

Rapport Science et Technologie
La recherche spatiale en France

I

**La recherche spatiale : stratégie et
structuration de la programmation au
sein de l'Europe**

II

La recherche spatiale : forces et faiblesses,
analyse par disciplines

Membres du groupe de travail

Jacques BLAMONT
Jean DERCOURT
Pierre ENCRENAZ
Jean-Louis FELLOUS
Pierre LALLEMAND
Jean-Louis LE MOUËL
Gérard MÉGIE
Jean-François MINSTER (Coordinateur)
Jean-Loup PUGET (Coordinateur)

Résumé

Première partie du rapport Science et Technologie de l'Académie des sciences sur la recherche utilisant des moyens spatiaux proposant une série de recommandations sur l'organisation de la recherche spatiale et son financement.

Le Livre blanc pour une politique spatiale européenne, élaboré par la Commission européenne et l'Agence spatiale européenne, affirme dans son préambule la nécessité d'une politique spatiale ambitieuse à l'échelle de l'Union élargie, en raison du caractère stratégique de l'Espace et de la multiplicité de ses applications. Il affirme l'importance pour l'Europe de maintenir un accès autonome à l'Espace. Il reconnaît les contributions de la recherche spatiale dans le passé et son rôle dans la formation d'une communauté de haut niveau.

Cependant, il apparaît à l'Académie des sciences qu'il faut insister sur la nécessité de faire les efforts nécessaires en termes de moyens humains et financiers et d'évolution des structures, afin que la recherche spatiale européenne puisse conserver sa compétitivité.

Sur ces points, l'Académie des sciences avait apporté sa contribution, dans les délais, à la rédaction du Livre blanc.¹

Le présent rapport constitue une explicitation de la position de l'Académie des sciences, qui a entrepris une réflexion sur les recherches scientifiques utilisant les moyens spatiaux. Cette réflexion est divisée en deux étapes. La première, présentée ici, concerne les questions de stratégie, de programmation scientifique et d'organisation de ces recherches en Europe et en France. La seconde sera consacrée à une analyse des forces et faiblesses de la communauté française dans les différentes disciplines intéressées par les recherches spatiales.

Le présent rapport discute les aspects d'organisation et propose une série de recommandations en s'appuyant sur les travaux listés dans le chapitre 3 qui constituent les bases de ce rapport. Des indications sont ensuite données sur le second sujet.

1 Le contexte général de la recherche scientifique spatiale en France et en Europe

L'Espace a ouvert un ensemble d'applications d'ordre stratégiques et industrielles et permis le développement de recherches scientifiques. L'organisation des recherches scientifiques utilisant les moyens spatiaux constitue le thème du présent rapport.

1.1 La communauté scientifique et ses besoins en recherche spatiale face aux évolutions de l'organisation de l'Espace en Europe

L'Espace offre à la communauté scientifique un certain nombre de capacités d'investigation uniques et essentielles pour certaines disciplines ou sous disciplines aussi bien en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée² :

- observation globale et sur de longues périodes de la Terre aussi bien ses enveloppes fluides que sa surface ou la Terre interne : géophysique, sciences de l'environnement, agronomie, risques naturels, pollution ;

1. Texte voté le 27 mai 2003, voir annexe.

2. Pour une description détaillée des domaines de recherche spatiale, on se reportera au deuxième rapport dont une ébauche de plan est donnée dans la dernière section.

- observation de l'univers hors de l'atmosphère terrestre : astronomie, cosmologie, physique fondamentale utilisant l'Univers comme laboratoire, exobiologie ;
- observation in situ du système solaire : physique des plasmas, planétologie comparée, interactions Soleil Terre (météorologie de l'Espace), exobiologie ;
- expérimentation en microgravité : physique expérimentale, médecine spatiale.

Les sciences de l'environnement et la géophysique qui ont un besoin impératif de l'Espace sont liées à des questions essentielles pour l'humanité : développement durable, préservation de l'environnement, surveillance contre les catastrophes naturelles.

La France a joué un rôle pionnier dans le développement des premières recherches spatiales en Europe avec la création, dans les années 60, du Cnes et des laboratoires spécialisés dans la recherche spatiale travaillant sur les plasmas interplanétaires, l'astronomie avec les radiations inobservables du sol (ultraviolet et rayons X et gammas), l'aéronomie. Il convient aussi de rappeler les importants développements dans le domaine de la géodésie spatiale et de souligner le rôle des développements instrumentaux et des techniques d'analyse de données associées.

Le rôle de la France a été important grâce à des missions spatiales dirigées par le Cnes et à des collaborations bilatérales avec les deux grandes puissances spatiales des années 60 à 80 (USA et URSS). La France a aussi contribué fortement aux missions spatiales de l'Agence spatiale européenne qui ont pris une importance croissant rapidement à partir du milieu des années 80 avec l'augmentation des ressources du programme scientifique dit « obligatoire ».

