 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 317 €	<input type="checkbox"/> 379 €

Nom

Fonction

Organisme

Adresse

Je joins : un chèque bancaire à l'ordre des Editions ESKA
 un virement postal aux Editions ESKA,
CCP PARIS 1667-494-Z
 je souhaite recevoir une facture

DEMANDE DE SPÉCIMEN

A retourner à la rédaction des Annales des Mines
120, rue de Bercy - Télédod 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68 - Fax : 01 53 18 52 72

Je désire recevoir, dans la limite des stocks
disponibles, un numéro spécimen :

- de la série **Réalités Industrielles**
 de la série **Gérer & Comprendre**
 de la série **Responsabilité & Environnement**

Nom

Fonction

Organisme

Adresse

Publié par
**ANNALES
DES
MINES**
Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les Annales des Mines éditent trois séries complémentaires :

**Réalités Industrielles,
Gérer & Comprendre,
Responsabilité & Environnement.**

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. Gérer & Comprendre va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

L'INDUSTRIE
AU
CONCRET