

**N° 2501**

**ASSEMBLÉE NATIONALE**

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

Neuvième Législature

PREMIÈRE SESSION ORDINAIRE DE 1991-1992

---

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale  
le 18 décembre 1991.

**N° 213**

**SÉNAT**

PREMIÈRE SESSION ORDINAIRE DE 1991-1992

---

Annexe au procès-verbal de la séance  
du 18 décembre 1991.

---

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

**RAPPORT**

**SUR LES ORIENTATIONS DE LA POLITIQUE SPATIALE  
FRANÇAISE ET EUROPÉENNE**

par **M. Paul LORIDANT**, Sénateur.

---

**TOME I : CONCLUSIONS DU RAPPORTEUR**

---

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale

par **M. Jean-Yves LE DÉAUT**,

*Président de l'Office,*

---

Déposé sur le Bureau du Sénat

par **M. Jean FAURE**

*Vice-président de l'Office*

«Le mille-pattes était heurcux, très heureux,  
Jusqu'au jour où un crapaud facétieux  
Lui demanda : «Dis-moi, je t'en prie,  
Dans quel ordre mets-tu tes pattes ?»  
[...]

Fable chinoise  
(citée par Hubert REEVES in *Malicorne*)

«La Terre est comme une bibliothèque à laisser intacte après s'être enrichi à sa lecture et l'avoir enrichie. La vie en est le livre le plus précieux. Il convient de la protéger amoureusement avant de la transmettre - accompagnée de nouveaux commentaires - à d'autres qui oseront plus tard la porter plus loin, plus haut.»

Jacques ATTALI (*Lignes d'horizon*)

Paris, le 23 octobre 1989

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de porter à votre connaissance que la commission que je préside a décidé dans sa réunion du 17 octobre 1989, à l'initiative de M. Paul LORIDANT, de saisir l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques d'une demande d'étude portant sur l'avenir de la politique spatiale française et européenne au-delà de l'an 2000.

Il lui est apparu, en effet, que si la France était fortement engagée dans la politique de l'espace et occupait en Europe une place éminente, on pouvait s'interroger sur les orientations à donner à cette politique à l'horizon de l'an 2000 et au-delà, en liaison à la fois avec les intentions de nos partenaires européens mais aussi avec les perspectives de développement attendues aux Etats-Unis et en Union soviétique. L'appréciation de la nature des programmes à engager, des coopérations à mettre en oeuvre et du volume des ressources financières à mobiliser permettrait de mieux mesurer l'importance des enjeux en la matière. Tels sont les motifs qui ont conduit la commission des Finances à solliciter la réalisation d'une étude par l'Office.

En vous remerciant de bien vouloir inscrire au programme de vos travaux l'étude demandée, je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Christian PONCELET  
Président de la Commission des Finances,  
du Contrôle budgétaire et  
des Comptes économiques de la Nation

## SOMMAIRE

	Pages
Résumé du rapport .....	15
Principales recommandations .....	20
Avant-propos .....	23
Introduction .....	26
<b>I - SON POTENTIEL PERMET DÉSORMAIS À L'EUROPE DE PRÉTENDRE ACCÉDER AU RANG DE PUISSANCE SPATIALE À PART ENTIÈRE</b> .....	<b>29</b>
<b>A - LA LABORIEUSE GESTATION DE L'EUROPE SPATIALE SOUS LES AUSPICES DE LA FRANCE</b> .....	<b>29</b>
1. Les acquis aéronautiques et balistiques de la Grande-Bretagne et de la France .	29
2. La création d'une industrie spatiale française performante .....	30
3. Le rôle moteur de la France dans la mise en oeuvre de coopérations industrielles européennes .....	30
4. L'avènement en Europe d'un espace industriel et commercial (après 1977) .....	32
4.1. La commercialisation réussie des lanceurs européens .....	32
4.2. Une moindre cohésion dans le domaine des satellites d'application .....	32
<b>B - UN POTENTIEL DÉSORMAIS IMPORTANT</b> .....	<b>34</b>
1. Une puissance économique et financière comparable à celle des États-Unis .....	34
2. Un niveau technologique et industriel respectable .....	38
2.1. Une compétitivité remarquable en matière de lanceurs .....	38
2.2. La maturation technique d'une industrie des satellites en cours de restructuration ..	45
2.2.1. Notions de base .....	45
2.2.1.1. Charge utile .....	45
2.2.1.2. Plates-formes .....	46
2.2.2. Un degré élevé de maturité technologique .....	47
2.2.3. Une industrie prolifique .....	50
3. Un rattrapage cependant inachevé .....	56
3.1. Un secteur aux dimensions encore limitées .....	56
3.2. Des structures industrielles toujours trop morcelées .....	57
3.2.1. Des regroupements insuffisants .....	58
3.2.2. Une compétitivité commerciale qui laisse à désirer .....	59
3.2.3. L'absence de politique industrielle européenne .....	61
3.2.4. L'inadéquation de l'effort de recherche .....	64
3.3. L'existence de points faibles .....	67
3.3.1. L'absence de lanceurs lourds et d'infrastructures orbitales .....	67
3.3.2. La modicité des applications militaires de l'espace .....	69
3.3.3. Les lacunes dans le secteur des télécommunications spatiales .....	72
3.3.3.1. En ce qui concerne le segment spatial .....	72
3.3.3.2. En ce qui concerne le segment sol .....	76
3.3.3.3. Les liaisons avec les mobiles .....	79

3.3.4. Un budget scientifique inférieur à celui des deux grandes puissances spatiales .....	81
3.3.5. Les déficiences relatives à l'orbite polaire et aux instruments d'observation de la Terre .....	86
3.3.5.1. Les objectifs de l'observation spatiale de la Terre .....	86
3.3.5.2. L'insuffisance des dépenses de l'ASE .....	88
3.3.5.3. Des structures inadéquates .....	88
3.3.5.4. Les limites des MÉTÉOSATS .....	88
3.3.5.5. Les lacunes de l'orbite polaire .....	89
3.3.5.6. Le développement nécessaire de l'instrumentation .....	90
<b>C DES AMBITIONS ACCRUES</b> .....	93
<b>1. Consolider les acquis en matière de lanceurs et de satellites</b> .....	93
<i>1.1. Le programme ARIANE 5</i> .....	93
1.1.1. Un double objectif .....	93
1.1.1.1. Les visées commerciales du nouveau lanceur .....	94
1.1.1.2. Les missions relatives aux infrastructures orbitales habitées .....	96
1.1.2. Des choix technologiques raisonnables .....	98
1.1.2.1. Configuration générale du lanceur .....	98
1.1.2.2. La propulsion .....	99
1.1.3. Des infrastructures appropriées .....	100
1.1.3.1. Les infrastructures de développement et d'industrialisation .....	100
1.1.3.2. Les infrastructures de lancement .....	101
1.1.4. Les insatisfactions néanmoins exprimées .....	102
1.1.4.1. Le problème des petits satellites .....	103
1.1.4.2. Le problème des satellites moyens .....	105
1.1.4.3. Les satellites très lourds .....	107
1.1.5. Les moyens de lancement complémentaires envisagés .....	108
1.1.5.1. Les dérivés "lourds" d'ARIANE 5 .....	108
1.1.5.2. Les petits lanceurs .....	109
<i>1.2. Les programmes scientifiques</i> .....	111
1.2.1. Le programme HORIZON 2000 de l'ASE .....	111
1.2.1.1. Les pierres angulaires du programme scientifique .....	112
1.2.1.2. Les missions de taille moyenne .....	113
1.2.1.3. Les petites missions .....	114
1.2.1.4. Appréciation globale .....	115
1.2.1.5. Participation de la France à l'effort européen .....	116
1.2.2. Les coopérations bilatérales françaises .....	117
1.2.2.1. Des relations privilégiées avec l'URSS .....	117
1.2.2.2. La coopération avec la NASA .....	118
<i>1.3. Programmes d'observation de la terre</i> .....	120
1.3.1. Les initiatives européennes .....	121
1.3.1.1. Les MÉTÉOSATS de seconde génération .....	121
1.3.1.2. Les projets sur l'orbite polaire .....	122
1.3.1.2.1. Le programme ARISTOTELES .....	122
1.3.1.2.2. Le successeur d'ERS 1 .....	123
1.3.1.2.3. Le projet critiquable de plate-forme polyvalente .....	123
1.3.1.3. Les urgences non satisfaites .....	127
1.3.2. Les initiatives françaises .....	128
1.3.2.1. La préparation des satellites SPOTS de prochaine génération .....	128
1.3.2.2. Les projets nationaux de satellites d'étude de l'environnement .....	129
1.3.2.3. Le développement de nouveaux instruments .....	130

1.4. Les programmes de télécommunications spatiales .....	132
1.4.1. Les programmes de l'ASE .....	132
1.4.1.1. Présentation .....	132
1.4.1.1.1. Le programme de développement de satellites .....	133
1.4.1.1.2. Le PSDE .....	135
1.4.1.2. Commentaire .....	136
1.4.2. La dispersion des efforts nationaux .....	139
1.4.2.1. Les programmes français .....	139
1.4.2.2. Les autres programmes nationaux .....	142
<b>2. La conquête par l'Europe de son autonomie en matière de vols habités .....</b>	<b>145</b>
2.1. <i>Le pari d'Hermès</i> .....	145
2.1.1. Un programme audacieux mais réalisable .....	145
2.1.2. Les contraintes liées au lanceur .....	146
2.1.3. Les principaux défis .....	147
2.1.4. Les missions d'HERMÈS .....	149
2.2. <i>Le programme COLUMBUS</i> .....	153
2.2.1. Finalités .....	153
2.2.2. Les vols précurseurs .....	154
2.2.3. Les laboratoires pressurisés .....	155
2.2.3.1. Le laboratoire rattaché .....	156
2.2.3.2. Le laboratoire autonome .....	156
2.2.4. Les missions .....	157
2.2.4.1. Un caractère multidisciplinaire contesté .....	157
2.2.4.2. Des applications privilégiées dans le domaine de la microgravité .....	158
2.2.4.3. L'astronaute et le robot .....	162
2.2.4.4. La médecine spatiale et les sciences de la vie .....	165
<b>3. Une volonté d'accès à l'espace militaire .....</b>	<b>167</b>
3.1. <i>L'effort de la France</i> .....	167
3.1.1. Dans le domaine du recueil de renseignement .....	167
3.1.2. Dans le domaine des télécommunications spatiales .....	168
3.1.3. Dans le domaine de la surveillance de l'espace .....	169
3.1.4. Participation à des programmes scientifiques .....	169
3.1.5. Les moyens en personnel nécessaires .....	170
3.1.6. Les lacunes du dispositif .....	170
3.2. <i>La nécessité d'une coopération</i> .....	171
3.2.1. La coopération avec les Etats-Unis .....	171
3.2.2. Les coopérations européennes .....	172
<b>II - ... CERTAINES HÉSITATIONS PEUVENT CONDUIRE L'EUROPE À EFFECTUER DES CHOIX OU DES COMPROMIS .....</b>	<b>175</b>
<b>A - DES HÉSITATIONS COMPRÉHENSIBLES .....</b>	<b>175</b>
<b>1. Un effort de grande ampleur et d'un coût important .....</b>	<b>175</b>
1.1. <i>La maîtrise des activités humaines dans l'espace</i> .....	175
1.1.1. Vers des conquêtes plus lointaines... ..	175
1.1.2. Un effort onéreux .....	176
1.1.2.1. Le coût pour l'Europe .....	176
1.1.2.2. Le coût pour la France .....	179
1.2. <i>L'accès à l'espace militaire</i> .....	183
1.3. <i>Le contexte budgétaire</i> .....	184

<b>2. Un impact économique, scientifique et technologique parfois mis en doute</b> . . . . .	186
<b>2.1. Les critiques concernant l'activité spatiale en général</b> . . . . .	186
2.1.1. Impact économique . . . . .	186
2.1.2. Retombées technologiques . . . . .	188
2.2. Les critiques concernant l'homme dans l'espace . . . . .	190
<b>3. La concurrence d'autres priorités</b> . . . . .	192
3.1. Les secteurs fondamentaux . . . . .	192
3.2. Les secteurs diffusants . . . . .	192
3.3. Les marchés potentiellement prometteurs . . . . .	194
<b>B - LES CHOIX ET LES COMPROMIS POSSIBLES</b> . . . . .	195
<b>1. Les choix : arbitrer entre l'homme dans l'espace et les autres priorité spatiales</b> . . . . .	195
1.1. Privilégier l'homme dans l'espace au détriment d'autres activités spatiales . . . . .	196
1.2. Renoncer à l'homme dans l'espace . . . . .	198
1.2.1. Un renoncement provisoire . . . . .	198
1.2.2. Un renoncement durable . . . . .	201
<b>2. Les compromis : tenter de concilier toutes les composantes de l'activité spatiale</b> . . . . .	202
2.1. L'adaptation des ressources . . . . .	202
2.2. Les actions tendant à maîtriser les dépenses . . . . .	203
2.2.1. L'étalement des programmes . . . . .	203
2.2.2. L'alternative des capsules . . . . .	204
<b>3. Commentaire du sommet de Munich</b> . . . . .	205
<b>III - ... UNE MOBILISATION PLUS EFFICACE DES MOYENS EUROPÉENS AU SERVICE D'OBJECTIFS ÉQUILIBRÉS ET MIEUX JUSTIFIÉS S'AVÈRE EN TOUT ÉTAT DE CAUSE INDISPENSABLE</b> . . . . .	209
<b>A - DES OBJECTIFS QUI DOIVENT ÊTRE ÉQUILIBRÉS ET MIEUX JUSTIFIÉS</b> . . . . .	209
<b>1. Des objectifs équilibrés</b> . . . . .	209
1.1. L'équilibre entre les domaines d'activité spatiale . . . . .	209
1.1.1. L'observation de la terre doit faire l'objet d'une priorité . . . . .	210
1.1.1.1. Une priorité stratégique . . . . .	210
1.1.1.2. Une priorité commerciale . . . . .	210
1.1.1.3. Une priorité scientifique . . . . .	210
1.1.1.4. Une priorité politique . . . . .	212
1.1.2. Il faut préparer les futures générations de satellites de télécommunications . . . . .	212
1.1.2.1. Un enjeu commercial important . . . . .	212
1.1.2.2. La nécessité d'une veille technologique . . . . .	213
1.1.3. La constance de l'effort mené dans les sciences de l'univers est indispensable . . . . .	215
1.2. L'équilibre entre les différentes catégories de missions . . . . .	216
1.2.1. L'équilibre entre les composantes expérimentales et opérationnelles . . . . .	217
1.2.2. La conciliation des objectifs commerciaux et de service public . . . . .	218
1.2.3. La complémentarité des missions de dimensions variées . . . . .	220
1.3. L'équilibre de la politique industrielle spatiale . . . . .	221

<b>2. Des objectifs mieux justifiés</b> .....	223
2.1. <i>L'argument de la locomotive technologique ne suffit plus</i> .....	223
2.1.1. Des retombées technologiques indéniables... ..	223
2.1.2. Des retombées qui ne doivent pas être surestimées .....	225
2.2. <i>L'espace mérite néanmoins la priorité dont il fait l'objet...</i> .....	226
2.2.1. L'importance géostratégique de l'espace .....	226
2.2.2. Les services rendus à la collectivité .....	227
2.2.2.1. Services rendus à la science .....	227
2.2.2.2. Les prestations de service public .....	227
2.2.3. Les activités économiques induites .....	227
2.2.3.1. Les télécommunications .....	227
2.2.3.2. L'observation de la terre .....	228
2.2.4. Les retombées technologiques et qualitatives .....	228
2.3. <i>L'homme dans l'espace est une décision politique</i> .....	229
2.3.1. Les retombées techniques d'HERMÈS .....	229
2.3.2. Les retombées de COLUMBUS .....	230
 <b>B - DES MOYENS QUI DOIVENT ÊTRE PLUS EFFICACEMENT MOBILISÉS</b> .....	 231
<b>1. Un contexte difficile</b> .....	231
1.1. <i>L'évolution rapide des technologies</i> .....	231
1.2. <i>L'intensification probable de la concurrence</i> .....	232
1.2.1. Dans le domaine des lanceurs .....	232
1.2.2. Dans le domaine des satellites de télécommunication .....	233
1.2.3. Dans le domaine de l'observation de la terre .....	234
1.3. <i>Les contraintes budgétaires</i> .....	234
<b>2. La nécessité d'une accentuation des efforts européens</b> .....	235
2.1. <i>La recherche d'une meilleure cohésion entre tous les acteurs de la politique spatiale</i> ..	235
2.1.1. En France .....	235
2.1.1.1. La concertation interministérielle .....	235
2.1.1.2. Les relations entre le CNES et France Télécom .....	236
2.1.1.3. Les responsabilités du CNRS .....	237
2.1.1.4. Les rôles respectifs des laboratoires et de l'industrie .....	237
2.1.1.5. Le développement de synergies .....	238
2.1.1.5.1. Synergies entre le secteur spatial et d'autres activités ...	238
2.1.1.5.2. Synergies entre activités spatiales civiles et militaires ...	238
2.1.2. En Europe .....	242
2.1.2.1. La prédominance française et la crise d'identité du CNES .....	242
2.1.2.1.1. La prédominance française .....	242
2.1.2.1.2. La crise d'identité du CNES .....	243
2.1.2.2. Des rivalités nationales qui doivent être dépassées .....	246
2.1.2.3. Les relations entre l'ASE et ses membres .....	247
2.1.2.4. Les relations entre l'ASE et les opérateurs .....	248
2.1.2.5. Le rôle de la CEE .....	249
2.1.2.6. Les problèmes de politique industrielle .....	250
2.2. <i>Aboutir à une approche système coordonnée</i> .....	252
2.2.1. La cohérence entre besoins et missions, entre missions, projets et programmes .....	252
2.2.2. La coordination entre segment spatial et segment sol .....	253
2.2.3. Des services de plus en plus diversifiés .....	254

2.3. <i>Être suffisamment prospectif</i> .....	255
2.3.1. Les transports spatiaux du futur .....	255
2.3.1.1. Le programme FESTIP .....	255
2.3.1.2. Les avions hypersoniques .....	256
2.3.2. La propulsion des satellites .....	257
2.3.3. Les perspectives dans les principaux secteurs d'application .....	257
2.3.4. La conquête de la Lune et de Mars .....	258
2.3.5. L'Europe doit se donner les moyens technologiques de ses ambitions .....	260
2.3.6. Une nouvelle architecture des satellites .....	265
2.4. <i>Être plus rigoureux</i> .....	266
2.4.1. Dans le contrôle de la qualité .....	266
2.4.2. Dans la gestion des crédits .....	267
<b>3. Recourir à de nouveaux moyens de financement</b> .....	270
3.1. <i>Les exemples américains</i> .....	270
3.2. <i>Les perspectives en Europe</i> .....	271
<b>4. Utiliser à bon escient les forces du marché</b> .....	273
4.1. <i>En Europe</i> .....	273
4.1.1. Les objectifs louables du livre vert de la CCE .....	273
4.1.2. Les précautions à prendre .....	274
4.2. <i>Dans le monde</i> .....	276
<b>5. Recourir à la coopération internationale</b> .....	279
5.1. <i>Un impératif grandissant</i> .....	279
5.1.1. La coordination des différentes initiatives .....	279
5.1.2. Les actions communes .....	280
5.2. <i>Les cadres de coopération possibles</i> .....	281
5.2.1. La coopération avec les États-Unis .....	281
5.2.2. Les relations avec l'URSS .....	283
5.2.2.1. Un potentiel menacé .....	283
5.2.2.2. Une coopération difficile .....	284
5.2.2.3. Une coopération attractive .....	285
5.2.3. Les relations avec le Japon .....	288
5.2.4. Les relations avec la Chine .....	291
5.2.4.1. Les lanceurs : concurrence mais complémentarité .....	292
5.2.4.2. Les satellites : Un besoin de coopération qui s'affirme non sans contradictions .....	296
<b>CONCLUSION</b> .....	301
<b>Méthode de travail suivie par le rapporteur</b> .....	305
<b>Remerciements</b> .....	308

## RÉSUMÉ DU RAPPORT

### REMARQUES LIMINAIRES

1. La publication d'un rapport parlementaire exclusivement consacré à l'espace est en soi un événement.

C'est une première en France.