Des disciplines nouvelles ont dans la même période commencé à utiliser l'Espace principalement pour l'observation de la Terre. La France a, dans ce domaine comme dans le précédent, joué un rôle pionnier avec le programme exemplaire TOPEX-POSEIDON en collaboration bilatérale Cnes-Nasa. Le rôle de l'Agence spatiale européenne (ESA) a crû rapidement à partir du milieu des années 80 avec les grands programmes optionnels en environnement (ERS 1 et 2, ENVISAT) et le nouveau programme EARTH EXPLORER – Living Planet, fondé sur les méthodes de sélection du programme obligatoire. Du fait du fort lien avec les applications et les satellites opérationnels, la recherche spatiale s'est développée sur un mode différent des premières disciplines, les expériences étant réalisées plutôt dans l'industrie sous la maîtrise d'ouvrage et parfois la maîtrise d'œuvre des agences spatiales (Cnes et ESA). L'utilisation des mêmes techniques instrumentales dans des observations spatiales destinées soit à la recherche soit à des missions opérationnelles devant être régulièrement renouvelées (météorologie, surveillance des océans ou des surfaces continentales, sécurité) justifie une participation accrue des industriels par rapport à celle des laboratoires.

C'est ainsi que, pour la météorologie et les études de climat, les satellites opérationnels fournissent des données qu'utilise la recherche soit pour ses besoins propres soit pour contribuer à l'amélioration des modèles de l'atmosphère. Dans ce cas, les applications opérationnelles nécessitent un apport constant de données sur de longues périodes, ce qui conduit à des séries de satellites que fournissent les industriels après la mise au point d'un premier exemplaire sous

maîtrise d'œuvre des agences spatiales (ESA, Cnes) en étroite concertation avec le groupement EUMETSAT. Notons que réciproquement les instruments conçus pour la recherche fournissent dans certains cas des données que la météorologie opérationnelle utilise à titre expérimental.

Il faut noter qu'une grande partie de la recherche fondamentale ayant un besoin impératif de l'Espace se rattache à quelques questions fondamentales liées aux origines : origine de l'Univers, formation des étoiles, existence et formation des systèmes planétaires extrasolaires, existence de formes de vie extraterrestre et origine de la vie, origine et évolution de la Terre.

Au cours de ces années, les besoins propres du spatial ont conduit à des développements technologiques importants, tandis que des domaines de recherche spatiale nouveaux ont pu apparaître grâce à des technologies produites dans d'autres contextes. Cet aspect « secteur technologique de pointe de la recherche spatiale » est à souligner.

L'utilisation de la microgravité à bord des vaisseaux SOYOUZ et MIR - (URSS), de la navette spatiale américaine et maintenant de la Station spatiale internationale s'est développée différemment avec des moyens d'accès à l'Espace décidés pour des raisons politiques ou de prestige et non pas pour répondre à des besoins scientifiques. Cela a permis de disposer de conditions expérimentales permettant développer certaines recherches déjà entamées en situation de microgravité, (avions, tours de chute libre ou fusées sondes). Des résultats nouveaux ont été obtenus sur les propriétés statiques et dynamiques de systèmes comportant des phases fluides qu'il serait très difficile sinon impossible d'obtenir en présence de gravité. Dans le domaine des sciences de la vie, la recherche spatiale s'est orientée vers des objectifs plus appliqués liés aux contraintes de la vie en apesanteur et aux effets importants constatés sur les premiers cosmonautes. La perspective de vols habités vers des destinations lointaines impose de poursuivre les recherches et de disposer de spécialistes de haut niveau. Sur le plan fondamental, l'influence de la gravité sur le développement et le fonctionnement des organismes vivants est étudiée en coopérations internationales et des résultats de premier plan ou prometteurs ont été obtenus aussi bien chez l'homme (neurosciences et physiologie des systèmes sensorimoteurs, bases neurales des fonctions cognitives, physiologie cardiovasculaire, physiologie osseuse) que chez l'animal (biologie du développement, fonctions d'orientation).

L'analyse détaillée des forces et faiblesses de la recherche française dans chacun de ces secteurs fera l'objet d'un second rapport. La place de la France dans les disciplines pionnières est évidente dans les statistiques sur la démographie de la recherche spatiale en Europe (Réf. 3). Cependant la population de chercheurs et ingénieurs ayant conduit les premiers développements spatiaux part massivement à la retraite dans la période actuelle, posant de façon cruciale la question de la pérennisation de la place de la France dans cette recherche.

Malgré des réussites largement reconnues et des développements scientifiques bénéficiant des satellites opérationnels (environnement, climat, etc...) la recherche spatiale en Europe traverse actuellement une crise profonde liée :

- au vieillissement des structures et des acteurs ayant été à l'origine de ce secteur ;
- à une compétition accrue due à l'accroissement des moyens pour cette recherche aux USA alors qu'ils décroissent en Europe, avec un climat peu favorable à des coopérations équilibrées ;

- à la quasi-disparition du partenaire russe qui permettait de développer des programmes bilatéraux ambitieux ;
- aux contraintes dues aux règles de fonctionnement de l’ESA en particulier : juste retour, modalités de vote ou de sélection des projets ;
- à la diminution des moyens de l’Agence spatiale européenne pour les programmes d’observation de la Terre à la suite d’ENVISAT.

La politique de lanceurs menée en Europe, fondée quasi exclusivement sur des besoins commerciaux surestimés, met les scientifiques européens (ainsi que d’autres utilisateurs potentiels de l’Espace) dans une situation d’infériorité par rapport à leurs collègues nord-américains, qui disposent d’un ensemble de lanceurs variés bien adaptés à leurs besoins, malgré la mobilisation d’une très grande part des ressources en faveur des vols habités. Aux USA, le secteur des lanceurs spatiaux est largement soutenu par les utilisateurs publics (civils et militaires). Cela permet de rentabiliser les lanceurs petits ou moyens adaptés aux lancements de mini-satellites en orbite basse alors que le secteur privé est surtout utilisateur de lancements de gros satellites en orbite géostationnaire.

En outre, les modalités dans l’utilisation des données des grandes missions comme ENVISAT n’ont pas toujours permis d’optimiser leur exploitation scientifique.

1.2 La mise en œuvre du Livre blanc « L’Espace : une nouvelle frontière pour une Union en expansion »

Le Livre blanc pour une politique spatiale européenne, élaboré par la Commission européenne et l’agence spatiale européenne, affirme dans son préambule la nécessité d’une politique spatiale ambitieuse à l’échelle de l’Union européenne élargie en raison du caractère stratégique de l’Espace et de la multiplicité de ses applications. Il affirme l’importance pour l’Europe de maintenir un accès autonome à l’Espace. Il reconnaît les contributions de la recherche spatiale dans le passé et son rôle dans la formation d’une communauté de haut niveau, mais il faut insister sur la nécessité de faire les efforts nécessaires, en moyens humains et financiers et évolutions de structures, afin que la recherche spatiale européenne puisse conserver sa compétitivité.

La taille et le coût de certains projets scientifiques spatiaux les placent parmi les très grands équipements scientifiques ayant vocation à être réalisés dans un contexte et dans le cadre d’une politique européenne. L’accès indépendant à l’Espace, condition d’un programme de recherche spatiale ambitieux ne peut être acquis que dans ce cadre. Enfin, la recherche spatiale est un moteur essentiel du développement technologique dans ce secteur et un puissant attracteur de jeunes talents vers la science et la technologie dans une période de déclin de l’intérêt de nombreux jeunes pour ces activités.

Dans une période de concurrence accrue (croissance rapide du rôle du Japon, de la Chine, de l’Inde et du Brésil sur la scène de l’Espace et de la recherche spatiale) et face à une dominance très forte des États-Unis³ il est indispensable de faire évoluer rapidement la structure de la recherche spatiale en Europe pour

3. Même si les différences de mécanismes de financement rendent les comparaisons précises difficiles, on peut estimer que le budget de la recherche spatiale des USA est environ 4 à 6 fois plus élevé que celui de l’Europe.

optimiser son organisation, renforcer ses moyens et intégrer les pays entrant dans l'Union européenne dans cet effort stratégique.

Le schéma général proposé par le Livre blanc répond à ces préoccupations et constitue une bonne base à partir de laquelle pourra se mettre en œuvre une telle politique à condition que la recherche spatiale puisse disposer de moyens suffisants.

Le présent rapport s'attache, pour ce qui concerne la recherche spatiale (et les autres aspects de la politique spatiale quand ils sont importants pour la recherche), à dégager des recommandations précises sur la mise en œuvre des principes généraux du Livre blanc parfois très (trop!) généraux et vagues. On trouvera dans le chapitre 2 des recommandations spécifiques sur les évolutions de l'organisation de la recherche spatiale en France dans le cadre d'une telle évolution.

Recommandations

Adapter les règles de fonctionnement du dispositif spatial européen.

L'introduction de l'Union européenne comme acteur principal doit conduire à des révisions importantes dans les mécanismes actuels du dispositif spatial européen. Il est nécessaire de faire rapidement des propositions dans le cadre du mouvement créé par les initiatives de la Convention concernant l'Espace. Elles s'appuieront sur l'analyse des difficultés et des blocages auxquels conduisent des règles telles que le juste retour et les modalités de vote dans le cadre du programme scientifique obligatoire.

Pilotage par l'Union européenne du transfert recherche-opérationnel.

Dans plusieurs domaines, des programmes scientifiques ont conduit à des débouchés opérationnels. Des agences spécialisées ont alors été créées (ex. EUMETSAT). Il devra désormais appartenir à l'Union européenne de piloter la création de telles agences capables d'assurer la transition entre la recherche et le fonctionnement opérationnel puis l'exploitation de satellites et de centres de gestion des données. De tels processus sont en effet de nature politique et exigent des décisions et des arbitrages sur des points techniques et financiers. À ce titre on peut évoquer le débouché, à définir et à exécuter, des programmes ERS puis ENVISAT. L'attribution des ressources financières nécessaires pour atteindre la phase opérationnelle doit se faire sans porter préjudice aux nouveaux programmes de recherche spatiale.

Organiser la prospective scientifique et technique.