2. Mais, étant donné l'immensité du sujet abordé, ce n'est qu'une première approche, une tentative d'évaluation globale, en attendant des enquêtes sur des aspects plus limités (par exemple, la robotique ou la microgravité).

3. Il faut d'abord considérer ce rapport comme un rapport d'information : il essaie d'expliquer aux parlementaires comment fonctionne une fusée, de quels éléments se compose un satellite, quels sont les différents types d'orbite, etc...

### PRINCIPALES ANALYSES

La compétitivité technologique spatiale européenne est globalement satisfaisante, mais sa compétitivité commerciale, en matière de satellites de télécommunications, laisse à désirer.

Notre industrie reste trop morcelée et les regroupements en cours, sauf en ce qui concerne Matra et Marconi qui ont réellement fusionné, ne se traduisent pas par une réelle intégration de moyens.

Dans le domaine des lanceurs, cette situation est compensée par une coopération dont la prédominance française assure la cohésion.

La règle du juste retour, bien qu'elle soit probablement, comme la démocratie, le pire des systèmes à l'exception de tous les autres, a une grande part de responsabilité dans cet état des choses.

Les principaux points faibles de l'Europe en matière spatiale concernent le segment sol (et principalement les équipements de réception de télévision et les terminaux des réseaux d'entreprise) ainsi que l'espace militaire.

Nos acquis dans l'industrie des télécommunications spatiales semblent fragiles, compte tenu de la position de force des Américains, qui bénéficient d'un soutien militaire important, dans leur effort de Recherche et de Développement, et de celle des Japonais qui dominent le secteur des composants.

De façon générale, la concurrence devrait s'intensifier au cours des prochaines années, que ce soit dans le domaine des télécommunications, qui vient d'être évoqué, ou dans celui des lanceurs et même de la télédétection commerciale où SPOT-LANDSAT et ERS vont devoir affronter les nouveaux satellites japonais très performants JERS et ADEOS.

Concernant l'homme dans l'espace, votre rapporteur estime qu'il ne s'impose ni d'un point de vue technique, ni d'un point de vue scientifique et que c'est donc un choix politique.

ARIANE 5, HERMÈS et COLUMBUS doivent être considérés comme les éléments indissociables d'une filière cohérente tendant à assurer la maîtrise par l'Europe des activités humaines dans l'espace.

Le coût en est élevé mais n'est pas déraisonnable (un peu plus de 2 milliards par an en moyenne dans les cinq ans à venir) même si des dépassements de crédits ne peuvent être exclus.

## PRINCIPALES CRAINTES

La principale crainte de votre rapporteur, c'est que l'Europe spatiale se désunisse et disperse ses efforts.

Plusieurs évolutions sont alarmantes :

- l'homme dans l'espace qui devrait être un élément intégrateur risque d'être un élément diviseur ;

- l'Europe disperse ses efforts dans le domaine des télécommunications où chacun, pour ses propres besoins, réalise des séries limitées à deux ou trois plates-formes (TELECOM, ITALSAT, DFS KOPERNIKUS...).

Des ambitions rivales s'affirment concernant les projets lointains d'avions hypersoniques.

L'agence spatiale européenne, empêtrée dans l'application de la règle du juste retour, ne parvient pas à mener une réelle politique industrielle.

Il n'est pas certain que la CEE, qui semble tentée d'intervenir dans ce secteur, serait plus efficace.

Elle pourrait, notamment par une déréglementation trop hâtive, faire cadeau du marché européen des VSAT aux Américains ou freiner, au nom de la libre concurrence, certaines restructurations.

### PRINCIPALES CONCLUSIONS

Il y a trois raisons pour un Etat ou un ensemble d'Etats, comme l'Europe, de s'intéresser à l'espace :

- des raisons politiques et stratégiques (qui peuvent inclure des considérations de prestige),

- des raisons commerciales,

- des raisons de service public (y compris les services que l'espace peut rendre à la science).

Il y a un équilibre à trouver entre les missions qui correspondent à ces trois types de missions.

De cet équilibre découle le choix des priorités, c'est là toute la difficulté de la politique spatiale.

Deuxième conclusion, il faut à tout prix concevoir les missions spatiales à partir des besoins des utilisateurs et des objectifs scientifiques et politiques choisis, et non en fonction du progrès technologique conçu comme une fin en soi.

Et il convient que les programmes soient conçus en fonction des missions et présentent une certaine spécificité.

Cela exclut, notamment, en matière d'observation de la Terre les grosses plates-formes multimissions qui aboutissent à de mauvais compromis techniques et politiques, effectués au détriment des finalités scientifiques souhaitables.

## PRINCIPAUX SUJETS DE RÉFLEXION

### 1. La CEE a un rôle à jouer en matière spatiale :

- d'abord en tant qu'utilisateur de données de satellites d'observation de la terre ;

- ensuite en ce qui concerne :

- le raccordement des télécommunications spatiales aux réseaux terrestres ;

- les retombées spatiales de certains programmes de recherche communautaires.

Doit-elle intervenir davantage et s'intéresser, par exemple, à la politique industrielle spatiale, au commerce mondial des activités spatiales (et dans ce cas le GATT est-il l'enceinte la plus appropriée ?), à la libéralisation des services offerts par satellite en Europe ?

2. Quelles précautions prendre pour libéraliser et harmoniser les services de communication par satellites en Europe, conformément aux recommandations du livre vert de Bruxelles ? La bataille des petits terminaux de réception de télévision (TVRO) et de réseaux d'entreprise (VSAT) est-elle perdue d'avance en ce qui concerne les équipements de première génération ?

3. Comment faire en sorte que les entreprises européennes concernées puissent, comme aux Etats-Unis, diversifier et intégrer leur offre de capacités de transmission par satellite dans une gamme variée de services complémentaires ?

4. N'est-il pas envisageable de faire appel à des formules de financement plus variées et plus originales des activités spatiales et faisant davantage appel aux fonds privés au fur et à mesure que se développent les applications commerciales de l'espace ?

5. Etant donné le caractère multidisciplinaire des activités spatiales, le nombre des différents intervenants, la nécessité de tenir compte du point de vue des opérateurs et des utilisateurs pour définir les missions et les programmes, ne convient-il pas de mettre en place des instances de concertation et d'arbitrage, au niveau français et européen, notamment en ce qui concerne l'observation de la Terre ?

## 6. Concernant la coopération internationale:

6.1. Quel peut être l'impact de l'évolution de la situation de l'ex-URSS sur la politique de coopération de l'ASE et du CNES ? Comment les Européens peuvent-ils tirer profit de la nouvelle offre soviétique de coopération scientifique et technique en matière spatiale ?

6.2. Vis-à-vis des États-Unis, comment passer d'une situation d'hégémonie à un statut de partenaire ?

6.3. Est-il possible de collaborer avec le Japon en ce qui concerne la maîtrise des activités humaines dans l'espace et les sciences de l'Univers ?

6.4. Comment satisfaire les besoins de transferts de technologie des Chinois, tout en respectant leur désir d'être traité sur un pied d'égalité et en veillant à éviter la prolifération des applications militaires des activités spatiales ?

6.5. L'Europe doit-elle disposer d'une panoplie complète de lanceurs ou compléter ses besoins par un recours éventuel à certains lanceurs étrangers comme moyen d'amorcer des coopérations spatiales avec les pays concernés ?

7. Concernant les futurs modes de transports spatiaux, ne convient-il pas de s'intéresser, en même temps qu'à la propulsion aérobie, à la mise au point de fusées nucléaires pour les explorations les plus lointaines ?

## PRINCIPALES RECOMMANDATIONS

### 1. SUR LES GRANDS ÉQUILIBRES DE LA POLITIQUE SPATIALE

- 1.1. Un débat approfondi sur les orientations de la politique spatiale doit avoir lieu au Parlement.
- 1.2. La maîtrise par l'Europe des activités humaines dans l'espace ne doit pas remettre en cause les autres activités spatiales.
- 1.3. L'observation de la Terre doit faire l'objet d'une priorité pour des raisons tant scientifiques que politiques et parce que le marché des applications en aval est potentiellement important.
- 1.4. La préparation des prochaines générations de satellites de télécommunications mérite une attention particulière. Un important effort de réflexion stratégique et de recherche développement est indispensable.

Votre rapporteur demande une évaluation de la politique de l'ASE dans ce domaine.

- 1.5. Les moyens de préserver la constance nécessaire des recherches dans le domaine des sciences de l'univers doivent être dégagés.
- 1.6. Tout le monde s'accorde à reconnaître que l'effort de recherche et technologie français est insuffisant. Or, c'est un moyen d'associer les PME-PMI à l'effort spatial.
- 1.7. Pour s'assurer du respect de ces objectifs votre rapporteur demande l'élaboration d'une loi de programmation spatiale.

### 2. CONCERNANT L'EUROPE

- 2.1. Ne pas dissocier COLUMBUS ET HERMÈS, qui, avec ARIANE 5 constituent une filière cohérente d'accès de l'Europe aux vols habités.
- 2.2. Dépasser les rivalités entre nations en intégrant en amont les efforts de recherche sur des projets "porteurs" (c'est ce qui aurait dû être fait pour l'avion hypersonique).

- 2.3. Tenter de globaliser l'application de la règle du juste retour et de faire en sorte que cette règle n'entrave pas les nécessaires restructurations industrielles.

Concilier :

- restructurations et rationalisation par une répartition des tâches entraînant une spécialisation par entreprise ou par pays ;
- regroupement des maîtres d'oeuvre et des grands équipementiers et association des PME-PMI au développement des activités spatiales.

### 3. DANS CHACUN DES SECTEURS D'ACTIVITÉS SPATIALES

#### 3.1. Pour les télécommunications.

- 3.1.1. S'agissant des satellites, la recherche doit se concentrer en priorité sur :

- les composants ;
- les antennes ;
- les liaisons intersatellites (optique et micro-ondes) ;
- éventuellement, le traitement à bord.

- 3.1.2. Au sol, le développement de composants d'antennes de réception de TV (TVRO) et de terminaux de réseaux d'entreprises (VSAT) est une urgence absolue.

- 3.1.3. Il paraît dangereux que l'Europe fasse l'impasse sur le déploiement et l'exploitation possible de constellations de satellites défilants de communication entre les mobiles. Afin d'être paré à toute éventualité à cet égard, des expériences de liaisons intersatellites avec commutation à bord pourraient être menées en Europe.

#### 3.2. Pour l'observation de la terre.

- 3.2.1. Il faut scinder la plate-forme polaire européenne en deux composantes, l'une comprenant les instruments de météorologie opérationnelle et les instruments expérimentaux permettant des mesures dont la

continuité est nécessaire, l'autre n'embarquant que de nouveaux instruments destinés à être testés.

- 3.2.2. En attendant le lancement de la plate-forme polaire, il pourrait être envisagé de lancer un satellite d'étude de l'environnement global, dérivé des projets français GLOBSAT et allemand ATMOS, ayant vocation à suppléer et à relayer le satellite américain UARS.
- 3.2.3. Le programme d'observation de la Terre de l'ASE devrait devenir un programme obligatoire.
- 3.2.4. Il est indispensable, au niveau mondial, d'harmoniser les missions, de prévoir des infrastructures coordonnées et suffisantes de traitement au sol des données spatiales, et d'associer ces données aux mesures in situ qui les complètent.

### 3.3. Pour les sciences de l'Univers

- 3.3.1. Les petites missions ne doivent pas être négligées, pour la formation des chercheurs, l'association des universités aux activités spatiales
- 3.3.2. Une redéfinition des rôles respectifs des laboratoires et de l'industrie s'impose, l'industrie réalisant davantage d'expériences et les laboratoires, souvent à l'origine des projets, intervenant à nouveau lors des ultimes essais des instruments (étalonnage et test). Les laboratoires pourraient être impliqués dans la formation des ingénieurs du spatial.
- 3.3.3. Une harmonisation des missions est nécessaire, aux niveaux européen et mondial, afin d'éviter les doubles emplois, notamment dans le domaine des rayons X.

### 3.4. Pour l'espace militaire

Devant les menaces de prolifération des armes balistiques à charge chimique, étudier la faisabilité d'une composante anti-missiles de notre système spatial militaire. Envisager éventuellement une coopération avec les Etats-Unis dans ce domaine et celui des positionnements (système GPS/NAVSTAR).

## AVANT-PROPOS

À travers le présent rapport sur l'avenir de la politique spatiale française et européenne, l'Office entend remplir sa double mission :

- d'interface entre le monde de la science et de la technologie et le monde politique (ce qui implique de faire état, tout haut, de ce que beaucoup de scientifiques et d'ingénieurs pensent tout bas en matière spatiale) ;

- d'informateur du Parlement, en ce qui concerne les conséquences (budgétaires notamment) des choix scientifiques et technologiques spatiaux.

Avec prudence et modestie, ce rapport se veut aussi une première évaluation qui, à n'en pas douter, sera suivie d'autres travaux de l'Office plus ciblés sur certains aspects de ce vaste sujet.

Depuis plusieurs années, la France et l'Europe se sont engagées dans une politique spatiale ambitieuse et brillante pour arriver au rang de puissance spatiale de plein exercice. Elles en ont sans doute les moyens mais cela suppose une mobilisation vigoureuse de leurs énergies et intelligences ainsi qu'un choix politique clair et démocratiquement affiché s'inscrivant dans une stratégie à long terme.

Force est de constater qu'en France cette orientation lourde a été prise depuis plusieurs années et régulièrement confirmées (conseil interministériel en septembre 1991) sans qu'un débat explicite ait eu lieu au Parlement. Votre rapporteur ne peut s'empêcher de faire un parallèle avec la politique nucléaire engagée dans les années soixante-dix. Il est donc temps que ce débat intervienne à l'heure où chacun s'accorde pour dire que doit être revalorisé le rôle du Parlement. Cela devrait, en outre, conforter la position de l'exécutif vis-à-vis des chercheurs, ingénieurs et techniciens mais aussi de ses partenaires. Le consensus des citoyens en faveur de la politique spatiale paraît réel à votre rapporteur mais il lui semble fragile et susceptible de retournement comme cela est apparu en Union soviétique et aux Etats-Unis. En tout état de cause, le Parlement ne saurait être réduit à voter chaque année des crédits budgétaires importants et croissants sans être amené à donner son appréciation sur des choix aussi lourds. Il est vrai que le législateur aurait également pu, sur ce sujet, saisir beaucoup plus tôt l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. C'est chose faite aujourd'hui.

À l'origine, c'est par un pur intérêt intellectuel que votre rapporteur, qui n'a pas de formation scientifique spécifique, a saisi la Commission des Finances du Sénat qui a, elle-même, interpellé

l'Office. C'est à l'occasion de la participation à la 37e session de l'Institut des Hautes Etudes de la Défense Nationale en 1984-1985, que votre rapporteur, qui n'était pas encore parlementaire, a eu pour la première fois, son attention appelée sur l'espace à travers l'enjeu stratégique et militaire. Force est de constater que cet enjeu est beaucoup plus large et concerne la science, les industries de pointe, la philosophie et plus largement la destinée de l'homme qui n'a de cesse de faire reculer les frontières de la connaissance, du savoir et de l'aventure. Au même titre que l'Art, l'espace donne à l'homme une occasion nouvelle de rêve, de dépassement et de découverte de la beauté.

Belle, est, en effet, la Planète bleue, notre Terre, vue depuis les satellites et bienheureux sont les quelques hommes et femmes qui ont eu le privilège et l'honneur de l'admirer d'aussi haut. Belle, mais aussi fragile ! Il faut donc la gérer pour la préserver.

Le présent rapport est le fruit d'un travail de longue haleine mené depuis plusieurs mois. Il n'aurait pu voir le jour sans les contributions, les observations et les conseils de nos experts. Qu'ils en soient remerciés.

L'idéal aurait été que ce rapport fût publié au mois de juin dernier, afin qu'il soit une contribution aux débats nationaux et européens sur la politique spatiale avant les différentes rencontres ministérielles. Les charges du travail parlementaire et d'élu local n'ont pas permis au rapporteur qu'il en soit ainsi. C'est pourquoi, il a délibérément choisi de conclure ses travaux après l'important sommet des Ministres de l'Espace des 18 et 19 novembre 1991 à Munich. Cela lui a permis d'intégrer dans son rapport les réflexions et les résultats de ce sommet fort animé, d'autant que le Ministre Paul QUILÈS l'avait convié à y assister comme observateur au sein de la délégation française. Votre rapporteur exprime sa reconnaissance au Ministre de lui avoir permis cette expérience exceptionnelle.

Il n'est pas peu de dire que les orientations de la politique spatiale soulèvent l'enthousiasme de certains, notamment parmi les industriels, et les doutes ou les craintes d'autres, notamment au sein de la communauté scientifique.

Votre rapporteur se permet d'insister, en particulier auprès de nos partenaires européens, comme il l'a fait avec ses interlocuteurs allemands, sur le caractère indissociable de l'avion spatial HERMÈS et des laboratoires COLUMBUS.

Il importe, en effet, qu'HERMÈS soit considéré non pas comme un programme de prestige concédé aux Français mais comme un programme utilitaire, indispensable à la desserte des infrastructures orbitales européennes. Il convient, selon votre rapporteur, de faire

valoir à nos partenaires qu'il serait beaucoup trop aléatoire de s'en remettre, pour cette desserte, au seul SHUTTLE américain et qu'HERMÈS et COLUMBUS sont donc liés, pour le meilleur ou pour le pire.

Ce choix de la filière vol habité dans toutes ses composantes (ARIANE 5- HERMÈS - COLUMBUS - DRS) relève, pour l'essentiel, d'une option politique pour faire de l'Europe une puissance spatiale à part entière à l'aube du siècle prochain. Les autres justifications paraissent d'ordre second. C'est pourquoi votre rapporteur insiste pour une validation de ce choix par un débat et éventuellement un vote du Parlement.

Dans ses recommandations, il insiste sur un certain nombre de considérations qui lui paraissent former un tout.

L'observation de la Terre, les sciences de l'Univers et leurs applications ne doivent en aucun cas pâtir, en terme de crédits et de mobilisation de moyens, du choix de la filière vol habité. Il en est de même de la recherche et de la mise au point par les Européens des nouveaux produits de télécommunications spatiales qui, pour longtemps encore, demeureront le domaine le plus profitable de l'industrie spatiale. En particulier, le segment sol représente et représentera encore plus, dans le futur, un marché bien plus important que celui des produits envoyés dans l'espace.

L'espace militaire, qui est une composante indissociable de la politique spatiale, doit acquérir une dimension européenne pour faire accéder l'Europe au rang de puissance de premier ordre, sachant que dans ce domaine, celle-ci en est au balbutiement et se situe très loin derrière les Etats-Unis et l'Union soviétique.

Enfin, votre rapporteur exprime le souhait que la politique spatiale soit un puissant catalyseur de la construction d'une grande Europe indépendante et autonome. Non sans dépit, il a pu constater que les réflexes nationaux demeurent prédominants et constituent bien plus un frein qu'un stimulant.