La prospective scientifique et technique effectuée aux niveaux des laboratoires et des agences doit conduire, au niveau européen, à un travail de synthèse par discipline dans un esprit d'émulation créative et en vue de limiter les redondances. Un organisme européen adéquat, par exemple l'ESF (European Science Foundation), pourrait servir de cadre à cette activité de prospective pour la recherche scientifique qui devrait s'appuyer sur une information précise concernant les capacités européennes sur les divers éléments des projets de recherche spatiale. Par ailleurs des associations ad hoc sur le mode de celle sur la recherche hypersonique pourraient jouer ce rôle pour les secteurs cruciaux de recherche

technologique. La participation du PCRD (programme ou l'un de ses instruments) permettra d'une part la réalisation d'études préliminaires et contribuera d'autre part à la formation de groupes de recherche à la base de consortiums capables de prendre en charge tout ou partie des projets de recherche spatiale.

Placer la réalisation des programmes de recherche spatiaux dans un contexte pluri-annuel pluri-missions.

L'Union européenne doit élaborer la politique spatiale sous forme de programmes multi-missions. Les programmes de recherche exigent au minimum un engagement pluriannuel, qu'ils soient gérés au sein d'un programme « obligatoire » (au prorata du PIB) ou d'un programme « enveloppe » optionnel. Ils doivent être mis en œuvre par l'Agence spatiale européenne et les structures nationales de façon coordonnée et dans un partage des tâches bien défini. Les grandes missions scientifiques spatiales doivent être sélectionnées sur critères scientifiques par l'Agence spatiale européenne. Ce critère de sélection n'est pas compatible avec des programmes optionnels où chaque pays décide de sa contribution à chaque mission.

L'organisation des grands projets européens.

Il est important de bien identifier, d'une part la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre de l'ensemble de la mission, d'autre part le financement et les consortiums chargés de la maîtrise d'œuvre et de la réalisation des sous-ensembles (en particulier de la charge utile) et de l'exploitation. Pour les grandes missions, l'Esa doit être le maître d'ouvrage de l'ensemble y compris pour les charges utiles. Par exemple, le financement des coûts externes pourrait être couvert par l'Esa dans le cadre d'un appel d'offre vers les laboratoires et centres nationaux qui contribueraient compétences et personnels. La situation actuelle avec contrôle par les agences nationales qui en assurent le financement dans le cadre du programme scientifique obligatoire conduit à un découplage inefficace entre contrôle du financement et pilotage du projet. Ces charges utiles peuvent être développées soit par des laboratoires de recherche, soit par des grands centres techniques d'agence spatiale, soit par l'industrie (ou une combinaison de ces acteurs comme il est pratiqué pour les lanceurs). La nature de la charge utile (technologie très nouvelle ou non, récurrente ou non,...) et la compétence des réalisateurs doivent seules guider le choix de ceux-ci. Une compétition ouverte doit impérativement rester la règle.

Établir un principe de subsidiarité pour la réalisation des projets spatiaux.

Dans le cadre d'une compétence sur l'Espace partagée entre l'Union européenne et les États européens telle que proposée par la Convention, il faut élaborer un principe de subsidiarité pour la recherche spatiale définissant ce qui doit être piloté et développé à l'échelle européenne et ce qui doit rester au niveau national⁴ ou multilatéral. La répartition entre niveaux européen, national et régional variera selon le sujet considéré : organisation de la communauté

4. Les moyens nationaux variant très fortement d'un pays à l'autre il convient d'appliquer la subsidiarité avec doigté.

scientifique, missions scientifiques ou moyens à mettre en œuvre. Ainsi, les mini et microsattelites de recherche pourront être développés par des agences nationales dans le cadre de programmes nationaux ou à l'occasion de coopérations à petit nombre de participants (2 ou 3). De même les recherches sur de nouvelles technologies seront réparties selon le principe de subsidiarité.

Rechercher des financements européens.

Les financements des charges utiles doivent pouvoir rester multiples. Dans certains cas, un financement de celles-ci par l'Union européenne (en particulier dans les cas où la composante technologie nouvelle est forte) avec gestion par l'Agence spatiale européenne permettrait à la fois de lever les difficultés mentionnées ci-dessus (compétition ouverte, maîtrise d'ouvrage centralisée) et de renforcer le pouvoir d'achat de la recherche spatiale européenne face à la compétition internationale.

Parallèlement à l'augmentation des ressources du programme Earth Explorer–Living Planet recommandée par le Livre Blanc, l'Union européenne devrait financer le programme Earth Watch, pour les éléments non pris en compte par les agences opérationnelles spécialisées, dans le droit-fil de l'initiative GMES (Global Monitoring for Environment and Security).

L'ESA et la Commission européenne se sont engagées dans la mise en œuvre de l'initiative GMES (Global Monitoring for Environment and Security), qui vise à doter l'Europe d'une capacité de surveillance globale de l'environnement, fournissant une base d'information rationnelle pour ses politiques et répondant à ses impératifs de développement et de sécurité. GMES englobe la contribution européenne au processus international GEO entamé en juillet 2003 à Washington. De son côté, l'ESA dispose d'un programme à long terme dont la composante recherche est assurée dans le cadre du programme Earth Explorer, et la composante opérationnelle devrait être remplie par le programme Earth Watch, qui reste à définir et devrait garantir la poursuite opérationnelle des missions expérimentales dont l'utilité à long terme a été démontrée.

Cette question présente un lien étroit avec la recherche. Pour être durable (et l'exemple de la météorologie est là pour le rappeler), toute application opérationnelle doit s'appuyer sur la recherche, qui est une source d'innovation et une démarche irremplaçable de validation, de qualification et d'amélioration des produits. De surcroît, la recherche est et restera l'un des premiers clients des systèmes d'observation opérationnels.

En l'absence de perspective crédible d'une couverture des investissements par des recettes d'exploitation, il apparaît essentiel que la plupart des investissements d'infrastructure pour GMES soient pris en charge par l'Union européenne. Cela permettra en outre le transfert des missions de recherche vers l'opérationnel, dans les domaines où les structures existantes comme EUMETSAT n'ont pas pour responsabilité première d'effectuer des travaux de recherche.

Inclure la chaîne complète de traitement des données dès la conception du projet.

Le traitement des données doit être inclus et piloté au sein de chaque projet. En revanche, l'archivage à long terme et la distribution des données doivent être effectués dans un cadre assurant le meilleur accès à ces données pour l'ensemble de la communauté scientifique en Europe, indépendamment de la participation plus ou moins grande de leurs laboratoires ou industriels nationaux à la réalisation technique de la mission. Pour une bonne prise en compte des besoins des utilisateurs des données, surtout pour les phases les plus proches de l'exploitation, il est nécessaire d'intégrer l'ensemble de la chaîne allant de la spécification des objectifs au concept de la mission, puis à sa réalisation et enfin aux différents niveaux de traitement des données depuis le départ. Cela a rarement été fait dans le passé du fait de la séparation des responsabilités sur les différents éléments. La mission Topex-Poseidon est un excellent exemple de l'efficacité de ces principes. De même le fonctionnement d'EUMETSAT et du Centre européen de météorologie permet un très bon accès des laboratoires de recherche aux informations dont ils peuvent avoir besoin.

Conforter l'exploitation scientifique des informations générées dans les missions spatiales.

L'efficacité de l'exploitation de ces grandes infrastructures scientifiques pendant la durée de vie du satellite est cruciale dans un contexte de compétition mondiale forte. Les agences académiques de recherches nationales éprouvent des difficultés pour assurer l'effort nécessaire concentré sur une période assez courte. Un financement européen temporaire doit donc être mis en place pour s'assurer que l'exploitation scientifique de ces données acquises par des missions européennes n'est pas dominée par la compétition internationale (en particulier les États-Unis où la Nasa joue un rôle important dans le financement, ce qui n'est pas le cas en Europe où ce rôle est réservé pour une large part aux organismes académiques). Un tel financement permettra en outre d'assurer l'accès à ces données pour les pays émergents en Europe ayant pour l'instant une participation limitée à la réalisation de ces missions.

Promouvoir l'emploi de mini et microsattelites.

Les agences spatiales ont la responsabilité de développer une politique industrielle cohérente. Une industrie à la fois performante et compétitive, nécessaire à l'indépendance de l'Europe dans l'accès à l'Espace, ne pourra se développer qu'avec des programmes publics suffisants. On attend des agences qu'elles entretiennent en liaison avec des utilisateurs de satellites polaires défilant (télécom, surveillance) un cadre programmatique suffisamment visible. Cela permettra aux industriels d'en assurer le pilotage et d'équilibrer l'effort des agences spatiales entre les plates-formes et les charges utiles à la différence de ce qui a pu se passer dans quelques cas, par exemple pour Proteus. Une instance européenne de concertation (par exemple sous forme de forum au sein de l'Agence spatiale européenne) permettra une certaine coordination, destinée entre autres à éviter les duplications d'infrastructures coûteuses.

Disposer de systèmes de lancement afin d'optimiser le couple lanceur-mission.

L'accès à l'Espace pour la recherche conduit à rechercher l'utilisation d'une panoplie de lanceurs (européens ou non) compte tenu de la variété des missions. Cela concerne en particulier les besoins en lancement de satellites petits ou moyens en orbites basses, voisins du cas de nombreux satellites opérationnels que ce soit dans le domaine de la sécurité ou celui de l'observation de la Terre et de la surveillance à des fins civiles. Un accès indépendant à l'Espace pour l'Europe est un objectif stratégique, mais les missions de recherche, étant minoritaires, ne peuvent pas avoir comme premier objectif de contribuer significativement au développement des lanceurs. Les responsables des missions scientifiques doivent pouvoir choisir sur le marché les lanceurs les mieux adaptés à leurs besoins. Dans le cas de coopérations internationales il est important que la contribution française ne se limite pas à la fourniture d'un lanceur ou d'une plate-forme, même si ces fournitures peuvent légitimement être un élément d'une politique industrielle.

2 Les évolutions nécessaires du dispositif de recherche spatiale français

Ce chapitre est celui qui contient les recommandations concernant l'organisation de la recherche spatiale en France⁵. Il est articulé autour de 3 grandes questions.