Ce champ presque vierge au regard du temps, des découvertes à venir, des potentialités à long terme, des énergies et crédits à mobiliser peut constituer un pôle d'excellence et de rayonnement pour l'Europe. L'essentiel reste à faire.

Paul LORIDANT

5 décembre 1991.

## INTRODUCTION

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques a été saisi, le 17 octobre 1989, par la Commission des Finances du Sénat, d'une demande d'étude portant sur l'avenir de la politique spatiale française et européenne à l'horizon de l'an 2000 et au-delà.

Le sujet était immense et difficile puisque devaient être abordés à la fois les problèmes relatifs aux lanceurs et aux satellites, aux applications civiles et militaires de l'espace, aux satellites scientifiques et aux satellites d'application, à l'espace utile et aux vols habités. La place de la France au sein de l'Europe spatiale et les coopérations de la France et de l'Europe avec les autres puissances spatiales devaient également être traités.

Le champ d'investigation du présent rapport dépasse donc, et de loin, celui des études jusqu'ici consacrées à l'espace par des organismes parlementaires d'évaluation étrangers et, notamment, par l'OTA américain (Office of Technological Assessment).

Dans ces conditions, ce document ne saurait prétendre à l'exhaustivité. Il ne constitue que l'amorce d'un processus de contrôle parlementaire sur les activités spatiales et sera suivi d'enquêtes plus approfondies sur des thèmes plus limités (par exemple, la robotique ou la microgravité...).

Il s'agit d'un rapport d'information autant que d'une tentative d'évaluation globale de la politique spatiale française et européenne.

L'objectif de l'Office a, ainsi, été de permettre aux parlementaires de **comprendre** les contraintes (orbitales notamment), dont dépendent les choix scientifiques et technologiques en matière spatiale, afin de mieux leur permettre d'en **juger**.

Les préoccupations qui ont conduit la Commission des Finances à saisir l'Office sont de deux ordres :

- mesurer l'importance des enjeux et l'adéquation des moyens engagés aux objectifs poursuivis ;

- vérifier si la politique poursuivie en France et en Europe est suffisamment ambitieuse et prospective pour renforcer notre crédibilité en tant que partenaire des deux plus grandes puissances spatiales mondiales.

La réponse à ces questions dépend de la façon dont sont envisagés deux types de problèmes :

- Le premier problème est celui du coût inévitablement élevé des activités spatiales du fait des dépenses que nécessitent l'accès à l'espace, l'adaptation aux progrès de la technologie et les contraintes auxquelles sont soumis les satellites (rayonnements particuliers, contrôle d'attitude et d'orbite, impossibilité d'effectuer des opérations d'entretien ou de réparation...);

- Le deuxième problème tient à la difficulté de déterminer avec précision à quel horizon il est possible et souhaitable de prévoir l'avenir des activités spatiales.

Le délai moyen de gestation d'un programme spatial, de la conception initiale à la réalisation finale, est d'environ une dizaine d'années. C'est à la fois long, en ce sens qu'un effort de planification est indispensable, et court, en comparaison d'autres domaines, comme, par exemple, les supra-conducteurs ou les accélérateurs de particules, dans lesquels le temps d'aboutissement des recherches est difficilement prévisible et s'avère, en tout état de cause, beaucoup plus important.

Les activités spatiales se caractérisent, en effet, par les relations très étroites, et la stimulation réciproque qu'elles permettent, entre la science et la technologie.

L'espace se trouve ainsi au carrefour des activités scientifiques, technologiques et industrielles.

Il n'y a pas, à proprement parler de science ou de technologie spatiale spécifique.

Mais les activités spatiales utilisent de nombreuses technologies de pointe et permettent de mener des investigations scientifiques de la première importance.

L'espace n'est, en fait, ni une science, ni une technologie mais un lieu à investir, un site privilégié d'observation et de communication, un terrain de conquête et d'aventure.

Comme ce rapport tentera de le montrer, ce n'est pas tellement leurs retombées technologiques qui justifient les activités spatiales mais plutôt leur importance géostratégique et les services irremplaçables qu'elles rendent à la science et à l'ensemble de la population (télécommunications, météorologie).

L'espace constitue, certes, une vitrine technologique, un moyen de valoriser les techniques de pointe industrielles mais le marché le

plus important des activités spatiales ne se situe pas dans le ciel mais sur terre (équipements de réception des signaux de télécommunications transmis par satellites) ; une des applications les plus prometteuses de l'espace sur le plan commercial réside dans le traitement au sol des données recueillies par les satellites d'observation de la Terre.

La France a joué, en Europe, un rôle de pionnier dans le domaine spatial. Elle a réussi, bon an, mal an, à entraîner dans son sillage de nombreux autres pays européens.

Après avoir joué les francs-tireurs en matière spatiale et su tirer la leçon de certaines erreurs américaines, l'Europe est prête à accroître le niveau de ses ambitions. Elle dispose, notamment, du potentiel nécessaire pour prétendre maîtriser les activités humaines en orbite terrestre, tout en consolidant ses acquis en matière de vols automatiques.

Mais cela suppose de sa part une mobilisation d'une beaucoup plus grande ampleur, une progression analogue à ce que représente, sur le plan militaire, le passage d'opérations de commandos au déclenchement d'une offensive généralisée. Aussi, certains de nos partenaires paraissent-ils hésiter à franchir le pas.

Il existe ainsi, en Europe, un problème d'adéquation dans le domaine spatial entre le niveau de nos **capacités**, le niveau de nos **ambitions** et le niveau de notre **mobilisation**.

La France excelle dans le domaine spatial, elle mobilise remarquablement ses capacités mais elle n'a pas, seule, les moyens de ses ambitions.

Elle a donc été conduite à associer les autres pays européens à la poursuite de ses objectifs, mais sans obtenir pour autant de ces derniers un degré de mobilisation aussi élevé que le sien :

- son potentiel permet à l'Europe de prétendre accéder au rang de puissance spatiale à part entière (I) ;
- toutefois, certaines hésitations peuvent la conduire à effectuer des choix ou des compromis (II) ;
- une mobilisation plus efficace des moyens européens au service d'objectifs équilibrés et mieux justifiés s'avère, en tout état de cause indispensable (III).

# **I - SON POTENTIEL PERMET DÉSORMAIS À L'EUROPE DE PRÉTENDRE ACCÉDER AU RANG DE PUISSANCE SPATIALE À PART ENTIÈRE**

## **A - LA LABORIEUSE GESTATION DE L'EUROPE SPATIALE SOUS LES AUSPICES DE LA FRANCE**

Ce rapport, qui se veut prospectif, ne s'attardera pas sur l'histoire des temps héroïques de la conquête de l'espace par l'humanité. Un bref rappel du processus de construction de l'Europe spatiale ne semble cependant pas inutile.

### **1. LES ACQUIS AÉRONAUTIQUES ET BALISTIQUES DE LA GRANDE-BRETAGNE ET DE LA FRANCE**

Disposant, grâce à leur industrie aéronautique et à leurs programmes de développement de missiles stratégiques, des bases technologiques nécessaires, la France et la Grande-Bretagne sont les premiers pays européens à s'être lancés dans les activités spatiales, peu de temps après les Soviétiques et les Américains, dans le début des années soixante. Elles l'ont fait cependant de façon beaucoup plus modeste et à un rythme beaucoup plus lent, l'URSS et les Etats-Unis ayant réussi à envoyer un homme dans l'espace trois à quatre ans seulement après le lancement de leur premier satellite artificiel !

C'est ainsi que les Britanniques proposèrent leur fusée militaire "Blue Streak" comme premier étage du lanceur européen EUROPA 2 que tenta vainement de mettre au point l'ELDO (European Launcher Development Organization), après sa création en 1964.

DIAMANT A, en France, fut réalisé en commun par Nord Aviation et la DMA (Délégation ministérielle à l'Armement), avec le concours du LRBA (Laboratoire de Recherches Balistiques et Aéronautiques).

Trois phases peuvent être distinguées dans le développement de l'Europe spatiale <sup>1</sup> :

- la création d'une industrie française performante (de 1962 à 1970) ;

1. Ce rapport reprend ici la distinction faite par une étude réalisée pour le compte de la Délégation générale à l'Espace (DGE) par Satef Conseil et HCI (Conseil en Politique Industrielle).

- l'insertion et le rôle moteur de cette industrie nationale dans des coopérations européennes (de 1970 à 1977) ;

- enfin, l'avènement d'un véritable espace industriel et commercial européen après 1977.

## **2. LA CRÉATION D'UNE INDUSTRIE SPATIALE FRANÇAISE PERFORMANTE**

Concernant les activités satellites, le CNES (Centre national d'Etudes spatiales), créé en 1962, a tout d'abord joué le rôle de maître d'oeuvre.

Les premiers satellites français, FR1 et D1, utilisaient pour moitié des équipements américains mais nos industriels se sont rapidement révélés aptes à couvrir tous les domaines de compétence concernés. Ils ont été chargés progressivement de la responsabilité de systèmes (stabilisation active de D2 A, par exemple) puis de la maîtrise d'oeuvre complète de satellites (à partir du programme franco-allemand de télécommunication spatiale SYMPHONIE).

Côté lanceur, s'est produite également une évolution vers une maîtrise d'oeuvre industrielle, la réalisation de DIAMANT B étant confiée à l'Aérospatiale, société issue de la fusion de Nord et Sud Aviation et de la SEREB (Société d'études et de recherches des engins balistiques).

La France démontrait ses capacités spatiales en devenant, en 1965, le troisième pays à placer un satellite artificiel en orbite par ses propres moyens.

## **3. LE RÔLE MOTEUR DE LA FRANCE DANS LA MISE EN OEUVRE DE COOPÉRATIONS INDUSTRIELLES EUROPÉENNES**

Le coût des activités spatiales et l'impossibilité pour une puissance moyenne de rivaliser dans ce domaine avec les Américains et les Soviétiques ont conduit très tôt les pays européens à rechercher entre eux des coopérations.

C'est ainsi que furent créés, dès 1964, deux organisations chargées respectivement du développement de satellites et de lanceurs européens.

La première de ces deux organisations, l'ESRO (European Space Research Organisation), a pu s'enorgueillir de la réalisation de six

satellites scientifiques, lancés cependant par des fusées américaines, à partir de la mise en orbite, en 1968, d'ESRO 2B, dédié à l'étude des ceintures de radiation de van Allen.

En revanche, l'incapacité, déjà évoquée, de l'ELDO à mettre au point le lanceur EUROPA 2 consacrait l'échec d'une approche insuffisamment intégrée.

L'impossible juxtaposition des trois étages de la fusée (britannique, français, allemand), développés chacun, sans véritable concertation préalable, dans un cadre purement national, devait provoquer jusqu'en 1971 le gaspillage de quelques 3,5 milliards de francs.

Au niveau bilatéral, Français et Allemands avaient lancé, en 1970, le programme SYMPHONIE, précité, qui devait déboucher sur la réalisation de deux satellites expérimentaux de télécommunication, lancés avec succès en 1974 et 1975.

La faillite de l'ELDO a conduit à la création par neuf pays <sup>1</sup>, le 30 mai 1975, de l'Agence spatiale européenne (ASE).

Tirant les leçons de l'échec d'EUROPA 2, les promoteurs du programme ARIANE, qui regroupe actuellement cinquante-deux industriels européens, décidaient de confier à la France, par l'intermédiaire du CNES, la maîtrise d'oeuvre du lanceur (dont l'Aérospatiale était désigné comme l'architecte industriel) ainsi que la coordination des sous-ensembles principaux (Aérospatiale, SEP, Matra, Air Liquide).

Mais dès avant le succès du premier tir d'ARIANE, en 1979, notre pays avait contribué de façon déterminante à la réalisation du premier satellite européen de météorologie MÉTÉOSAT, mis en orbite en 1977. Nous avons participé également au développement du premier satellite de télécommunication de l'ASE, OTS 2, lancé en 1978, qui a permis aux Européens d'accomplir des progrès décisifs dans ce domaine d'application particulièrement important.

Grâce à son avance technologique, la France a ainsi été en mesure de jouer un rôle fédérateur dans la construction de l'Europe spatiale, à la fois aux niveaux bilatéral (avec l'Allemagne) et multilatéral (dans le cadre de l'ASE), plus particulièrement, mais non exclusivement, en ce qui concerne les lanceurs.

1. RFA, Belgique, France, Irlande, Pays-Bas, Royaume-Uni, Italie, Suède et Suisse.

#### 4. L'AVÈNEMENT EN EUROPE D'UN ESPACE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL (APRÈS 1977)

##### 4.1. LA COMMERCIALISATION RÉUSSIE DES LANCEURS EUROPÉENS

Tirant remarquablement parti de l'erreur de la stratégie "tout navette" américaine, les Européens ont créé, en 1980, Arianespace, première société privée au monde à être chargée de la commercialisation directe auprès des clients, de services de lancement de satellites. Offrant un service complet et personnalisé depuis la mise en forme du projet de satellites jusqu'au lancement (y compris l'assurance<sup>1</sup>). Arianespace a ainsi réussi, en moins de sept ans, à capter la moitié du marché mondial correspondant (80 % des lancements depuis trois ans ont été effectués pour le compte de clients non gouvernementaux ; presque la moitié du carnet de commande concerne des clients non européens)

##### 4.2. UNE MOINDRE COHÉSION DANS LE DOMAINE DES SATELLITES D'APPLICATION

La convention du 30 mai 1975 portant création de l'Agence spatiale européenne précise que cette dernière doit coordonner le programme spatial européen et les programmes nationaux, notamment en ce qui concerne le développement de satellites d'application.

Il lui appartient également de recommander aux Etats membres une politique industrielle cohérente et de contribuer à améliorer la compétitivité de l'industrie européenne dans le monde, en encourageant la rationalisation et le développement, compte tenu du potentiel existant, d'une structure industrielle appropriée aux besoins du marché.

Force est de reconnaître que ces objectifs, en ce qui concerne les satellites, n'ont pas été atteints de façon aussi satisfaisante que pour les lanceurs.

Deux exemples en témoignent plus particulièrement :

- l'échec, en 1977, de l'"européanisation" du programme français SPOT (auquel, malgré son intérêt exceptionnel, la Suède seule, puis la Belgique, acceptèrent de participer) ;

- le refus de l'Allemagne et de la France, engagées dans les programmes TDF-TV SAT de télédiffusion directe, de participer à la

1. La filiale de réassurance S3R d'Arianespace couvre exclusivement les risques liés au lancement.

plate-forme lourde européenne de télécommunications multifonctions OLYMPUS<sup>1</sup>

Les inconvénients de ce manque de cohésion des Etats et des industriels européens, plus particulièrement dans le domaine des satellites d'application, seront soulignés dans d'autres passages de ce rapport.

### CHRONOLOGIE RÉCAPITULATIVE

- 1957 - Premier satellite artificiel soviétique
- 1958 - Premier satellite artificiel américain
- 1961 - Premier Américain et premier Soviétique dans l'espace
- 1962 - Premier satellite de télécommunication américain (TELSTAR)
  - Création du CNES
- 1964 - Création de l'ESRO et de l'ELDO
- 1965 - Premier satellite artificiel (A 1) lancé par la France
- 1968 - ERSO 2B premier satellite scientifique européen
  - EARLY BIRD/INTELSAT 1 premier satellite de télédiffusion
- 1969 - Premier homme sur la Lune
- 1970 - Lancement du programme franco-allemand SYMPHONIE
- 1971 - Dernier échec du lanceur EUROPA 2
- 1974 - Premier satellite SYMPHONIE
- 1975 - Deuxième satellite SYMPHONIE
  - Création de l'ASE
- 1977 - METEOSAT premier satellite météorologique européen
- 1978 - OTS 2 premier satellite de télécommunication européen
- 1979 - Premier tir d'ARIANE 1
- 1980 - Création d'Arianespace
- 1987 - Lancement de TV-SAT 1
- 1988 - Lancement de TDF 1
- 1989 - Lancement d'OLYMPUS

Malgré les avatars qui viennent d'être rappelés, l'Europe spatiale dispose désormais, potentiellement, de moyens économiques, technologiques et industriels importants.

1. Olympus est destiné à expérimenter :
  - la télédiffusion directe (deux canaux de 230 W) ;
  - la propagation dans les très hautes fréquences ;
  - l'utilisation des bandes 20/30 GHz (notamment pour des liaisons interorbitales) et 12/14 GHz (avec de petites antennes au sol).

## B - UN POTENTIEL DÉSORMAIS IMPORTANT

### 1. UNE PUISSANCE ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE COMPARABLE À CELLE DES ÉTATS-UNIS

Les pays membres de l'Agence spatiale européenne ont théoriquement la capacité économique de financer un budget spatial équivalent de celui des deux grands de l'espace, puisque leur PIB consolidé est légèrement supérieur à celui des États-Unis (5 395,27 milliards de dollars contre 5 163,2 milliards de dollars en 1989).

Au lieu de se situer à un niveau d'environ 4 milliards de dollars, dont 2,4 milliards pour l'ASE, les dépenses spatiales civiles européennes auraient été ainsi, comme aux États-Unis, de l'ordre de 11 milliards de dollars en 1989 et le budget de l'Agence aurait dépassé, cette même année, 6 milliards de dollars, si l'effort relatif des Européens était identique à celui des Américains (0,2 % du PIB).

Avec un prélèvement relatif égal à celui opéré actuellement en URSS (0,46 % du PIB) ou aux États-Unis à l'époque du programme APOLLO (1 % du PIB), l'engagement budgétaire européen dans le domaine spatial serait de six à douze fois supérieur à ce qu'il est à présent.

1989

(milliards de dollars)

TOTAL DES DÉPENSES SPATIALES EUROPÉENNES	BUDGET DE L'ASE
<b>1. Niveau réel</b> (0,07 % du PIB) ..... 4	2,429
<b>2. Niveau théorique</b>	
a) Pour un effort relatif équivalent à celui des Américains	
- actuellement (0,2 % du PIB) ..... 10,8	6,5
- à l'époque du programme Apollo (1 % du PIB) 53,9	32,3
b) pour un effort relatif équivalent à celui des Soviétiques (0,46) ..... 24,8	14,9

Les dépenses spatiales par habitant étaient estimées, en 1989, à 120 dollars pour les États-Unis et 110 dollars pour l'URSS (espace militaire inclus) alors qu'elles n'étaient que de 8,6 dollars pour l'Europe (chiffres de l'ASE).

Ceci illustre bien le décalage qui peut exister entre le niveau des capacités européennes, le niveau de ses ambitions qui tendent vers la maîtrise des activités humaines dans l'espace, et le niveau de sa mobilisation.

La France fait cependant exception, avec un effort relatif (0,1 % de son PIB et même 0,16 % en incluant l'espace militaire), très supérieur à la moyenne européenne (0,07 %) et presque deux fois plus élevé que celui de l'Allemagne (0,55 %).

Toutefois, leur PIB étant d'environ un quart supérieur au nôtre, le budget spatial civil de nos voisins d'outre-Rhin représente à peu près les deux tiers de nos propres dépenses.

En outre, les contributions aux programmes obligatoires de l'ASE sont calculées en proportion du poids relatif des PIB nationaux, la part allemande (23,42 %) est donc plus importante que la nôtre (17,76 %), en ce qui concerne, par exemple, les travaux de recherche technologique et le programme scientifique de l'agence.

Ces comparaisons des budgets spatiaux en valeur relative, comme en valeur absolue, ne tiennent cependant pas compte du rapport coût-efficacité des dépenses. Or, votre rapporteur a pu se rendre compte lors de ses missions à l'étranger, et notamment aux Etats-Unis, à quel point la politique spatiale française était admirée et citée en exemple à cet égard (les références aux programmes ARIANE, SPOT et MÉTÉOSAT étant les plus fréquentes et les plus élogieuses chez nos interlocuteurs).