2.1 La réalisation des expériences

La communauté scientifique appartenant à des laboratoires de recherche universitaire ou à des grands organismes de recherche joue un rôle spécifique qui doit être préservé pour :

- proposer de nouveaux programmes de recherche spatiale ;
- développer en amont de nouvelles technologies préparant ces nouveaux programmes ;
- développer les concepts des satellites et des charges utiles pouvant permettre d'atteindre les objectifs définis ;
- assurer la maîtrise d'oeuvre de la réalisation et des sous-traitances industrielles nécessaires pour les plus petits projets. Ceci pose la question des « architectes » (ingénieurs de projet maîtrisant les méthodes d'organisation avancées) qu'on trouve plutôt au Cnes ou dans le monde industriel ;
- participer aux phases de tests et d'étalonnage des instruments. Ces fonctions ont leur place dans les laboratoires de recherche en particulier pour les prototypes pointus ;

5. La Réf. 2 donne des informations sur l'ensemble des activités spatiales françaises.

- effectuer ou piloter le traitement des données (les contributions industrielles dans ces domaines sont potentiellement importantes), assurer l'exploitation scientifique, si possible pendant les phases d'exploitation des satellites afin de parer aux imprévus.

Assurer la maîtrise d'œuvre des charges utiles des plus grands projets revient au centre spatial du Cnes ou à des industriels. Les laboratoires suivront les phases de réalisation dans une interaction entre scientifiques et ingénieurs pour s'assurer de la compatibilité avec les objectifs. Les contributions des divers participants seront adaptées aux besoins des différentes missions.

Recommandations

Un accord interorganisme spécifique pour chaque grand projet.

Pour chaque grand projet⁶, le partage des tâches devrait être précisé dans le cadre d'un contrat de coopération spécifique pour la durée du projet s'inscrivant dans des accords cadre interorganismes. (Cnes, CNRS, CEA, Onera, Ifremer, Météo-France, Inra, Inserm,...). Ces accords d'une durée suffisante (construction, phase active, exploitation scientifique des données) définiront les prestations de chaque organisme (finances, personnels) ainsi qu'une structure de pilotage qui puisse maintenir la cohérence des décisions des organismes, y compris dans le cas d'arrêt du projet. Ceci permettra de consolider les partenariats actuels. Ces grands projets spatiaux devraient faire l'objet d'une analyse par le ministère de la recherche des moyens consolidés nécessaires au moment de leur engagement.

Regrouper les moyens de test des laboratoires dans un réseau européen.

Les moyens lourds de tests des laboratoires doivent être maintenus et intégrés rapidement dans un réseau européen, permettant d'assurer une panoplie complète d'outils nécessaires tout en évitant les duplications. Un financement européen de ces moyens permettrait de les mettre à disposition des autres laboratoires européens impliqués dans la recherche spatiale et d'y accueillir des personnels en formation, originaires en particulier des nouveaux pays de l'Union.

La mise en commun des compétences spatiales pour les phases d'étude.

Il est par ailleurs important que les agences nationales ou même les laboratoires puissent faire émerger de nouvelles thématiques dans le cadre d'une programmation plus souple et réactive que celle des très grands projets. L'arrivée à maturité de microsattelites et de façon plus prospective les possibilités offertes par les nanotechnologies devraient conduire à l'apparition de projets de taille modeste mais à fort potentiel scientifique. Les mécanismes de sélection doivent pouvoir retenir et financer, pour les phases de développement du concept et de l'étude de faisabilité, des projets créatifs et ambitieux, en associant si nécessaire des équipes n'ayant pas encore d'activité spatiale à celles qui possèdent l'expertise des techniques spatiales.

6. On entend par « grand projet » toute mission impliquant des coûts, ressources humaines, longue durée... nécessitant des contributions de plusieurs organismes, en particulier s'il s'agit d'une coopération internationale.

2.2 Le rôle critique de la recherche et technologie amont dans la recherche spatiale

Les contraintes particulières des expériences spatiales en termes de masse, performances, fiabilité, etc, ont conduit dans le passé à des travaux intenses sur de nombreuses technologies. Or la tendance actuelle est de consacrer les efforts technologiques à la résolution de points durs apparus dans la préparation des missions spatiales décidées. Il importe de maintenir une capacité d'action sur des sujets révélés soit à l'occasion d'un travail de veille technologique, soit en réponse à des propositions issues de la communauté scientifique.

En se référant au passé, on peut évoquer quelques exemples, comme :

- l'accroissement de la précision des horloges à quartz utilisés en altimétrie,
- l'adaptation au domaine spatial de détecteurs infrarouges destinés initialement à des fins militaires,
- les accéléromètres de haute précision de l'Onera,
- les horloges à atomes froids,
- la compression d'images⁷.

La compétitivité de la France dans la sélection des laboratoires, centres techniques et industriels pour la réalisation des charges utiles dépendra bien sûr de la capacité des équipes scientifiques à produire des projets compétitifs et aux savoir-faire de ces équipes. Elle dépend donc beaucoup d'activités amont de recherche et technologie à long terme qui ne doivent pas être sacrifiées aux réalisations des projets à court terme. Les financements de cette activité ne doivent pas servir de variable d'ajustement au financement des programmes en cours sous peine de sacrifier la compétitivité à long terme. Une sélection stricte sur critère de qualité et de compétence doit rester la règle.