Si la façon dont notre pays mobilise ses capacités spatiales est ainsi généralement jugée remarquable, il n'en va pas toujours de même en ce qui concerne les activités de l'ASE, en raison de mécanismes de fonctionnement (telle la règle, souvent critiquée du juste retour) ou de processus de prise de décision qui seront analysés plus loin dans ce rapport. Quoi qu'il en soit, la France ne peut se passer de la coopération de ses partenaires européens, car elle n'a pas, seule, les moyens de concrétiser ses ambitions. En contrepartie d'une participation majoritaire des autres pays aux projets qui lui tiennent particulièrement à coeur (ARIANE 5 et HERMÈS notamment) elle doit accepter :

- une contribution à des programmes qui la motivent à un moindre degré (COLUMBUS par exemple...);

- une spécialisation des tâches au niveau européen qui peut ne pas lui convenir parfaitement;

- certains transferts de technologie qui risquent de déboucher sur l'émergence de concurrents de nos entreprises chez nos partenaires, voire sur la création de surcapacités en Europe ;

- un partage des responsabilités parfois difficile au sein de programmes que nous souhaiterions pouvoir diriger sans entraves.

FRANCE	AUTRES ETATS MEMBRES	
- Contribution à l'ASE .....	29,8 %*	70,2 %
- Participation à Ariane V .....	44,7 %	55,3 %
- Participation à Hermès .....	43,5 %	56,5 %
- Participation à Columbus .....	13,8 %	86,2 %
- Programme DRS .....	20,0 %	80,0 %

\* 42,9 % du budget du CNES

Ainsi, malgré certains renoncements et certaines pertes d'efficacité, le bilan global de la coopération européenne pour la France peut être considéré comme largement positif.

Concernant les comparaisons entre l'Europe et les Etats-Unis, il convient de considérer, comme le souligne notre expert, M. Marc GIGET, que «la croissance rapide et continue des budgets spatiaux civils européens (de 10 % par an, en volume de 1975 à 1985, puis de 15 % par an, de 1985 à 1990) a progressivement réduit l'écart avec les Américains». Globalement, les budgets spatiaux civils européens (ASE + programmes nationaux) pèsent maintenant, en autorisations de programmes, environ la moitié de ceux de la NASA.

Il faut tenir compte, en effet :

- des frais de fonctionnement proportionnellement plus lourds de la NASA (2,7 milliards de dollars contre moins d'un milliard de dollars pour l'ensemble des agences européennes) ;

- des gaspillages liés à l'utilisation de la navette, à ses difficultés, et aux déboires éprouvés par les Américains dans nombre de leurs programmes spatiaux <sup>1</sup>.

1. Navettes :

- le coût d'un vol du Shuttle est estimé à 300 millions de dollars alors qu'un lancement d'Ariane est facturé au prix moyen de 65 millions de dollars par satellites ;

- le poste "vols spatiaux" du budget de la NASA (développement de nouveaux lanceurs exclus) est de ce fait considérable : 5 milliards de \$ environ en 1991 sur un total, hors recherche-développement, de 11,9 milliards de \$ ;

- l'indisponibilité fréquente de la navette entraîne des surcoûts importants : sept ans de retard, soit + 300 % pour la sonde Galileo qui aura coûté au total 9 milliards de francs.

Satellites et sondes :

- défaillance de deux des six gyroscopes et erreur dans la confection du miroir du télescope Hubble (2 milliards de \$) ;

- défaillance du système de pointage des trois télescopes UV d'Astro 1 (450 millions de \$), etc,

- problème de déploiement de l'antenne de Galileo (1,3 milliard de \$).

Il convient toutefois de souligner que les défaillances de certains satellites scientifiques ne sont pas l'apanage des Américains (comme en témoignent les difficultés rencontrées par les Européens avec le moteur d'apogée HIPPARCOS) et qu'elles affectent également, sur le plan financier, les partenaires des Etats-Unis (la participation de l'ESA au financement de HUBBLE était de 250 millions de dollars soit 1,5 milliard de francs).

\*

\* \*

En résumé, si le potentiel économique et financier de l'Europe est équivalent à celui des Etats-Unis et supérieur à celui de l'Union soviétique, les pays européens, à l'exception de la France, sont beaucoup moins engagés dans les activités spatiales.

Toutefois les budgets spatiaux civils, en forte croissance, des Etats membres de l'ASE représentent désormais à peu près la moitié des dépenses de la NASA.

Leur montant est d'autant moins négligeable que :

- le rapport coût-efficacité des dépenses spatiales européennes peut être présumé meilleur (principalement du fait de l'erreur du choix "tout navette" américain et de la lourdeur de la bureaucratie de la NASA) ;

- le niveau technologique atteint par l'Europe soutient, à certaines exception près, la comparaison avec celui des Etats-Unis, en ce qui concerne l'espace civil.

## 2. UN NIVEAU TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIEL RESPECTABLE

### 2.1. UNE COMPÉTITIVITÉ REMARQUABLE EN MATIÈRE DE LANCEURS

En 1973, l'Agence spatiale européenne, qui était en train d'être constituée<sup>1</sup> par neuf pays, engageait, sur proposition de la France, le programme ARIANE.

Il s'agissait de faire franchir à l'Europe une étape importante dans la conquête de son autonomie spatiale, en la dotant d'un lanceur lourd, capable de satelliser en orbite géostationnaire des charges de 1,7 tonne à un coût récurrent compétitif (analogue à celui de la fusée américaine ATLAS-CENTAUR).

Les Américains, en effet, n'acceptaient de placer en orbite des satellites de télécommunication européens qu'à la condition expresse qu'ils ne soient jamais utilisés à des fins commerciales !

À cet objectif initial devait, plus tard, s'en ajouter un nouveau, encore plus ambitieux : profiter des difficultés de la navette américaine pour prendre une part significative du marché mondial des services de lancement de satellites.

Le défi à relever était d'une triple nature : technologique, industrielle et commerciale.

Sur le plan technologique, les Européens bénéficiaient de l'expérience acquise par les Français lors du développement des fusées DIAMANT.

C'est ainsi que les moteurs des deux premiers étages d'ARIANE 1, utilisaient les mêmes ergols stockables que le moteur du premier étage de DIAMANT B (le diméthylhydrazine dissymétrique UDMH et le peroxyde d'azote  $N_2O_4$ ). Les innovations essentielles consistaient dans le recours à des turbopompes (alors que la chambre propulsive de DIAMANT B était alimentée directement par pressurisation des réservoirs) ainsi que dans la conception cryogénique du moteur du troisième étage<sup>2</sup>.

1. La Convention créant l'ASE n'a été signée que deux ans plus tard, le 30 mai 1975.

2. Les moteurs de fusées ressemblent aux moteurs d'avions à réaction :

La réaction d'un oxydant et d'un combustible libère des gaz chauds qui propulsent le véhicule. L'oxygène étant absent dans l'espace, les fusées doivent emporter un oxydant qui, dans le cas des moteurs cryogéniques, n'est autre que l'oxygène liquide.

Les couples d'ergols utilisés (oxydant et combustible) s'enflamment soit spontanément lorsqu'ils sont en contact (cas des ergols hypergoliques comme le couple UDMH -  $N_2O_4$ ), soit à l'aide d'un allumeur (cas du couple hydrogène-oxygène liquide des moteurs cryogéniques).

Dans le cas d'un moteur à ergols liquides, les deux ergols sont injectés sous pression dans la chambre de combustion grâce à deux turbopompes alimentées en énergie par un générateur de gaz, sauf lorsque l'injection a lieu sous l'effet de la pressurisation des réservoirs. Pour les moteurs cryogéniques, les gaz fournissant l'énergie aux turbines des turbopompes proviennent généralement de la combustion de faibles quantités d'hydrogène et d'oxygène prélevées en sortie des pompes. Les ergols cryogéniques sont ainsi dénommés parce qu'ils doivent être conservés sous forme liquide à de très basses températures (moins de 20° K pour l'hydrogène). Les ergols pouvant être embarqués dans des réservoirs sans précaution particulière sont dits "stockables" (UDMH -  $N_2O_4$ , par exemple).

Les moteurs à poudre utilisent un mélange combustible-comburant, enflammé par un allumeur, qui brûle de l'intérieur vers l'extérieur.

L'utilisation de turbopompes suppose la maîtrise de très fortes pressions<sup>1</sup>. Quant aux moteurs cryotechniques, s'ils sont plus performants que les moteurs à ergols stockables, leur mise au point est aussi plus difficile. Elle nécessite, en effet, la coexistence, au sein du lanceur, de températures très basses (dans les réservoirs d'ergols) et très élevées (dans la chambre de combustion et le générateur de gaz).

Ce n'est qu'en 1988, pour leur fusée géante ENERGIJA, que les Soviétiques sont parvenus à maîtriser cette technologie complexe, utilisée jusqu'alors seulement par les lanceurs américains SATURN et ATLAS CENTAUR.

Les obstacles technologiques à la mise au point d'ARIANE 1 furent rapidement surmontés puisque le premier lancement d'essai réussi de la fusée eut lieu dès le 24 décembre 1979. Le lanceur était déclaré opérationnel à la fin de l'année 1981, à l'issue de quatre vols d'essais de qualification, après avoir mis en orbite avec succès deux satellites, dont un MÉTÉOSAT, lors de son troisième tir.

L'investissement de base qu'avait constitué le programme de développement d'ARIANE 1 n'a fait qu'être valorisé par la suite, les concepts de base des versions 2 et 3 du lanceur ne différant pas de ceux qui avaient présidé à la mise au point du modèle initial.

ARIANE 4, développé ultérieurement, ne comportait pas non plus d'innovation technique majeure.

L'amélioration progressive des performances du lanceur, pour s'adapter à l'évolution des besoins du marché, a résulté principalement :

- de l'augmentation du niveau de poussée et de la durée de propulsion des moteurs ;
- des renforcements de structures correspondants ;
- de l'adjonction de propulseurs d'appoint (à liquide ou à poudre) ;
- de la modification de la partie haute (augmentation du volume sous coiffe et adaptation aux lancements doubles).

1. Non seulement pour la pressurisation des réservoirs (comme dans les fusées de type Diamant B), mais aussi pour le fonctionnement de la chambre de combustion (53,5 bars dans le cas d'Ariane 1) l'alimentation du générateur de gaz et la pressurisation des ergols par les turbopompes.

### CALENDRIER DE DÉVELOPPEMENT DES VERSIONS SUCCESSIVES D'ARIANE

- 1973 - Lancement du programme ARIANE 1
- 1979 - (24 décembre) : premier lancement d'essai réussi (1750 kg\*)
- 1981 - lancements de MÉTÉOSAT (+ APPLE) et MARECS A,  
- validation du lanceur
- 1984 - Premier lancement d'ARIANE 3 (2600 kg\*)
- 1988 - Premier lancement d'ARIANE 4 (4800 kg en lancement  
simple, 2500 + 1200 kg en lancement double dans la  
version 44L la plus puissante\*)

---

\* Masse en GTO (orbite de transfert vers l'orbite géostationnaire)

Le défi technologique auquel était confronté les promoteurs du programme ARIANE s'est accompagné d'un double défi industriel :

- faire travailler ensemble, de façon efficace, une multitude d'entreprises européennes en respectant la règle du juste retour ;

- augmenter la cadence de fabrication des lanceurs pour répondre à une demande dont les difficultés de la navette américaine ne faisaient qu'accélérer la croissance.

Cette double mission a également été remplie de façon satisfaisante.

L'exécutif de l'ASE a chargé le CNES de la gestion de la phase de développement du programme. L'établissement public français était, en effet, le seul en Europe à disposer de la capacité d'expertise nécessaire pour préciser les objectifs du programme en termes techniques, calendaires et financiers, en fixer les règles de gestion et définir la mission des industriels.

Vis-à-vis de ces derniers, le CNES était notamment responsable :

- des appels d'offres et du choix des maîtres d'oeuvre correspondant ;
- du maintien de bonnes relations entre maîtres d'oeuvre et sous-traitants ;
- de la mise au point des cahiers des charges (spécifications, plannings) ;
- de la négociation des contrats (forfaitaires, dans la mesure du possible, pour limiter toute dérive des coûts).

La compétence technique du CNES lui permettait, dans la phase de définition, de se substituer éventuellement à l'industriel, à titre provisoire.

A la difficulté de définir le rôle des industriels et de répartir entre eux les tâches, s'ajoutait celle du respect de la règle du juste retour.

En effet, alors que le programme était financé à 75 % par la France, le taux des retours industriels, en travaux "nobles", des investissements minoritaires des neuf autres pays, devait être supérieur à 80 % durant la phase de développement.

En phase de production industrielle, le CNES n'a plus été chargé que d'assurer une fonction d'assistance et de contrôle de la qualité (tâche néanmoins, très importante), le rôle de coordinateur étant assumé par Arianespace.

Sous la maîtrise d'oeuvre d'Arianespace, l'architecture industrielle de la fusée ARIANE 4 a été confiée à l'Aérospatiale, qui participe également à la réalisation des premiers et troisièmes étages et à celle de la Spelda (structure porteuse de lancement double). Les sept principaux contractants autres que l'Aérospatiale sont :

- MBB-ERNO (Allemagne) : deuxième étage et propulseurs d'appoint liquide ;
- SEP (France) : systèmes de propulsion des troisièmes étages et propulseurs d'appoint liquides ;
- BPD (Italie) : propulseur d'appoint à poudre et fusée de séparation
- Matra (France) : case à équipement

- British Aerospace (Grande-Bretagne) : Spelda
- Contraves (Suisse) : coiffe
- Air liquide (France) : réservoir du troisième étage.

Au total, une quarantaine d'entreprises réparties dans onze pays ont été associées à la production du lanceur européen. La réussite de la **coordination d'un aussi vaste consortium constitue en soi un véritable exploit**, qui provoque d'ailleurs l'étonnement et l'admiration des Américains et qu'il faut mettre essentiellement au crédit des dirigeants d'Arianespace et des principaux maître d'oeuvre français (Aérospatiale et SEP).

Le défi de la coordination industrielle européenne ayant ainsi été relevé avec succès, il restait à réussir à augmenter la cadence de fabrication du lanceur pour faire face à une demande fortement croissante.

La phase de promotion d'ARIANE 1, décidée en avril 1978, prévoyait la fourniture de six lanceurs à un rythme de deux à quatre lanceurs seulement par an.

En juillet 1981, l'objectif visé par l'aménagement d'un nouveau pas de tir à Kourou (ELA 2) était le passage d'une capacité de cinq à une capacité de huit lancements par an.

Devant l'accroissement considérable de la demande qui a suivi l'accident de CHALLENGER en 1986, un goulot d'étranglement du programme de production est apparu au niveau de la sortie des moteurs du troisième étage. Ce problème a été résolu, avec l'aide du CNES. Le rythme de la production et des lancements a ainsi pu être accéléré à partir de 1988. La durée globale de fabrication d'un lanceur a été réduite d'un tiers, passant de quarante-cinq à trente mois, elle est tombée à vingt-huit mois pour la production des moteurs et à vingt-deux mois pour la case à équipement.

Toutes les installations du centre spatial guyanais sont désormais dimensionnées pour le lancement d'une quinzaine de satellites par an. À l'occasion du salon du Bourget de juin 1991, la société Arianespace a annoncé qu'elle avait passé commande de cinquante ARIANE 4, sur une durée de huit ans, à ses principaux partenaires industriels (Aérospatiale, Matra, MBB, SEP, BPD et Contraves). Elle a rappelé que ce contrat de production de lanceurs spatiaux, le plus important du monde occidental, portait à quatre vingt dix-neuf le nombre de fusées ARIANE, soit déjà lancées<sup>1</sup>, soit fabriquées, ou en cours de fabrication.

1. 47 au moment de mettre sous presse ce rapport.

En ce qui concerne les moteurs, les séries de fabrication s'apparentent désormais à celles de l'Aéronautique (1 000 moteurs VIKING, 500 propulseurs d'appoint...).

Le poids de l'industrie européenne des lanceurs peut aussi se mesurer au nombre de personnes qu'elle emploie (environ 12 000).

La réussite technologique et industrielle européenne dans le domaine des lanceurs s'est accompagnée d'un incontestable succès commercial, déjà évoqué dans ce rapport :

- 31 opérateurs ont confié à Arianespace le lancement de 93 satellites depuis 1981 ;

- le carnet de commandes de la société comprenait en mai 1991, le lancement de 35 satellites (plus de 15 milliards de francs) ;

- la proportion de clients non européens est d'environ la moitié ;

- Arianespace détient plus de 50 % du marché mondial des services des lancements commerciaux (56 % sur l'année 1990).

La souplesse qu'offre la possibilité d'adapter les performances du lanceur à l'importance de la charge utile<sup>1</sup>, les services proposés aux clients en matière d'assurances et la situation exceptionnelle du centre spatial guyanais constituent pour la société européenne, des atouts importants face à la concurrence. La situation quasi-équatoriale de la base de Kourou constitue, en effet, une position optimale pour le lancement de satellites géostationnaires puisqu'elle permet de bénéficier au maximum de l'effet de fronde dû à la rotation de la terre<sup>2</sup>. Il en résulte une moindre consommation d'ergols pour le passage des satellites de leur orbite de transfert à leur orbite définitive et donc un allongement de leur durée de vie<sup>3</sup>.

1. ARIANE 4 est un lanceur modulable, disponible dans six configurations différentes (selon le nombre et le type de propulseurs d'appoints), susceptible de mettre en orbite de un à trois satellites, de 1,9 t à 4,2 t en lancement simple (en GTO).

2. La vitesse d'entraînement engendrée par le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même est dirigée vers l'Est. Elle est maximum à l'équateur. Pour l'accès à l'orbite géostationnaire, la disposition d'un champ de tir proche de l'équateur permet de conjuguer le tir plein Est (optimal pour faire coïncider le plan de l'orbite avec le plan équatorial) et une vitesse d'entraînement maximale.

3. Une fois placé par le lanceur sur leur orbite de transfert (GTO), les satellites géostationnaires utilisent leur propre système de propulsion pour atteindre leur orbite définitive.

Or, la masse d'ergols dont ils disposent à bord est nécessairement limitée. Donc, plus la consommation pour leur mise à poste sera importante, moins la durée de leur maintien à poste, par la suite, sera longue.

La vitesse de propulsion, et donc la consommation d'ergols, nécessaire pour circulariser l'orbite de transfert (généralement elliptique) et annuler son inclinaison par rapport à l'équateur est d'autant plus forte que cette inclinaison est faible. Plus on se rapproche donc du plan équatorial et moins la consommation d'ergols est élevée. À Kourou, l'inclinaison de l'orbite de transfert est seulement de 5°.

\*

\*           \*

En résumé, le degré de développement technologique et industriel atteint par les Européens en matière de lanceurs (en grande partie grâce à la France) leur a permis non seulement de conquérir leur autonomie, mais de contrôler plus de la moitié du marché des services de lancement commerciaux.

Si la compétitivité de notre industrie est dans l'ensemble moins bonne dans le domaine des satellites, le niveau technologique européen y est néanmoins très honorable et certains programmes ont connu une réussite exceptionnelle (cas du satellite français SPOT d'imagerie à haute résolution).

## 2.2 LA MATURATION TECHNIQUE D'UNE INDUSTRIE DES SATELLITES EN COURS DE RESTRUCTURATION

### 2.2.1. Notions de base

On distingue, généralement, dans un satellite, une charge utile, spécifique de la mission, et une plate-forme qui permet le fonctionnement des différents équipements ou instruments embarqués. Charge utile et plates-formes sont souvent physiquement imbriquées, particulièrement dans le cas des satellites scientifiques.

#### 2.2.1.1. Charge utile

Les équipements et instruments qui constituent la charge utile des différents types de satellite ont été très bien décrits par les experts de l'Office.

Il s'agit :

#### DANS LE DOMAINE DES SCIENCES DE L'UNIVERS

- De collecteurs de signaux ou de rayonnements caractéristiques des astres observés (rayons cosmiques, autres rayonnements électromagnétiques : gamma, X, UV, visible, infrarouge, submillimétrique, radio). Ces collecteurs sont souvent des télescopes optiques ou des antennes, auxquels sont adjoints d'autres instruments spécifiques (photomètres, caméras, spectographes, interféromètres...);

- D'instruments de mesure in situ de l'environnement spatial (détecteurs et collecteurs de poussières, analyseurs de particules...);

- Ou, enfin, d'instruments de géophysique pour l'exploration planétaire (instruments de télédétection placés à bord de véhicules orbitaux ou au sol, ou instruments altimétriques...)

#### DANS LE DOMAINE DE L'OBSERVATION DE LA TERRE

Les instruments "passifs" observent le rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par la Terre tandis que les instruments "actifs" éclairent leur cible, au moyen d'une impulsion électromagnétique, pour analyser le signal rétrodiffusé.

Il s'agit, selon la longueur d'onde d'observation, d'instruments optiques (domaine du visible ou proche du visible comme l'infrarouge et l'ultraviolet) ou micro-ondes (radiofréquences).

Les principaux instruments optiques sont les spectromètres (infrarouges et ultraviolets) et les imageurs classiques (comme ceux de SPOT), ainsi que les lidars, instruments actifs à laser.

On utilise également des radars (instruments micro-ondes actifs) tels que le radioaltimètre de TOPEX-POSEIDON, le radar à synthèse d'ouverture d'ERS 1, ou les diffusiomètres.

#### DANS LE DOMAINE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

La charge utile comprend essentiellement les antennes de réception et d'émission, les amplificateurs (amplificateurs faible bruit à la réception et amplificateurs de puissance à l'émission) ainsi que les filtres démultiplexeurs et multiplexeurs. Les circuits électroniques embarqués et leurs composants de base doivent subir des traitements spéciaux (durcissement préalable...) pour résister au rayonnement particulier dans l'espace).

##### 2.2.1.2. *Plates-formes*

**La plate-forme**, qui caractérise l'architecture du satellite, doit être, d'une part, adaptée aux missions des satellites et à ses contraintes d'orbite et d'environnement et permettre, d'autre part, le fonctionnement de ses instruments.

Il faut signaler tout d'abord que l'ensemble des systèmes embarqués dans les satellites occidentaux fonctionne dans le vide (ce qui nécessite des essais thermiques au sol dans des chambres de simulation adéquates, généralement coûteuses). Les équipements des satellites soviétiques, eux, sont placés dans une enveloppe métallique contenant un gaz neutre. Cette technique de pressurisation est plus simple mais augmente considérablement la masse à satelliser.

La plate-forme d'un satellite peut être définie comme un ensemble complexe de sous-systèmes comprenant :

- la structure qui supporte mécaniquement et maintient solidaires les différents éléments du satellite ;

- les dispositifs de mise et de maintien à poste (acquisition et correction de l'orbite), de stabilisation (contrôle d'attitude), d'alimentation en énergie, et de contrôle thermique ;

- en outre, le satellite possède un sous-système de télémessure et de télécommande, qui permet le contrôle de l'orbite et de l'attitude, ainsi qu'un sous-système de gestion de bord destiné au traitement de l'information dans l'espace.

La mise et le maintien à poste et les corrections d'altitude font appel au système de propulsion du satellite.

Les différents sous-systèmes qui viennent d'être décrits possèdent entre eux de nombreuses interfaces, ce qui augmente encore la complexité de l'ensemble.

### 2.2.2. Un degré élevé de maturité technologique

Les difficultés technologiques et les problèmes industriels que soulève la réalisation d'un satellite ont été progressivement maîtrisés par les Français et les Européens. Leur démarche a consisté à concevoir et à réaliser d'abord des satellites scientifiques ou expérimentaux, avant de passer à la fabrication de satellites d'application opérationnels

- Concernant les satellites scientifiques, la réussite de l'ESRO a contrasté avec l'échec de l'ELDO. Le programme scientifique de l'organisation européenne, poursuivi par l'ASE en 1975, était axé sur l'étude, par des mesures in situ, de la magnétosphère, de l'ionosphère et des vents solaires, et sur l'observation du rayonnement des astres dans différentes longueurs d'onde (rayons gamma, X et ultraviolets).

Le succès européen le plus spectaculaire à ce jour a été le survol de la comète de Halley par la sonde GIOTTO, en mars 1986. Les projets les plus ambitieux ont concerné, d'une part, la mission du satellite HIPPARCOS qui, bien qu'il n'ait pas atteint l'orbite géostationnaire prévu, devrait fournir un catalogue d'étoiles d'une qualité inégalée<sup>1</sup>, et d'autre part, la sonde ULYSSE, lancée en octobre 1990. Celle-ci devrait être l'engin le plus rapide envoyé par l'homme dans l'espace et le premier à quitter le plan de l'écliptique<sup>2</sup>. Elle sera également la première à survoler le pôle sud du Soleil, qu'elle atteindra, au terme d'une trajectoire remarquable et paradoxale, en utilisant, comme effet de fronde, la force de gravitation de Jupiter.

1. Selon Mme TURON de l'unité associée au CNRS "Astrophysique stellaire et galactique" 60 à 70 % des données du satellite peuvent être qualifiées de bonnes et même excellentes.

2. Intersection du plan de l'orbite terrestre avec la sphère céleste.

Cette mission, si elle réussit, sera le couronnement d'un effort entrepris par certains pays européens dès le début des années soixante (période du lancement des satellites anglais ARIEL et italien SAN MARCO) et par l'ESRO à partir de 1968 (mise en orbite d'ESRO 2).

- Mais ce n'est qu'une dizaine d'années plus tard que l'Europe s'est engagée dans le développement de satellites d'application.

*Le satellite de télécommunications SYMPHONIE*, lancé en 1974, était à la fois le premier satellite au monde à bénéficier d'un système de stabilisation "trois axes"<sup>1</sup> et le premier satellite d'application construit par des Européens (Français et Allemands). Les Etats-Unis exigèrent, en échange de son lancement, qu'il ne soit pas utilisé à des fins commerciales.

Le premier *satellite météorologique* européen MÉTÉOSAT, lancé trois ans plus tard, en 1977, avait, en revanche, une vocation clairement opérationnelle mais non commerciale, s'agissant de prestations de service public.

Ce fut ensuite, en 1978, la mise en orbite du premier satellite expérimental de télécommunication de l'ASE, OTS 2.

L'acquis de SYMPHONIE et d'OTS 2 a été déterminant. Il a permis la mise au point des plates-formes modulables européennes de satellites de télécommunication SPACE BUS (Aérospatiale + MBB) et EUROSTAR (British Aerospace et Matra).

Il y a eu une filiation directe entre les satellites expérimentaux européens OTS 1 et 2 (qui eux-mêmes avaient bénéficié des résultats du programme de satellites franco-allemands SYMPHONIE) et les satellites opérationnels ECS (European communication satellite) d'EUTELSAT et MARECS (Maritime European Communication Satellites) d'Inmarsat.

Même des satellites nationaux récents comme DFS (Allemagne), ITALSAT ou TELECOM 1, sont plus ou moins dérivés des programmes SYMPHONIE et OTS.

1. La stabilisation "trois axes" désormais utilisée par la plupart des satellites de télécommunication et d'observation consiste à maintenir l'orientation du trièdre de référence du satellite par rapport à un repère donné, le centre de la terre par exemple.

Elle se distingue de la stabilisation par rotation, ou "spinning", avec laquelle le satellite se comporte comme un gyroscope et qui requiert l'utilisation de petits propulseurs pour entretenir la rotation et corriger le dépointage. L'inconvénient de cette méthode est de réduire la surface d'exposition des cellules solaires, donc l'énergie disponible, et de nécessiter des systèmes contrarotatifs pour maintenir pointées vers la terre certaines parties du satellite (par exemple les antennes).

L'effort suivant a porté, pour les Français et les Allemands d'abord, avec TDF-TVSAT, puis pour les autres pays membres de l'ASE, avec OLYMPUS, sur la maîtrise de la *télédiffusion directe par satellite*<sup>1</sup>.

Dans une étude sur la compétitivité de l'industrie spatiale réalisée pour le compte de l'ASE, les experts du cabinet Euroconsult estiment que la complexité des satellites européens de communication est désormais plus grande que celle des satellites américains, en raison de l'utilisation simultanée de plusieurs bandes de fréquence<sup>2</sup>, de la coexistence de charges utiles civiles et militaires, et de la présence à bord d'éléments expérimentaux ou très spécifiques.

Dans le domaine des satellites d'application dédiés à l'observation de la terre, l'Europe a également démontré la maturité de sa technologie.

Concernant, tout d'abord, les *moyens optiques de détection* ; la France s'est lancée, en 1978, avec la Suède et la Belgique, dans le programme SPOT. SPOT 1, mis en service en 1986, et SPOT 2, lancé en 1990, ont une résolution meilleure que celle des satellites américains LANDSAT (20 m au lieu de 30 m au sol en couleur ; 10 m en noir et blanc) mais fournissent cependant des informations moins riches spectralement. Leur capacité de prises de vues latérales leur donne, par ailleurs, l'avantage sur LANDSAT d'offrir, des images stéréoscopiques, mais les deux systèmes sont en réalité, actuellement plus complémentaires que concurrents.

La plate-forme de SPOT, conçue par Matra, pourrait être utilisée pour d'autres programmes (elle a déjà été adoptée pour le satellite d'observation militaire français HÉLIOS et pour la plate-forme polaire de l'ASE).

1. Les Suédois ont lancé de leur côté TELE-X, issu de TDF-TVSAT et les Anglais BSB 1 et 2, de moindre puissance (110 W).

2.

Bande C : Bandes de fréquence situées entre 4 et 6 Gigahertz (GHz). Ces bandes de fréquence sont utilisées par le service fixe par satellites. Les fréquences les plus élevées (autour de 6 GHz) sont utilisées pour les liaisons montantes (c'est-à-dire de la terre vers l'espace), tandis que les fréquences moins élevées (autour de 4 GHz) sont utilisées pour les liaisons descendantes (de l'espace vers la terre).

Bande K : Nom générique de toutes les fréquences situées entre 10 et 36 GHz. Le Règlement des radiocommunications (voir UIT) divise cette gamme en un certain nombre de sous-gammes assignées aux différents services tant terrestres que spatiaux.

Bande Ka : Partie supérieure de la bande K située approximativement entre 17 et 31 GHz. Cette bande n'est pas encore utilisée commercialement. On envisage d'affecter aux futures télécommunications par satellites certaines fréquences de cette bande.

Bande Ku : Partie inférieure de la bande K, comprise approximativement entre 10 GHz et 19GHz. En matière de communications par satellites, la bande Ku désigne généralement les fréquences situées autour de 11 GHz (pour les liaisons descendantes) et de 14 GHz (pour les liaisons montantes) assignées aux services fixes et aux services de radiocommunications par satellites.

S'agissant, ensuite des *satellites radar d'observation de la terre*, ERS 1 (dont la plate-forme est dérivée de celle de SPOT) a été, en juillet 1991, le deuxième satellite de ce type lancé au monde<sup>1</sup>, après la mise en orbite, en mars de la même année, du satellite soviétique ALMAZ. Destiné principalement à l'étude des océans et des glaces polaires et de leur influence sur le climat, ses capacités d'observation à travers les nuages en font un complément très utiles des satellites d'observation optiques (pour les terres émergées de la ceinture équatoriale, notamment).

Que ce soit ainsi dans le domaine des satellites scientifiques ou des différents satellites d'application (télécommunication, météorologie, observation de la terre à haute résolution) l'Europe et la France ont globalement apporté la preuve de leur maturité et même de leur excellence technologique.

### 2.2.3. Une industrie prolifique

Les technologies spatiales sont maîtrisées en Europe par de nombreuses entreprises.

L'étude précitée de Satel Conseil et HCI, réalisée pour le compte de la DGE (Délégation Générale à l'Espace), dénombrerait ainsi, en mai 1990, pas moins de huit industriels disposant d'une capacité de maîtrise d'oeuvre de satellite (British Aerospace, Marconi et Matra qui ont fusionné en 1989, MBB et Dornier, désormais regroupés au sein de Deutsche Aerospace, Selenia et Aeritalia, réunis à la fin de 1990, au sein d'Alenia et, enfin, l'Aérospatiale). Comme le souligne notre expert, M. SCHIRMANN, les regroupements en cours dans l'industrie européenne se traduisent par une juxtaposition plutôt qu'une réduction de capacités et n'entraînent donc pas de diminution du potentiel industriel de l'Europe. Il y a même, par conséquence, une surabondance, dans notre continent, de moyens d'intégration et d'essais de satellites (salles d'intégration, chambres de simulation sous vide, chambres acoustiques, installations d'essais de vibration, de compatibilité électromagnétique, etc.).

1. ERS 1 est pourvu :
  - d'un détecteur actif à hyperfréquence combinant les fonctions d'un radar à synthèse d'ouverture et d'un diffusiomètre de vents et de vagues ;
  - d'un altimètre radar ;
  - de divers autres instruments (radiomètre infrarouge, sondeur vertical à hyperfréquences, équipement de mesure précise de distance et de vitesse).

Travailler dans la partie hyperfréquences du spectre confère au satellite la possibilité d'observer à travers les nuages (les ondes radar traversent, en effet, la vapeur d'eau de l'atmosphère qui absorbe les ondes lumineuses et infrarouges) et aussi à travers la végétation.

Par ailleurs, le radar à synthèse d'ouverture d'ERS 1 permet le balayage en oblique d'une bande de 100 km de largeur.

La précision de l'altimètre est d'une dizaine de centimètres. Les images reconstituées à partir des données du radar ont une haute résolution (de l'ordre de quelques mètres).

À côté des plates-formes les plus utilisées (SPOT pour l'observation de la terre, EUROSTAR et SPACEBUS pour les télécommunications) sont développées des séries très limitées pour les satellites METEOSAT (Aérospatiale) ou des satellites nationaux de télécommunication (plates-formes de DFS KOPERNIKUS construites par MBB et Siemens, plates-formes des ITALSAT réalisés par Selenia Spazia).

En ce qui concerne les charges utiles et les systèmes de propulsion des satellites, les maîtres d'oeuvre précités font appel à divers contractants principaux (tels qu'Alcatel et ANT pour les télécommunications...).

Ces contractants principaux fournissent eux-mêmes certains équipements et sous-systèmes mais de nombreux sous-contractants interviennent également à ce niveau.

Il faut rappeler enfin - comme le font nos experts Mme PRADERIE et M. LEBEAU - que les laboratoires participent largement à la conception et à la mise au point des instruments scientifiques embarqués, en ce qui concerne l'observation de la terre et de l'univers, même si le rôle des industriels tend à croître, au niveau de la réalisation.

Globalement, la compétitivité économique de l'industrie européenne des satellites n'est à la hauteur ni de son niveau technologique, ni de la position occupée par l'Europe dans le domaine des lanceurs.

Les causes en seront analysées plus loin, elles tiennent en grande partie à un morcellement excessif de notre appareil industriel et à une intégration insuffisante des politiques spatiales des pays concernés.

La situation, toutefois, est en voie d'amélioration grâce aux regroupements d'entreprises en cours au niveau européen et même mondial avec :

- d'un côté la fusion de Matra (présent à travers Fairchild aux Etats-Unis) et de Marconi Space et le rapprochement de l'ensemble ainsi constitué avec l'allemand ANT du groupe Bosch ;

- et de l'autre côté l'association d'Aérospatiale Alcatel, Alenia (actionnaires à 49 % de Loral) à laquelle Deutsche Aerospace (DASA) pourrait venir prochainement se joindre.

British Aerospace demeure toutefois, pour le moment, à l'écart de cette bipolarisation.

Le principal marché d'applications spatiales actuel dans le monde demeure celui des télécommunications.

La position de l'industrie européenne devrait s'y améliorer mais principalement sous l'effet de l'augmentation de la proportion du marché mondial que représente le marché européen, en grande partie captif.

**RÉPARTITION DE LA VALEUR DU MARCHÉ MONDIAL  
DES SATELLITES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

1980-1989		1989-1995
EUROPE .....	20,2 %	31,2 %
Etats-Unis .....	34,4 %	28,1 %
Reste du monde .....	29,7 %	21,5 %
Systèmes internationaux .....	15,7 %	19,2 %

Source : Euroconsult

Les parts respectives des Etats-Unis et de l'Europe dans la valeur totale des contrats de maîtrise d'oeuvre de satellites géostationnaires dans le monde devrait, en conséquence, évoluer ainsi :

**REPARTITION DES CONTRATS DE MAITRISE D'OEUVRE  
DE SATELLITES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

1980-1989		1989-1995
Etats-Unis .....	69,7 %	59,6 %
Europe .....	23,5 %	36,0 %

Source : Euroconsult

À l'exportation cependant, l'industrie européenne n'a gagné ces dernières années que trois appels d'offre : Arabsat, Turksat et Inmarsat 2.

En outre, deux sur trois de ces contrats (Arabsat et Inmarsat) confient à des entreprises américaines la réalisation de la majeure partie de la charge utile !

Il est vrai, cependant, que certains marchés remportés par des entreprises américaines comportent à l'inverse d'importantes sous-traitances européennes (cas d'INTELSAT). Mais ceci ne compense pas cela.

Quoi qu'il en soit, la position relative de l'industrie française dans l'Europe spatiale demeure très forte.

Ainsi, trois des cinq entreprises européennes qui réalisent un chiffre d'affaires supérieur à 1,5 milliard de francs par an au titre de l'espace sont françaises : Aérospatiale, Matra et la SEP. Les deux autres étant MBB, en Allemagne et British Aerospace, en Grande-Bretagne.

On trouve ensuite un peloton intermédiaire d'une dizaine d'entreprises, ayant un chiffre d'affaires spatial compris entre 500 millions de francs et un milliard, parmi lesquelles figurent Alcatel Espace et bon nombre d'autres sociétés françaises (Sextant-Avionique, Sagem-Sat...).

Au niveau scientifique, les points forts de la France, signalés par nos experts, sont nombreux :

- En sciences de l'univers, il s'agit notamment, sur le plan thématique, de l'étude des sursauts gamma et de la magnétosphère terrestre, de l'interférométrie, et sur le plan instrumental, des caméras (caméra ISOCAM d'ISO et faint object camera de HUBBLE), de l'imagerie ultra-violet grand champ et des programmes ballon (mars 1994) ;

- En observation de la terre, les domaines d'excellence de la France sont l'imagerie optique à haute résolution, la géodésie<sup>1</sup> et l'étude de la terre solide et les instruments correspondants (imageurs optiques classiques, spectromètres, altimètres, gradiomètres, balises<sup>2</sup>...)

Au niveau industriel se retrouvent souvent les mêmes spécialités (systèmes de traitement d'image, instruments d'optique) mais au côté d'autres créneaux d'excellence "système" ou "équipements" : accumulateurs et piles, tubes à onde progressive, composants infrarouge, inertiels, pyrotechniques, enregistreurs embarquables, mémoires, etc.

Certains équipementiers français occupent ainsi une part de marché en Europe supérieure à la part de notre pays dans les activités spatiales européennes : REOSC (70 % du marché européen des optiques), SAFT (70 % du marché des batteries), Matra (80 % des produits inertiels et 40 % des senseurs optiques), la Sagem (monopole mondial des mémoires à bulle).