L'existence d'industriels capables de contribuer à ces travaux technologiques aussi bien dans les phases de recherche que dans les phases de développement est importante et doit pouvoir bénéficier d'aides publiques, comme c'est le cas aux USA. Il est souhaitable que des efforts similaires puissent être faits au niveau européen en particulier pour favoriser l'émergence d'entreprises compétitives.

Recommandations

- Maintenir et renforcer le pilotage pluri-organismes et pluridisciplinaires de l'activité de recherche et développement pour le spatial en se plaçant si possible dans un cadre européen.
- Assurer qu'une fraction suffisante du budget est consacrée à ces activités amont (typiquement dans une fourchette de 5 à 10%).
- Adopter un niveau de sélection entre les projets permettant d'assurer un financement correct de ceux qui sont retenus.
- Choisir des modes de gestion permettant d'assurer les engagements pluri-annuels pour ces activités.

7. Le deuxième rapport donnera beaucoup plus d'informations y compris sur des technologies duales, civil-militaire, et insistera sur l'importance des développements instrumentaux et des progrès concernant la physique des mesures.

2.3 Le traitement, l'archivage et la distribution des données, l'exploitation scientifique

Dans le traitement et la mise en forme des données, la France doit jouer un rôle proportionné à ses efforts dans la réalisation des satellites et des charges utiles. L'accroissement de la complexité des instruments scientifiques embarqués à bord de satellites nécessite de plus en plus de traitements sophistiqués mis au point par les spécialistes ayant développé les instruments. La maturation des disciplines et des technologies fait que la proportion de ressources devant être consacrée à cette activité tend à augmenter régulièrement avec le temps. En parallèle à ce mouvement, la production de relevés systématiques homogènes permettant des analyses statistiques et/ou d'évolution permet à des scientifiques non spécialistes des instruments spatiaux d'utiliser des ensembles de données archivées de différents types pour des recherches originales. Cette démarche a conduit par exemple au concept d'observatoire astronomique virtuel, ou dans le domaine de l'environnement à l'utilisation d'archives multi-missions qui se généralise en associant dans la durée les spécialistes générant les données à différents niveaux de traitement avec les utilisateurs optimisant la définition de leurs besoins.

Ce double mouvement entraîne une mutation profonde du traitement et de l'archivage. Les données doivent être archivées à la fois avant tout traitement et après un traitement minimum (étalonnage, nettoyage des effets instrumentaux) sous une forme permettant de les utiliser même après un temps long. Il faudra aussi en extraire des informations synthétiques nécessaires pour le suivi du déroulement des missions ainsi que pour un certain nombre d'utilisations à des fins de recherche. Les résultats seront mis dans des bases de données facilement accessibles par une large communauté. Ceci pourra nécessiter des développements en informatique ainsi qu'une coordination internationale. Pouvoir accéder aux données brutes même anciennes est important en raison des évolutions des modèles et des méthodes d'exploitation de ces données : on peut faire allusion aux mesures de radiance infrarouge dont les contributions à la prévision météorologique ont fortement augmenté à partir du moment où on a pu disposer des techniques d'assimilation de données.

Recommandations

Diffuser les données.

Pour optimiser l'exploitation scientifique des données fournies par les expériences spatiales, il faut qu'elles soient largement diffusées. Ceci conduit à vouloir archiver et distribuer des données interprétées intégrées dans un système de production d'information. Les tâches correspondantes engagent l'avenir sur une longue durée, donnant un caractère stratégique à la décision de constituer un tel système (très bien identifié par la Nasa). Lors de la définition d'un projet de recherche spatial, il convient d'envisager tous les aspects de cette recherche, y compris la constitution éventuelle d'un tel centre d'exploitation des données en bénéficiant s'il y a lieu de concours d'équipes initialement éloignées du sujet.

Définir des règles pour l'accès aux données.

Établir pour chaque mission des règles sur la mise à disposition de l'ensemble de la communauté concernée après une période de mise au point des instruments et validation des données. Les équipes effectuant les travaux de mises en forme des données sont récompensées par un accès privilégié pendant cette période initiale du fonctionnement de l'instrument ou de la mission. Les disciplines et/ou les agences ayant mené une telle politique ont démontré son efficacité par rapport à des politiques limitant l'accès aux « payeurs ».

Poursuivre la création de centres thématiques élaborant des informations directement confrontables aux modèles⁸.

Créer des centres thématiques multi-missions permettant à l'utilisateur de s'adresser, pour une thématique donnée, à un portail unique pour rechercher les données. Le choix des thèmes tiendra compte des activités des autres pays d'Europe et pourra bénéficier du travail de prospective scientifique évoqué plus haut. Ces centres pourraient être des lieux privilégiés pour accueillir des personnels issus d'autres pays de l'Union, avec d'éventuels financements européens.

Prévoir des moyens adéquats pour la phase exploitation des données pour favoriser les équipes françaises.