Certaines de ces entreprises (REOSC et SAFT) sont présentes sur le marché américain.

1. Beaucoup des premiers satellites artificiels français étaient géodésique (D1 A, D1 C, D1 D...).

2. Altimètres radar de TOPEX POSEIDON, gradiomètre de l'ONERA, balises ARGOS, SARSAT COSPAS, système DORIS.

La position de force de Thomson dans le marché des tubes à onde progressive est, par ailleurs, bien connue.

Alcatel (25 % du marché des équipements TTC de poursuite et de contrôle et des charges utiles de télécommunication) mérite une mention particulière en raison de sa réputation internationale dans un secteur qui est actuellement le moteur de la compétitivité mondiale sur le marché des satellites. Alcatel a, en effet, été choisi pour réaliser une part significative de la charge utile et du segment sol d'INTELSAT 7 qui doit être lancé en 1992, après avoir participé aux séries précédentes (INTELSAT 2, 4 et 6 : récepteurs et filtres, équipement sol TM et TC <sup>1</sup>). Ces résultats sont d'autant plus remarquables que les télécommunications ne devaient pas constituer initialement une spécialité française au sein de l'Europe, au terme des premières concertations entre Etats-membres qui suivirent la création de l'ASE. Ce devait être plutôt le domaine de prédilection des Britanniques qui ont effectivement obtenu la maîtrise d'oeuvre de tous les satellites correspondants de l'agence (OTS, ECS, MARECS, OLYMPUS), la direction du consortium européen MESH étant par ailleurs, confiée à British Aerospace. Le groupe français a donc bénéficié des retombées des programmes bilatéraux (satellites franco-allemands SYMPHONIE et TDF-TVSAT) et nationaux (TELECOM 1A/B/C - SYRACUSE 1, TELECOM 2, SYRACUSE 2) plus que du retour des programmes européens dont notre pays était absent (OLYMPUS) ou auxquels il ne participait que modestement (OTS-ECS). Depuis sa fusion avec MARCONI-SPACE, Matra est également très présent dans les télécommunications spatiales, domaine dans lequel il peut prétendre fournir des systèmes complets, segment sol compris. C'est à lui qu'a été confiée la construction de la plate-forme de type EUROSTAR du satellite TELECOM 2.

Si la France excelle ainsi dans presque tous les domaines de l'industrie des satellites, une certaine répartition des tâches doit néanmoins être effectuée avec nos partenaires européens. L'eupéanisation inéluctable de certains programmes est ainsi un des critères essentiels, avec l'analyse des missions et des débouchés commerciaux, qui ont conduit les responsables du programme pluri-annuel de R & T du CNES à préconiser une politique de "créneaux" plus sélective. De leur côté, les rédacteurs du rapport précité sur l'évolution de l'industrie spatiale européenne<sup>2</sup> faisaient valoir, en mai 1991, que « Pour la France, qui possède une avance certaine mais est handicapée par des capacités financières limitées, la permanence d'une politique d'indépendance nationale doit s'accommoder du fatal transfert vers les pays européens de capacités de production ou de technologies, par exemple en matière de micro-propulsion ». Les

1. TM : Télémétrie  
TC : Télécontrôle.

2. Rapport à la DGE de Satel Conseil et HCI sur l'évolution de l'industrie spatiale européenne.

mêmes auteurs suggéraient cependant qu'une veille technologique soit assurée en ce qui concerne les techniques sensibles au regard de notre effort spatial militaire.

Il est peut-être souhaitable, au demeurant, que des choix soient effectués aussi au niveau européen car l'Europe, même prise dans son ensemble, ne peut pas non plus faire tout, toute seule, et encore moins se situer aux premiers rangs dans la fabrication de tous les équipements de satellites.

En conclusion, le niveau technologique et le potentiel industriel de l'Europe en matière de satellites sont respectables mais sa compétitivité dans le domaine des télécommunications spatiales, est loin d'être aussi bonne qu'en ce qui concerne les lanceurs. Notre pays possède, là encore, une avance certaine sur ses partenaires européens mais nos acquis sont fragiles.

Le rattrapage par l'Europe des deux grandes puissances spatiales mondiales apparaît ainsi inachevé.

### 3. UN RATTRAPAGE CEPENDANT INACHEVÉ

Malgré son importance, le potentiel spatial européen semble encore limité, en comparaison de celui des Etats-Unis et de l'Union soviétique, même si l'écart tend à se réduire.

L'industrie spatiale européenne souffre d'un triple handicap par rapport à ses homologues américaine et soviétique : une infériorité de dimension, un morcellement des structures, des lacunes de moyens.

#### 3.1. UN SECTEUR AUX DIMENSIONS ENCORE LIMITÉES

##### COMPARAISON DE LA DIMENSION DES ACTIVITÉS SPATIALES DANS LES PRINCIPAUX PAYS EN 1990

	USA	URSS	EUROPE	FRANCE
• Budget* : civil .....	12	5,2	4	1,26
- militaire .....	18	6	1,1	0,66
• Nombre de salariés .....	300 000	-	54 000	18 300
(hors agences)				
• chiffre d'affaires* .....	29,2	-	3,4	1,8
(consolidé)				

\* en milliards de dollars

Source : Euroconsult et GEFAS

N.B. : Les chiffres sont arrondis et ne permettent des comparaisons qu'en terme d'ordres de grandeur.

Le tableau ci-dessus permet de vérifier :

- la disproportion déjà signalée entre les budgets spatiaux civils et surtout militaires de l'Europe et ceux des deux autres grandes puissances spatiales (écart avec les Etats-Unis du simple au triple pour l'espace civil et de un à quinze pour l'espace militaire) ;

- le développement beaucoup plus important de l'industrie spatiale américaine (chiffre d'affaires dix fois supérieur, six fois plus de salariés) ;

- le poids relatif de l'industrie française en Europe (plus de la moitié du chiffre d'affaires européen et plus du tiers des salariés) ;

- le fait que les dépenses militaires représentent 60 % de l'effort budgétaire spatial américain.

Ainsi, comme le remarque notre expert, M. Marc GIGET, «le maintien de la suprématie américaine dans l'espace est maintenant

essentiellement le fait des dépenses spatiales militaires qui ont fortement progressé pendant la décennie 1980», alors que l'écart avec l'Europe s'est réduit, en ce qui concerne l'espace civil, aussi bien en valeur relative qu'en valeur absolue. En autorisation de programmes, les dépenses spatiales civiles européennes (ASE + programmes nationaux) auront représenté, en 1991, environ la moitié de celles de la NASA (7 milliards de dollars contre 13,3 milliards de dollars).

Le déséquilibre en termes d'activités industrielles est, toutefois, plus marqué. Il est lié à l'importance du secteur spatial militaire aux Etats-Unis et s'accompagne d'une moindre compétitivité des entreprises européennes sur le marché mondial des satellites de télécommunication (principale application industrielle de la technologie spatiale à l'heure actuelle).

Cette situation est aggravée par le morcellement excessif des industries spatiales européennes.

### 3.2 DES STRUCTURES INDUSTRIELLES TOUJOURS TROP MORCELÉES

La dispersion des structures industrielles européennes est en même temps la cause et la conséquence du manque de compétitivité de l'industrie européenne des satellites de télécommunication. Elle a des raisons historiques qui tiennent au développement relativement récent de l'espace européen. Elle résulte aussi de l'insuffisante cohésion des politiques spatiales européennes dans ce secteur ainsi que de certains effets pervers de la règle du juste retour.

Dans le domaine des lanceurs, ces inconvénients ont été surmontés grâce au rôle intégrateur joué, en raison du caractère unique et incontestable de leur compétence, par le CNES tout d'abord, pendant la phase de développement, puis, pendant la phase d'industrialisation, par Arianespace et les deux principaux contractants français, Aérospatiale, l'architecte industriel et la SEP, le motoriste.

Rien de tel n'existe dans le domaine des télécommunications spatiales.

Les programmes expérimentaux de l'ASE et le consortium MESH qu'elle a mis en place sous la direction de British Aerospace n'ont pas empêché le développement parallèle de programmes nationaux ou bilatéraux et la création de capacités industrielles excédentaires.

L'amélioration de la compétitivité de l'industrie européenne des télécommunications sur le marché mondial dépend donc :

- des regroupements d'entreprises en cours ;
- mais aussi, de l'effort de recherche et développement des différents acteurs concernés.

### 3.2.1. Des regroupements insuffisants

- Sur le premier point, les restructurations industrielles actuelles ont eu l'avantage de regrouper les fabricants de plates-formes et de charges utiles européens qui subissaient auparavant le désavantage, par rapport à leur concurrents américains, d'être séparés et de ne coopérer qu'au coup par coup.

Cependant, les deux pôles en cours de constitution apparaissent assez déséquilibrés au regard de leur degré d'intégration et de leur dimension.

Avec 4,5 milliards de francs de chiffre d'affaires en 1990 et un effectif de 3 000 salariés, le poids de Matra-Marconi Space est moindre que celui de l'ensemble Aérospatiale-Alcatel-Alenia associé à Loral (8,5 milliards de francs de chiffre d'affaires et 7 390 salariés). Cependant, la fusion de Matra et de Marconi Space a été réelle tandis qu'Aérospatiale, Alcatel et Alenia conservent chacun leur identité. La coopération entre ces derniers est cependant assez étroite pour les amener à donner une réponse commune aux appels d'offres qui leur sont adressés puis à se répartir le travail dans le cadre des contrats conclus.

La répartition de nos capacités industrielles au sein de deux entités multinationales a peut-être été un moyen d'éviter d'avoir à les réduire en les rationalisant au niveau de l'hexagone.

Ce maintien de deux pôles de maîtrise d'oeuvre français autour de Matra, d'une part, et de l'association de l'Aérospatiale et d'Alcatel, d'autre part, n'en présente pas moins les inconvénients suivants, selon Satel Conseil et HCI (cf. rapport précité à la DGE) :

- difficultés d'arbitrages au niveau des pouvoirs publics ;
- risque de diminution de la compétitivité de notre industrie nationale (absence de spécialisation entre les deux groupes, de synergie entre leur politique commerciale, d'optimisation de leurs investissements industriels...).

Cette situation diffère en tout cas de celle rencontrée chez nos deux principaux partenaires européens, après la fusion de Selenia et Aeritalia au sein d'Alenia, d'une part, et le regroupement, d'autre part, au sein de Deutsche Aerospace (DASA), des principales sociétés aérospatiales allemandes : MBB, Dornier, MTV, Telefunken, System Technik.

Quoi qu'il en soit, les restructurations en cours sont susceptibles d'améliorer de deux façons la compétitivité de l'industrie européenne des télécommunications :

- par des économies d'échelle dues à la production en série des mêmes équipements ou familles d'équipements (plates-formes, composants, systèmes et sous-systèmes) ;

- par une augmentation du taux d'utilisation des capacités de production liée à l'accroissement subséquent de l'importance des commandes passées aux entreprises regroupées.

Mais, sous l'effet de la conjonction de plusieurs facteurs (insuffisante intégration au sein du pôle européen le plus important, hésitation de la DASA à rejoindre cet ensemble, isolement de British Aerospace), l'offre européenne demeure trop dispersée.

En effet, on dénombre encore aujourd'hui, en Europe, en matière de satellites d'application pas moins de six fabricants de plates-formes (Aérospatiale, Matra, MBB, Dornier, Aeritalia, British Aerospace) et quatre fabricants principaux de charge utile (AMT, Alcatel, Marconi et Selenia Spazia).

### 3.2.2. Une compétitivité commerciale qui laisse à désirer

Comme le souligne la conclusion d'un rapport d'Euroconsult à l'ASE sur la compétitivité de l'industrie spatiale européenne, cette compétitivité est aussi bonne, si ce n'est meilleure, que celle de l'industrie américaine dans les domaines où les volumes de productions sont comparables (satellites météorologiques géostationnaires et satellites scientifiques).

Mais il n'en va pas ainsi en ce qui concerne les satellites de télécommunication.

Pourtant les séries européennes et américaines tendent à se rapprocher avec la production en dix à quinze exemplaires des plates-formes ECS-MARECS et EUROSTAR (British Aerospace - Matra), et SPACEBUS (Aérospatiale-MBB). Ce nombre d'exemplaires est à peu près égal à celui des commandes actuelles de satellites américains du

type INTELSAT 5 ou SATCOM 3000. Toutefois, le chiffre de ces commandes devrait s'accroître et l'on est loin, de toute façon, de la quarantaine d'HS 376 ou de la vingtaine d'HS 601 écoulés par Hughes Aircraft sur le marché mondial !

Les quatre maîtres d'oeuvre de satellites américains (Hughes Aircraft, GE/RCA, Ford Aerospace, TRW) vont se partager entre 1990 et 1995, 60 % du marché mondial des satellites géostationnaires de télécommunication, tandis que les cinq maîtres d'oeuvre européens (Matra, Aérospatiale, British Aerospace, Alenia, MBB) devront se contenter de 36 % de ce même marché.

Ce déséquilibre est certainement, au total, encore beaucoup plus fort, si l'on tient compte du volume incomparablement plus élevé des commandes militaires américaines (globalement, le volume des affaires spatiales est dix fois plus important aux Etats-Unis qu'en Europe).

Il découle des analyses qui précèdent, que les prix de revient de l'industrie européenne des satellites sont sans doute plus élevés que ceux de l'industrie américaine, en raison d'économies d'échelle moins développées.

Toutefois, le fait que les satellites européens soient généralement vendus plus chers sur les marchés publics domestiques qu'à l'exportation, permet d'améliorer la compétitivité des offres européennes sur le marché mondial.

Les prix américains n'en demeurent pas moins légèrement inférieurs et la baisse du dollar ne fait, bien sûr, qu'accentuer cette tendance. En outre, les délais de fabrication européens sont en moyenne supérieurs de un ou deux ans aux délais américains.

Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que ce soit l'industrie américaine qui ait obtenu la maîtrise d'oeuvre de tous les systèmes internationaux publics et privés, à l'exception d'INMARSAT 2 et d'ORION. Les Etats-Unis surpassent également largement l'Europe sur les marchés nationaux des pays tiers (trente-six satellites vendus, contre cinq pour l'industrie européenne).

L'amélioration des positions concurrentielles de l'industrie européenne des satellites exige, à l'évidence, un regroupement de ses maîtres d'oeuvre en deux pôles intégrés, avec des coopérations transatlantiques secondaires plus ou moins accentuées.

Ces deux pôles devraient pouvoir s'appuyer sur un tissu d'entreprises sous-traitantes spécialisées dont les tâches soient réparties de façon rationnelle.

### 3.2.3. L'absence de politique industrielle européenne

Le rapport précité de Satel Conseil et HCI à la DGE déplore l'absence, de ce point de vue, d'une véritable politique industrielle européenne. Constatant une tendance au regroupement des équipementiers en larges entités, il souhaite une limitation à deux ou trois par équipements des sources d'approvisionnement en Europe.

Les regroupements industriels auxquels on assiste en Europe au niveau des maîtres d'oeuvre comme des sous-traitants vont assurément dans le bon sens. Ils doivent être poursuivis et accentués.

Cette évolution favorable se trouve malheureusement entravée par certaines carences de l'ASE, de ses Etats membres ou des opérateurs de télécommunication.

Le rapport de Satel Conseil et HCI à la DGE contient à cet égard des analyses et des conclusions très intéressantes.

Comme votre rapporteur l'a déjà souligné, la compétitivité de l'industrie européenne des satellites est liée non seulement aux restructurations en cours mais aussi à un effort de recherche (R & D et R & T), dont le niveau dépend de l'aide de l'Etat et des opérateurs aux entreprises et aux laboratoires.

Mais politique industrielle et politique de recherche sont étroitement imbriquées dans le domaine spatial où l'on passe rapidement des investigations aux expériences puis aux applications.

C'est ainsi que l'ASE, dont le rôle principal est de promouvoir le développement de la science et de la technologie spatiale, est également investi d'une mission de politique industrielle.

Il faut reconnaître cependant que la tâche de l'agence européenne est particulièrement difficile pour deux raisons principales :

- elle n'a pas, tout d'abord, d'autorité réelle sur les Etats membres ;

- l'article VII de la convention du 30 mai 1975 lui assigne, ensuite, deux objectifs quelques peu contradictoires :

- veiller d'une part au respect de la règle du juste retour<sup>1</sup> ;

1. La politique industrielle de l'Agence doit être conçue (Article VII, paragraphe 1, alinéa c) de façon à «garantir que tous les Etats membres participent de façon équitable, compte tenu de leur contribution financière, à la mise en oeuvre du programme spatial européen et au développement connexe de la technologie spatiale.»

• améliorer, d'autre part, la compétitivité de l'industrie européenne en tenant compte du potentiel industriel déjà existant et en encourageant non seulement le développement, mais aussi la rationalisation, d'une structure industrielle appropriée aux besoins du marché.

À la règle du juste retour, les experts de Satel Conseil et de HCI, reprochent principalement :

- de ne pas privilégier l'efficacité technique et économique (fragmentation et nivellement par le bas de l'industrie des équipementiers, saupoudrage des crédits de R & D) ;

- de compliquer sérieusement l'organisation et la gestion des projets et des programmes.

Concernant le premier point, ils constatent, par exemple, que l'entreprise a priori la plus compétente n'est pas nécessairement choisie (cas des commandes de vol d'HERMÈS confiées à Saab, entre autres...) et que les sociétés des pays déficitaires, qui reçoivent souvent des retours disproportionnés à leur taille, n'ont aucun intérêt à serrer leurs prix par l'optimisation de leurs coûts et de leurs méthodes.

Toutefois, à bien des égards, la règle du juste retour apparaît comme "le pire des systèmes à l'exception de tous les autres" (selon la définition donnée par Churchill de la démocratie), s'agissant notamment de faire participer les petits pays et les petites et moyennes entreprises à l'effort spatial européen.

On pourrait espérer que la constitution de deux pôles de maîtrise d'oeuvre en Europe fasse tomber cette règle en désuétude ou en simplifie du moins l'application, mais il reste le problème de la répartition des tâches entre les équipementiers sous-traitants des différents pays.

Les experts de Satel-Conseil et d'HCI font remarquer, à ce propos, que l'innovation et les sauts technologiques sont le plus souvent le fait des petites entreprises que des grands groupes.

Ils déplorent, par ailleurs, la trop forte tendance de l'Administration à passer les contrats de R & D avec les seules grandes entreprises alors qu'il faut aussi investir sur la technologie et donc aider les entreprises moyennes (la France, en particulier, cède à ce travers, en privilégiant les maîtrises d'oeuvre dans sa participation aux programmes de l'ASE).

Ils s'interrogent donc sur la nécessité de préserver l'indépendance, vis-à-vis des grands groupes, d'entreprises de taille

mondiale ou moyenne, spécialisées dans certains créneaux d'excellence, malgré la tendance actuelle à la réduction de la modularité des satellites qui peut conduire à un moindre recours à la sous-traitance (cas des équipements de bord, par exemple).

Réformer la règle du juste retour n'est donc pas facile, à tout le moins, pourrait-on essayer de la globaliser et de ne pas l'appliquer par année et par programme.

Les experts de Satel Conseil et HCI examinent, d'autre part, une solution pour concilier efficacité technique et économique, et strict retour géographique. Cette solution consisterait à accroître la participation des petits pays au programme R & T de base de l'agence, dans le cadre d'une croissance importante de celui-ci. Mais ne risquerait-il pas d'en résulter une baisse du niveau des contrats de recherche qui sont consentis aux équipementiers français et s'avèrent si utiles au maintien de leurs compétences ?