Pour les très grandes missions réalisées en collaboration mondiale par les agences spatiales, la compétition se concentre sur l'efficacité plus ou moins grande des partenaires dans l'utilisation de l'infrastructure commune. Dans ce contexte, les responsabilités de la Nasa s'étendent bien au delà de celle de l'ESA. Il faut donc impérativement que l'Europe mette en place des moyens de soutien à l'exploitation scientifique de telles missions, sous peine de sous exploiter les infrastructures qu'elle aura largement contribué à financer.

3 Références

1. Livre blanc de la commission européenne « L'Espace : une nouvelle frontière pour une Union en expansion ». (Document COM(2003)673), disponible à http://europa.eu.int/comm/off/white/index_fr.htm
2. Rapport de la commission de réflexion sur la politique spatiale française présidée par Roger Bonnet. On pourra trouver un résumé à <http://www.recherche.gouv.fr/discours/2003/rapcnes.htm>.
3. Demography of space science, rapport du « European Space Science Committee » de la Fondation Européenne de la Science produit à la demande de la direction de la science à l'agence spatiale, disponible à <http://www.esf.org/generic/72/FinalMaster2804.pdf>.

8. Selon les recommandations de la Réf. 5.

4. Recommandation de l'Académie des sciences pour le Livre blanc ESA-Commission européenne (suite au Livre vert « European Space Policy ») adoptée le 27 mai 2003.
5. Les bases de données pour les géosciences, rapport du groupe de travail Cnes-Insu « gestion des données », Octobre 1999. Disponible à <http://medias.obs-mip.fr/www/Reseau/Documentation/rapport-final.pdf>.

4 Information sur le second rapport

Le but du second rapport intitulé « La recherche spatiale : Bilan et prospective par disciplines », est de faire une analyse critique des forces et faiblesses de la communauté scientifique française par disciplines dans la recherche spatiale. L'état des lieux sur le bilan des résultats passés et les projets sera fait en tenant compte des différents rapports de prospective. Le rapport s'efforcera de placer les contributions des techniques spatiales dans le cadre du développement général de chaque discipline.

On donne ci-dessous à titre indicatif un schéma général du rapport.

- Chap. 1 Sciences de l'environnement
 - Atmosphère
 - Océan
 - Étude la surface
 - Climat
- Chap. 2 Terre solide
 - Géophysique interne
 - Géodésie
- Chap. 3 Planétologie
 - Interaction Soleil-Terre
 - L'environnement spatial
 - Planètes telluriques
 - Planètes géantes
 - Exoplanètes et systèmes planétaires
- Chap. 4 Astrophysique
 - Astrométrie
 - Structure et évolution des étoiles
 - Galaxies
- Chap. 5 Physique fondamentale
 - Gravitation
 - Cosmologie
 - Astroparticules
- Chap. 6 L'homme dans l'Espace
 - Physiologie
 - Médecine
 - Ergonomie
- Chap. 7 Microgravité
 - Physique
 - Biologie
- Synthèse Forces et faiblesses de la recherche spatiale française

5 Annexe

27 mai 2003

Contribution de l'Académie des sciences au Livre blanc sur la politique spatiale européenne

Le Comité de la recherche spatiale de l'Académie des sciences souhaite répondre à l'invitation transmise conjointement par la Commission européenne et l'Agence spatiale européenne. Il présente ici sa contribution à la préparation d'un Livre blanc sur l'avenir d'une politique spatiale européenne.

Les contextes politique, économique, technique et scientifique de l'espace subissent actuellement une très profonde mutation. En parallèle, les besoins auxquels l'espace peut répondre ne font que croître, qu'il s'agisse de la science, des services ou de la sécurité collective. Face aux mutations en cours et à l'ambition d'inscrire l'espace dans le Traité en préparation, une modernisation de la politique spatiale sera seule en mesure de répondre aux attentes de la société européenne.

Une refondation complète des rapports entre les acteurs des activités spatiales s'impose, à l'exemple des démarches similaires qui, dans le passé, ont permis aux tats et à l'Europe de poser les bases de leur activité spatiale.

Cette refondation devra rechercher l'usage optimal des ressources consolidées existantes, car les problèmes sont avant tout structurels et politiques. Une étroite coordination des moyens disponibles, nationaux ou européens, représenterait une première étape indispensable, mais insuffisante. Il faut rechercher, par la restructuration des Agences, la constitution d'une véritable Fédération européenne de l'ensemble des moyens. Elle établira la cohérence entre la politique des lanceurs et celle de leur utilisation.

L'introduction d'un principe de complémentarité permettra de répartir les tâches au niveau adéquat, national ou fédéral. Plus spécifiquement, cette complémentarité implique que la participation des principaux acteurs (universités et organismes de recherche, industrie, centres techniques des Agences) soit redéfinie dans le cadre européen. En outre, les activités de recherche-développement, indispensables à la préparation de missions nouvelles, irriguent aussi le tissu industriel et scientifique bien au-delà du seul secteur spatial : un effort très spécifique de l'Europe, qui conditionne l'avenir, doit tre consenti dans ce domaine.

Enfin, l'importance de la science apparaît gravement sous-estimée dans le Livre vert. La science a été et demeure un élément essentiel des activités spatiales.