La deuxième priorité de l'ASE, par delà la garantie du juste retour, devrait être la rationalisation des structures industrielles européennes en fonction de l'évolution du marché. Le principal problème qui se pose à cet égard est celui de la spécialisation des compétences au niveau européen.

Ce problème a également été très bien abordé par les auteurs du rapport à la DGE sur l'évolution de l'industrie spatiale européenne.

La politique de spécialisation industrielle de l'ASE devrait s'insérer dans une véritable politique technologique européenne et s'articuler avec les choix effectués dans le cadre des programmes spatiaux.

Elle devrait entraîner une croissance importante des moyens consacrés par l'ASE aux programmes de base de R & T (TRP) et une diminution corrélative des programmes de support technologique (STP) qui, selon Satel Conseil et HCI, vont à l'encontre de l'objectif souhaité (ces programmes étant accaparés par les petits pays pour des actions globales de soutien à leur profit).

L'ASE ne disposant pas, toutefois, de l'autorité nécessaire pour imposer une véritable politique industrielle, considérée comme relevant de la souveraineté des Etats, HCI et Satel Conseil envisagent le recours à des concertations bilatérales avec les principales puissances spatiales européennes (RFA, Italie...), tout en reconnaissant que deux types d'inconvénients pourraient en résulter :

- l'abandon de créneaux jugés intéressants au plan national (avec les problèmes que cela pose pour les programmes spatiaux militaires) ;

- et surtout un sentiment d'exclusion provoquent le mécontentement des petits pays.

Dans ces conditions les experts de Satel Conseil et d'HCI concluent que « tant qu'une véritable politique industrielle n'aura pas vu le jour, le maintien de programmes nationaux à un niveau élevé sera une condition nécessaire au maintien de nos pôles d'excellence en matière d'équipements ».

Cette politique de pôles d'excellence ne doit pas conduire à sacrifier des créneaux apparaissant comme particulièrement stratégiques. Elle doit s'accompagner, selon les experts précités, de programmes de recherche et technologie donnant la priorité aux technologies de base et au développement des composants, avec des actions de développements exploratoires et de démonstration.

À quelques échelons qu'elles se situent (ASE ou Etats), les interventions de politique industrielle des autorités responsables sont jugées, par les auteurs du rapport précité, à la fois excessives et peu cohérentes<sup>1</sup>.

### 3.2.4. L'inadéquation de l'effort de recherche

En matière de recherche-développement, autre clé de la compétitivité industrielle, on assiste à plusieurs évolutions regrettables :

- rivalités franco-allemande dans le domaine du transport spatial (volonté de rattrapage allemande dans les domaines d'excellence français : propulsion, aérothermodynamique, concurrence des programmes Sänger et Prepha...);

- inadéquation et dispersion des efforts en ce qui concerne les télécommunications spatiales commerciales.

Sur ce dernier point, l'ASE se cantonne dans des projets très précurseurs, intéressants, certes, mais dont les perspectives d'application paraissent assez éloignées<sup>2</sup>.

#### 1. Plusieurs exemples sont cités :

- ASE : développement de capacités infrarouges nouvelles en Italie et aux Pays-Bas malgré l'existence de sept industriels compétents en Europe ;
- France : la SAT substituée à TRT pour l'infrarouge de troisième génération ;
- Pays-Bas : TNO préféré à SODERN pour les capteurs.

#### 2. Mis à part DRS, principalement destiné à relayer Columbus et Hermès, l'ASE se consacre :

- à l'expérimentation de systèmes mobiles : PRODAT et charge EMS (European Mobile System), en passager d'Italsat ;
- à un programme de technologie et démonstration comportant quatre projets dont un seul, Artémis, précurseur de DRS, est en phase de développement. Les autres programmes sont : Minisat et AOTS (plates formes) et Archimède (charges utiles destinées à la radiodiffusion, à la navigation, et aux services mobiles, placées sur une orbite elliptique fortement inclinée).

Au niveau des Etats, après l'ère des satellites bilatéraux franco-allemands (SYMPHONIE, TDF-TVSAT), c'est un peu la règle du "chacun pour soi", avec les satellites préopérationnels ITALSAT, ou les satellites opérationnels TELECOM et DFS KOPERNICUS.

Entre les projets très novateurs de l'agence et les programmes nationaux à vocation opérationnelle, il manque des programmes communs européens de catégorie intermédiaire. ITALSAT permet des expériences de commutation à bord fort intéressantes, mais c'est un programme purement national.

Or, l'Europe ne peut pas se permettre de disperser ses efforts.

La mobilisation européenne paraît insuffisante face au triple défi auquel nous sommes confrontés :

- celui de la rapidité des évolutions technologiques (avec la montée en fréquences, la numérisation des transmissions, la sophistication du traitement à bord, les communications avec et entre les mobiles) ;

- celui de la concurrence des entreprises américaines qui bénéficient d'un soutien militaire important<sup>1</sup> ;

- celui, enfin, de la croissance prévisible importante de notre marché et, en particulier, de l'immensité et de l'urgence des besoins à satisfaire dans les pays de l'Est.

Pourtant, les dépenses de R & D de l'ASE ont tendance à décroître et les entreprises françaises se plaignent d'avoir à autofinancer leurs propres dépenses de R & D dans la proportion de 50 à 60 % alors que le taux d'autofinancement de leurs concurrentes américaines n'est que de 20 % (les 80 % restant étant financés à parité par les autorités militaires et civiles).

Malgré des retards et des difficultés de financement, le satellite américain ACTS<sup>2</sup>, lancé en 1992, permettra de tester en orbite un grand nombre de technologies clés (antennes multifaisceaux, reconfigurables, commutation et traitement à bord, utilisation de la bande Ka...). Ce programme aura coûté au total environ 500 millions de dollars.

1. Selon le rapport précité d'Euro Consult à l'ASE sur la compétitivité de l'industrie spatiale européenne, le flux de dépenses militaires de R & D dont ont profité les entreprises américaines ces dernières années a été compris entre 400 et 800 millions de dollars par an. D'importants transferts de technologie ont eu lieu du secteur militaire vers le secteur civil. Le programme MILSTAR a permis, en particulier, aux entreprises américaines, d'effectuer une percée technologique décisive en ce qui concerne l'utilisation, prometteuse pour les applications civiles, des EHF (ondes millimétriques, "extremely high frequencies") qui peuvent être utilisées avec de petites installations portables de réception au sol, et pour les liaisons intersatellites.

2. Advanced communications technologies satellite.

Un nouveau programme de recherche de la NASA (Advanced communications Research Program) portant sur des technologies encore plus évoluées (liaisons intersatellites, transmissions optique, circuits MMIC) est actuellement en cours d'élaboration.

\*

\*           \*

En résumé, le morcellement excessif des entreprises européennes appelle des regroupements au niveau des maîtres d'oeuvre (deux pôles maximum) comme des équipementiers (pas plus de deux à trois sources d'approvisionnement par catégorie d'équipements).

Mais cette restructuration de l'industrie spatiale européenne serait insuffisante si elle ne s'accompagnait pas d'une rationalisation de la répartition des tâches dans l'exécution des programmes au moyen, notamment, d'une spécialisation plus poussée des entreprises concernées.

L'amélioration de la compétitivité de l'industrie européenne des satellites passe également par une accentuation de notre effort de recherche (R & D et R & T).

En raison tant de l'insuffisante application de ces principes que de la limitation de ses dimensions et de ses ressources et de son développement récent, l'Europe spatiale présente encore différents points faibles par rapport aux deux plus grandes puissances spatiales du monde.

### 3.3. L'EXISTENCE DE POINTS FAIBLES

Les principaux points faibles du dispositif spatial européen se situent au niveau :

- des lanceurs "lourds" et des infrastructures orbitales ;
- de l'espace militaire ;
- des télécommunications (segment sol et composants en particulier).

Dans le domaine des sciences de l'univers, les moyens et donc la capacité d'initiative de l'Europe sont inférieurs à ceux de l'Union soviétique et des Etats-Unis.

S'agissant de l'observation de la terre, les lacunes européennes sont plus ponctuelles et concernent essentiellement l'absence de satellite en orbite polaire ainsi que l'indisponibilité ou les défauts de certains instruments embarqués (laser spatialisable en particulier).

#### 3.3.1. L'absence de lanceurs lourds et d'infrastructures orbitales

Comme cela a été démontré précédemment dans ce rapport, les performances d'ARIANE 4 sont parfaitement adaptées aux besoins actuels du marché des lancements de satellites commerciaux.

Mais, en marge de la compétition qui se déroule sur ce marché, les Etats-Unis et l'Union soviétique se sont engagés dans de très importants programmes de stations orbitales et d'intervention en orbite basse (de 250 à 450 km d'altitude) nécessitant des lanceurs extrêmement puissants.

La mise en service successive des stations spatiales soviétiques SALIOUT et MIR a ainsi nécessité la satellisation de modules de 20 tonnes<sup>1</sup>.

C'est une vingtaine de tonnes également que pesait le satellite radar d'observation de la terre ALMAZ, mis en orbite par l'URSS en mars 1992.

Une telle performance est actuellement hors de portée des lanceurs européens (toutefois, l'importance de la masse des satellites russes est en partie la conséquence de certains retards technologiques...).

1. - Un seul module pour la première génération de 1974 à 1977 (Saliout 3, 4 et 5);  
- deux pour la génération suivante de 1977 à 1986 (Saliout 6 et 7);  
- jusqu'à cinq pour la station Mir actuelle.

La fusée géante soviétique **ENERGIA** est susceptible de placer en orbite basse une charge d'une centaine de tonnes (contre sept tonnes pour **ARIANE 4**) ou de 45 tonnes avec la navette **BOURANE** (dont 30 tonnes de charge utile à bord).

Pour sa part, la navette spatiale américaine représente une masse en orbite de près de 25 tonnes et constitue le seul moyen de lancement occidental de satellites très lourds, comme les satellites scientifiques **GRO** (Gamma Ray Observatory : 16 tonnes) et **HUBBLE** (11 tonnes) ou certains très gros satellites militaires (tels les satellites d'observation **LACROSSE** et **KEY-HOLES**).

Le "**SHUTTLE**" peut constituer également un laboratoire volant capable, par exemple, dans la configuration **SPACE LAB**, d'emporter treize tonnes de charge utile dont trois tonnes d'instruments scientifiques.

Il est à remarquer qu'alors que la poussée au décollage de l'ensemble de lancement de la navette<sup>1</sup> est de 2 600 tonnes, la fusée **SATURN** américaine était dotée, dès 1977, d'une poussée supérieure (3 750 tonnes).

À titre de comparaison, la poussée au sol du premier étage d'**ARIANE 4**, dans sa version la plus puissante, n'est que de 228 tonnes.

D'autre part, alors que le diamètre de la soute de la navette est de 4,55 m, celui, sans coiffe, du lanceur européen est seulement de 4 m.

En dehors d'**ENERGIA** et de la navette américaine, d'autres fusées américaines ou soviétiques ont un potentiel supérieur à celui d'**ARIANE 4** (8,5 t) pour les mises en orbite basse (**TITAN 4** : 18 t ; **PROTON** : 20 t).

Une des principales raisons d'être du programme **ARIANE 5**, en dehors de ses ambitions commerciales relatives à l'orbite géostationnaire, est donc de doter les Européens de capacités de mise en orbite basse du même ordre que celles des Soviétiques et des Américains, ou qui en soient, en tout cas, moins éloignées.

1. L'ensemble de lancement de la navette se compose :

- des moteurs principaux, intégrés à la structure de l'orbiteur, qui sont alimentés en hydrogène et oxygène liquides, par un immense réservoir cryotechnique extérieur (ce réservoir se détache de l'orbiteur peu de temps avant la satellisation de celui-ci) ;
- de propulseurs auxiliaires à poudre utilisés pour arracher la navette à sa plate-forme de lancement.

L'orbiteur (compartiment habité + soute) est le seul élément de la navette qui parvienne en orbite.

Ce système encourt deux critiques principales :

- absence de découplage des fonctions "transport passagers" et "transports de charges utiles" ;
- le poids des moteurs principaux, inutilisés après la phase de lancement, qui diminue la capacité d'emport de la navette.

### 3.3.2. La modicité des applications militaires de l'espace

Comme le souligne un de nos experts, M. Marc GIGET, Directeur d'Euroconsult, : «La rupture introduite dans les problématiques de défense par la maîtrise de l'ensemble des systèmes spatiaux d'applications militaires est comparable en importance à celle qu'avait entraîné l'arrivée de l'arme nucléaire.»

Mais M. GIGET note, par ailleurs, que «l'Europe de la défense n'est pas encore arrivée à un niveau de maturité suffisant pour apporter une réponse collective unique et cohérente au défi de l'irruption de l'espace militaire».

Le niveau des ambitions françaises et européennes dans ce domaine s'accroît cependant, comme cela sera montré plus loin, mais le potentiel spatial militaire européen apparaît à l'heure actuelle comme des plus réduits et ne soutient aucunement, en tout cas, la comparaison avec celui des Américains et des Soviétiques.

L'intérêt militaire de l'espace est pourtant évident et les applications spatiales militaires sont potentiellement très variées, au niveau stratégique comme au niveau tactique ; à des fins défensives ou dans un contexte offensif.

L'espace permet de voir, d'écouter et de communiquer. Les satellites peuvent également emporter des armes anti-missiles (brilliant pebbles) ou anti-satellites, mais le traité du 27 janvier 1967, qui n'a cependant été signé ni par les Etats-Unis, ni par l'URSS, exclut le déploiement dans l'espace d'armes offensives et de destruction massive.

Dans le rapport d'expertise qu'il a rédigé pour le compte de l'Office, l'ingénieur en chef de l'armement Pierre LATRON distingue les types suivants d'utilisation militaire de l'espace :

- le recueil du renseignement, tout d'abord, qui recouvre l'observation optique et radar, la détection radar et l'écoute électronique ;

- les télécommunications, avec le recours éventuel à des satellites relais géostationnaires pour transmettre aux stations de réception les données recueillies par des satellites défilants<sup>1</sup> ;

1. L'orbite géostationnaire est celle pour laquelle le satellite paraît immobile dans le ciel pour un observateur terrestre.

Cette illusion d'immobilité vient de ce que le satellite boucle chaque révolution d'Ouest en Est, c'est-à-dire dans le sens de rotation de la Terre sur elle-même, dans le même temps qu'il faut à la Terre pour accomplir un tour autour de son axe des pôles.

Pour qu'il en soit ainsi, il faut que le satellite soit placé sur une orbite circulaire située dans le plan de l'équateur terrestre à 36 000 km d'altitude.

Dans les autres cas les satellites sont dits "défilants".

- **la localisation** (système Navstar ou "Global Positioning System" GPS) qui permet de situer avec une excellente précision (10 m) des mobiles sur terre, sur mer ou dans l'air.

- **les satellites d'alerte et de défense anti-missile balistique.**

À ces utilisations principales s'ajoutent, selon M. LATRON, la surveillance de l'espace (renseignement sur les capacités spatiales adverses, y compris les armes anti-satellites), la météorologie, et même l'océanographie (recherche de discrétion acoustique sous-marine grâce à des altimètres radar de haute précision embarqués sur des satellites tels que TOPEX-POSEIDON ou ERS 1).

L'espace est aussi un moyen nécessaire, mais non suffisant, de vérification et de contrôle du désarmement et de la non-prolifération nucléaire.

Pour ces raisons, les Etats Unis puis l'URSS se sont dotés d'une panoplie très diversifiée de moyens spatiaux militaires (on se référera, en ce qui concerne les Etats-Unis au tableau n° 6 de l'expertise de M. GIGET - cf. Tome II).

Les moyens américains sont impressionnants et se sont révélés très performants pendant la guerre du Golfe (ont été utilisés : six satellites optiques et un satellite radar d'observation, neuf satellites d'écoute, six satellites d'alerte avancée, six satellites GPS...).

Deux types de satellites sont particulièrement remarquables par la précision de leurs indications :

- les satellites précités de localisation NAVSTAR/GPS, très sollicités pendant la guerre du Golfe par toutes les armes (marine, aviation, blindés, infanterie...);

- Les satellites d'observation optique "advanced key-hole" dont la résolution serait de 15 cm. Ces satellites, ravitaillables en ergols par la navette, sont capables de changer d'altitude et d'orbite. Leurs signaux, numérisés, peuvent être transmis, en temps réels, à la terre par l'intermédiaire de satellites relais géostationnaires (TDRSS). Ils sont équipés, en outre, de systèmes de détection des rayonnements infrarouge. Lorsque la couverture nuageuse est épaisse le satellite LACROSSE peut fournir, pour sa part, aux états majors américains des images radar d'une résolution comprise entre 60 cm et 3 m.

Les seules déceptions causées par le fonctionnement du dispositif spatial américain pendant le conflit du Golfe sont venues de l'absence de satellite à large champ d'observation, de l'insuffisante

disponibilité des terminaux GPS et des difficultés de repérage des batteries de missiles SCUD.

Les Soviétiques ont rattrapé une partie de leur retard technique sur les Etats-Unis. Après avoir dû recourir longtemps à des capsules récupérables, pour exploiter à terre les renseignements obtenus dans l'espace, ils ont lancé les satellites de la série COSMOS dont les signaux numériques sont transmis en temps réels, comme ceux des KEY-HOLES américains, par l'intermédiaire d'un satellite relais en orbite géostationnaire. La durée de vie, et donc la sophistication, de leurs satellites militaires s'est accrue comme en témoigne la diminution du nombre de lancements correspondants (50 satellites militaires en 1990 + 20 mixtes civils-militaires contre près de 80 satellites militaires lancés chaque année précédemment).

En comparaison, les moyens de l'Europe paraissent des plus modestes. Certains pays européens n'ont pourtant pas attendu la guerre du Golfe pour s'intéresser à l'espace militaire.

La Grande-Bretagne s'est ainsi lancée, en 1960 dans le programme mondial de liaisons par satellites géostationnaires SKYNET qui a débouché sur la mise en place, à partir de 1969, d'un système opérationnel. La génération actuelle d'équipements SKYNET 4/NATO 4 doit demeurer en service jusqu'en 2004.

D'intenses discussions ont eu lieu en 1983 et 1984 entre la France et l'Allemagne au sujet de la réalisation éventuelle, en commun par les deux pays, d'un satellite d'observation et de renseignement dérivé du programme français SAMRO (satellite militaire de reconnaissance optique). Les Allemands ayant une préférence pour l'option du radar micrométrique, le projet fut abandonné en décembre 1985, date à laquelle la France décida de s'engager, seule, dans la réalisation d'un satellite de reconnaissance optique à haute résolution HÉLIOS.

L'Italie et l'Espagne se sont, depuis, jointes à ce programme. Le premier satellite HÉLIOS devrait être lancé en 1994.

Concernant les télécommunications spatiales militaires françaises, il a été décidé, en 1979, d'embarquer, en passager, une charge utile militaire sur TELECOM 1 (premier programme français de télécommunication civil décidé en 1978).

Le satellite TELECOM 1C, lancé en mars 1988, est aujourd'hui toujours en fonctionnement. Il devrait être relayé, très prochainement, par le premier des satellites de la série TELECOM 2. Ce dernier emportera, lui aussi, une charge utile de télécommunications militaires, SYRACUSE 2, conçue pour assurer des liaisons en zone centre Europe, sur un théâtre d'opération

d'environ 2 000 km, entre des autorités en France et des forces armées embarquées, aéroportées ou situées à terre.

Pendant la guerre du Golfe, les forces françaises combattantes n'ont pu disposer, en propre, que du système SYRACUSE 1 et des clichés du satellite SPOT.

Les besoins en télécommunication n'ont pu être pleinement satisfaits, malgré le recours aux services d'INMARSAT.

Quant à SPOT, il lui a été reproché l'insuffisance de résolution de ses images (pour l'évaluation des dégâts après frappe ou de l'activité sur les sites) et surtout leurs trop longs délais de disponibilité qui en ont limité l'utilisation tactique.

### **3.3.3. Les lacunes dans le secteur des télécommunications spatiales**

Comme votre rapporteur l'a déjà souligné, le niveau technologique de l'industrie européenne dans l'industrie des satellites de télécommunication est honorable et notre compétitivité commerciale y est en voie d'amélioration. Les importantes responsabilités confiées à Alcatel dans la réalisation des satellites internationaux INTELSAT 7 en apportent la preuve.

Mais les évolutions de la technologie et des marchés dans ce secteur sont très rapides.

#### *3.3.3.1. En ce qui concerne le segment spatial*

On rappellera ici que la charge utile des satellites de télécommunication comprend essentiellement<sup>1</sup> des antennes de réception et d'émission, des filtres démultiplexeurs et multiplexeurs, et des amplificateurs (amplificateurs faible bruit à la réception, amplificateurs de puissance à l'émission).

1. Voir la figure 1 du rapport de M. BLANCHER. Le démultiplexage permet d'aiguiller les signaux vers les amplificateurs de puissance et le multiplexage de brancher plusieurs de ces amplificateurs à la fois sur l'antenne d'émission du satellite.

Selon nos experts (MM. BLACHIER et SHIRMANN) les principales évolutions technologiques en cours ont trait à :

- l'exploitation de bandes de fréquences plus élevées (bandes K), par suite d'une certaine saturation de la bande C ;

- la sophistication croissante des charges utiles (fonctions de commutation et de démodulation à bord ; antennes actives, reconfigurables...);

- la numérisation des transmissions.

Ces changements affecteront principalement les composants et les antennes, mais aussi les amplificateurs.

Concernant les composants, on assiste, dans le domaine des technologies hyperfréquences, à un passage de composants actifs, en boîtier individuel sur substrats d'alumine à une technologie dite "hybride" qui consiste à regrouper de nombreuses puces dans un grand boîtier hermétique (on parle de puces "nues" du fait que celles-ci ne sont plus insérées chacune dans un boîtier). La prochaine génération de composants devrait utiliser des substrats d'arseniure de gallium sur lesquels seront intégrés des fonctions de plus en plus complexes (plus simples cependant que celles que permet le silicium, à plus basse fréquence). Cette technologie est dite "monolithique". On utilise aussi pour la dénommer le sigle MMIC (monolithic microwave integrated circuit).

Selon MM. SCHIRMANN et BLACHIER, les principaux fondeurs de puces MMIC<sup>1</sup> sont actuellement américain ou japonais et les modèles de vol utilisés viennent des États-Unis.

C'est des États-Unis également (chez Texas Instrument) que sont importés les composants élémentaires utilisés par Matra Harris pour les ASIC numériques (ASIC : application spécifique des circuits intégrés).

Les modèles de vol de composants durcis aux radiations doivent encore être achetés à l'étranger et, malgré des progrès encourageants<sup>2</sup>, les fondeurs silicium français ne sont encore à la hauteur ni des fondeurs américains et japonais, ni même des anglais et des suédois.

On assiste dans le domaine des technologies numériques, comme dans celui des technologies hyperfréquences, à une évolution

1. Thomson (à Corbeville) et Philips (à Limeuil) proposent cependant des filières qui doivent rentrer en phase d'industrialisation.

2. - procédé numérique sur arseniure de gallium étudié par Thomson ;  
- procédé de gravure par faisceau laser de la société aixoise ES 2.

des composants en boîtier vers une technologie "hybride puce nue", mais avec des puces en silicium.

La numérisation croissante des transmissions par satellite, et, plus généralement, le développement de l'intelligence à bord, reposent sur la conception et la réalisation de microprocesseurs qui, actuellement, sont presque tous d'origine américaine. Comme le souligne M. BLANCHIER, les technologies numériques favorisent le traitement à bord. En effet, alors qu'un démodulateur analogique représentait, il y a quelques années, un volume et un poids important, un démodulateur numérique nécessitera, prochainement, seulement quelques VLSI<sup>1</sup> et pourra donc être facilement embarqué.

Le principal intérêt des satellites de télécommunication réside dans leur souplesse d'utilisation. Or, l'accroissement de leur flexibilité opérationnelle suppose une sophistication croissante des antennes en même temps qu'un traitement à bord plus complexe et plus performant (commutation et démodulation). On note ainsi un intérêt croissant pour les antennes multifaisceaux ou reconfigurables, pour celles qui permettent des polarisations croisées ou très pures ou des pointages très fins, ou encore pour celles des satellites hybrides qui peuvent utiliser plusieurs bandes de fréquence.

M. BLANCHIER évoque brièvement dans son expertise la révolution technologique que peuvent représenter les antennes actives dans lesquelles tous les éléments cités précédemment (amplificateurs et filtres) pourraient se trouver intégrés. Il distingue les antennes actives à réflecteur (type parabole) et les antennes actives réseaux (antennes planes orientables électroniquement).

L'avantage des unes comme des autres résulte des possibilités de reconfiguration qu'elles offrent<sup>2</sup> ainsi que du gain de poids et de volume qu'elles permettent. La réalisation des modules d'émission-réception des antennes actives fera appel aux technologies hyperfréquences monolithiques déjà évoquées.

La technologie des antennes actives a également des applications militaires, en ce qui concerne les radars aéroportés.

Les Américains y ont déjà investi, pour cette raison, près d'un milliard de dollars (moitié pour la filière MMIC et moitié pour les circuits intégrés très haute vitesse au silicium VHSIC).

1. VLSI : Very Large Scale Integration (circuits complexes à intégration très poussée, il s'agit d'un domaine d'excellence américain).

2. Pour les télécommunications, l'intérêt d'associer des éléments rayonnants et des éléments actifs tels que des amplificateurs et des déphaseurs est :

- de pouvoir créer plusieurs faisceaux avec la même antenne (soit pour obtenir plus de gain et donc des terrains plus petits, soit pour pouvoir réutiliser la même bande de fréquence) ;
- soit d'adapter la couverture du satellite à l'évolution des besoins.

Comme cela était souligné, en septembre dernier, dans un article de la revue *Air et Cosmos*, l'Europe est incapable de développer sans coopération une telle technologie dont le coût de développement est estimé à 3 milliards de francs.

Toutefois, la Délégation Générale à l'Armement (DGA) finance des recherches concernant les composants hyperfréquences MMIC dans le cadre du programme PACEO (programme d'action composants électronique et optronique).

Mais aucune antenne active civile n'a encore volé à ce jour et M. SCHIRMANN estime que l'avance américaine, en matière d'antennes de satellites, a eu, globalement, tendance à se réduire au cours des dernières années.

Il n'en demeure pas moins, pour M. BLACHIER, que l'Europe reste dépendante de fournisseurs étrangers pour deux catégories d'équipements (en attendant qu'ils soient un jour intégrés dans les antennes actives) :

- les filtres multiplexeurs et démultiplexeurs hyperfréquences, presque tous fabriqués au Canada ;

- les amplificateurs à faible bruit qui utilisent, en hautes fréquences, des transistors de haute qualité dont les meilleurs sont japonais. Ces transistors utilisent la technologie HEM (High Electron Mobility) sur des substrats d'arséniure de gallium.

Les Japonais tentent également de réaliser des amplificateurs à l'état solide (transistors), dans la bande Ku, où règnent pour le moment sans partage les amplificateurs à tubes à onde progressive (ATOP). L'industrie européenne est très bien représentée dans ce domaine avec AEG et Thomson, qui cependant ne fabrique pas lui-même les boîtiers d'alimentation de ses tubes, ce qui lui a valu, dans le passé, quelques problèmes.

La rapidité de l'avènement des nouvelles technologies qui viennent d'être évoquées, dépend évidemment, dans une large mesure de l'évolution des marchés (et de la réglementation...). C'est pourquoi M. SCHIRMANN fait preuve d'une certaine réserve vis-à-vis de l'intérêt de certaines d'entre elles, compte tenu de ce que les services de radio et de télédiffusion mobilisent plus de 70 % de la capacité des transpondeurs en service, en Europe comme aux États-Unis, et que cette proportion ne cesse de croître.

Il estime, par exemple, que l'utilisation de la démodulation avec traitement des signaux à bord, qui intéresse principalement la téléphonie, restera longtemps très limitée.

Il pense, par ailleurs, que le recours aux antennes actives est susceptible d'intéresser davantage les satellites couvrant de larges superficies (ceux des États-Unis ou des organisations internationales comme INTELSAT) que les satellites européens.

Votre rapporteur est attaché, pour sa part, à ce que la France et l'Europe demeurent, en tout état de cause, à la pointe de la technologie dans le domaine des télécommunications spatiales, même si, à l'évidence, une certaine prudence s'impose lorsqu'il s'agit de passer du domaine expérimental à celui des applications commerciales.

### *3.3.3.2. En ce qui concerne le segment sol*

De par son poids économique, la variété de ses équipements, son importance stratégique capitale dans le développement des activités spatiales, le segment sol mériterait qu'une étude de l'Office lui soit entièrement consacrée.

En effet, comme le souligne le dernier rapport d'Euroconsult sur la situation de l'industrie spatiale dans le monde, le marché des stations sol devrait représenter, d'ici l'an 2000, plus du double de la valeur réunie de celui des satellites et des lancements (sans compter les communications concernant les mobiles).

Il convient, toutefois, de tenir compte dans cette estimation du fait que les satellites relais et ceux pourvus de dispositifs de démodulation ou de commutation à bord sont susceptibles d'entraîner une simplification du réseau d'installation au sol<sup>1</sup>.

Mais ce phénomène devrait être compensé par la forte croissance de la production des équipements destinés aux utilisateurs finals (petites installations de réception de télévision communautaires ou individuelles, terminaux des réseaux de communication d'entreprises).

On peut distinguer les composantes suivantes à l'intérieur du segment sol des télécommunications spatiales (à l'exclusion des installations de contrôle des satellites).

1. - Concernant les liaisons intersatellites, le système de poursuite et de relais de données américain TDSS assure, en même temps que les liaisons avec la navette, la couverture d'une quarantaine de satellite.

Il a permis à la NASA de supprimer dix-sept des vingt-trois stations de son réseau international.

- Concernant le traitement à bord, l'objectif poursuivi, en même temps que la souplesse d'adaptation au trafic, est l'abaissement du coût total du système de télécommunications spatiales, à travers la réduction du prix des stations au sol.

Deux techniques peuvent être utilisées :

- la commutation transparente (optimisation de l'utilisation des transpondeurs par multiplexage et démultiplexage des signaux au moyen d'un filtrage approprié) ;
- ou la démodulation qui suppose la numérisation du traitement du signal à bord.

## DES ÉQUIPEMENTS LOURDS TRADITIONNELS

- Les grandes stations internationales (réseaux INTELSAT, INMARSAT...) pour les liaisons à grande distance ;
- Les stations domestiques (villes ou villages isolés ou situés dans des pays en développement dépourvus d'infrastructures terrestres suffisantes...);
- Les stations de radio et télédiffusion (émission et réception).

## DES ÉQUIPEMENTS LÉGERS PLUS RÉCENTS

- petites installations de réception, individuelle ou communautaire, d'émissions de télévision (TVRO : TV receivers only) ;
- stations mobiles ou transportables, par exemple, pour des reportages d'actualités télévisées (SNG : satellite news gathering) ;
- enfin, les terminaux des réseaux privés de communication d'entreprises (VSAT : very small aperture terminals).

Deux catégories d'équipements récents représentent désormais la majeure partie du marché mondial : les TVRO (45,4 %) et les VSAT (11,4 %).

L'importance de la part des TVRO (près de 50 % de l'ensemble) n'est pas surprenante, étant donné la prépondérance, déjà signalée, des services de radio et télédiffusion dans l'utilisation du nombre total de transpondeurs en orbite (70 %).

M. SCHIRMANN signale, en outre, dans son rapport d'expertise, une expansion très rapide de la demande relative aux reportages télévisés (SNG).

Or, si l'industrie européenne paraît encore relativement compétitive, grâce à Alcatel,, dans le domaine des stations traditionnelles<sup>1</sup>, ses positions concurrentielles semblent beaucoup moins bonnes en ce qui concerne les petites installations nouvelles (TVRO et VSAT).

1. La situation n'est toutefois pas particulièrement brillante d'après M. BLANCHIER.

• Dans le domaine des grandes stations internationales (avec Siemens) et plus encore, dans celui des stations domestiques, Alcatel est la seule compagnie européenne présente, de façon significative, à l'exportation face à Hughes, NEC, Scientific Atlanta...

Alenia Spazio et ANT n'occupent, en dehors de leur pays, qu'une part minime de marché.

Concernant la réception de télévision par satellite : 4 millions de foyers en Europe sont équipés pour capter les émissions d'ASTRA (dont 70 % en Grande-Bretagne et en Allemagne) ; 2,5 millions de foyers allemands disposent d'antennes de réception individuelle ou collective. En France, le parc d'antennes n'est que de 100 000 unités (dont 10 à 20 000 pour la réception de TDF 1-TDF 2).

Il existe, certes, des fabricants d'antennes européens et français (Telspace, Portenseigne...) mais l'offre est dominée, au niveau mondial, par les Japonais et les Américains (NEC, Matsushita, Scientific Atlanta). Les décodeurs PAL-SECAM comprennent, en majorité, des microprocesseurs américains ou des composants japonais. Les convertisseurs SHF<sup>1</sup> des antennes, qui nécessitent la maîtrise de technologies monolithiques (avec des substrats d'arseniure de gallium), sont importés d'Extrême-Orient. Mais certaines entreprises européennes sont néanmoins assez avancées, au niveau expérimental en tout cas, dans ce domaine.

C'est un des principaux enjeux de la prochaine directive européenne sur le D2 MAC que de permettre aux industriels européens, grâce à l'adoption d'une norme commune, de reprendre pied sur ce marché.

Le cas est plus désespéré en ce qui concerne les VSAT. Un récent rapport rédigé par un groupe d'experts à l'intention de la Commission des Communautés européennes n'hésite pas à affirmer que la bataille, dans ce domaine, est perdue d'avance et que l'Europe devrait se consacrer au développement de matériels de seconde génération (les USAT ou ultra small aperture terminal).

La plupart des compagnies européennes, en effet, ne sont capables actuellement que de vendre sous licence du matériel américain à la suite d'accords passés avec des fabricants d'outre-Atlantique (Dornier avec Hughes, par exemple).

Alcatel, seul, a tenté de développer son propre système mais en utilisant une radio fabriquée aux Etats-Unis par son partenaire américain Qual Comm.

Il est clair que l'émergence du marché des VSAT aux Etats-Unis (comme du reste, le développement de celui des TVRO) est lié à la déréglementation des télécommunications qui a eu lieu dans ce pays à partir des années quatre-vingt. Les Américains dominent ainsi largement, face à NEC, le marché mondial. Celui-ci devrait plus que doubler dans les cinq années à venir, selon Euroconsult.

1. SHF : supra high frequencies (ondes centimétriques : de 3 à 30 GHz).

Des besoins commencent, en particulier, à se faire sentir en Europe de l'Est, où les réseaux terrestres de télécommunication sont peu développés.

Lever précipitamment, et sans précautions, les obstacles réglementaires au développement du marché des VSAT en Europe, reviendrait à faire un somptueux cadeau aux fournisseurs américains qui n'attendent que cela.

L'ouverture complète du ciel européen ne peut, toutefois, pas être repoussée aux calendes grecques et il importe de mettre à profit les délais accordés pour améliorer au maximum la compétitivité de nos entreprises dans ce domaine.

Si le développement des VSAT peut être freiné en Europe de l'Ouest par la concurrence de réseaux terrestres très performants, ce n'est pas une raison suffisante pour renoncer à toute ambition en la matière.

Il y aura, en effet, pour les entreprises européennes, des opportunités à saisir, sur les marchés d'exportation de ces équipements, en Europe de l'Est, en particulier, mais aussi dans d'autres parties du monde.

### *3.3.3.3. Les liaisons avec les mobiles*

Pour s'en tenir aux réalisations à ce jour, en dehors des projets de l'agence spatiale européenne, on ne peut que constater, en ce qui concerne les communications spatiales avec les mobiles, l'importance de l'avance américaine dans ce domaine.

Le service Omni Tracs fonctionne depuis la mi-1988 aux Etats-Unis et au Canada. 16 000 camions appartenant à près de 150 sociétés différentes sont équipés de terminaux. Il s'agit d'un système de messagerie bidirectionnelle et de localisation entre mobiles terrestres, fourni par la société Qualcomm (qui a absorbé Omninet en 1988), moyennant l'utilisation de deux répéteurs en bande Ku du satellite GSTAR 1.

Un programme concurrent, conçu dès 1978, était proposé par la société Geostar qui a fait faillite en 1990. Ce projet était beaucoup plus ambitieux. Il prévoyait, en effet, une couverture mondiale, grâce à trois satellites géostationnaires, et visait à abaisser le coût de l'équipement de réception par un système centralisé et sophistiqué de localisation très précise.

Deux propositions se sont affrontées en France, chacune d'elle ne faisant que se référer à l'un des deux systèmes américains qui viennent d'être présentés.

Le CNES, d'un côté, a cherché à promouvoir en Europe, le système Geostar, en créant, en 1988, la société Locstar dont la moitié du capital était aux mains d'actionnaires français (Matra, CNES, Crédit Lyonnais...).

Alcatel, de l'autre côté, s'est allié à l'américain Qualcomm pour exploiter, en Europe, le système Omnitrac sous le nom d'Euteltrac.

France Télécom était à la fois actionnaire de Locstar et chargé de la réalisation de la station terrestre d'Euteltrac !

Le projet Locstar était au départ plus coûteux puisqu'il prévoyait le lancement de deux satellites fabriqués par Matra alors qu'Euteltrac se contentait de louer des canaux sur des satellites d'Eutelsat déjà en orbite. Mais Locstar, qui estimait que ses coûts d'exploitation seraient moins élevés que ceux de son concurrent, espérait occuper, à la fin du siècle, 60 % d'un marché compris entre 30 et 50 milliards de francs.

La faillite de l'actionnaire américain, promoteur du système Geostar, et le refus de la COFACE de garantir les emprunts de Locstar ont entraîné la mise en liquidation de la société en juillet 1991<sup>1</sup>.

La conception des systèmes utilisés était, dans les deux cas, américaine, même si le projet Locstar présentait l'avantage pour l'industrie française de la commande de deux satellites.

Le service Omnitrac a commencé à être commercialisé en France, en juillet 1991, par TSM (Télécom Systèmes Mobiles), filiale de France Télécom.

Ce triste épisode, d'autant plus dérisoire qu'il s'agissait, encore une fois, de la promotion en France de systèmes étrangers, est un exemple majeurs d'incohérence stratégique des pouvoirs publics.

Il faut reconnaître, toutefois, que les choix en la matière sont délicats, ne serait-ce qu'en raison de la concurrence d'autres systèmes terrestres (radiotéléphone cellulaire) ou spatiaux (réseaux de satellite existants ou en projet à couverture mondiale).

1. Les investissements de Locstar devaient se monter à 2,8 milliards de francs et son capital n'était que de 700 MF, malgré le passage du nombre de ses actionnaires de 27 à 51 (parmi lesquels, outre les Français déjà cités, British Aerospace, Daimler Benz, MAN).

La société a cherché à emprunter 2,5 milliards, puis 1,5 milliard, faute de garantie COFACE, en réduisant ses ambitions (recours au système Navstar-GPS et construction d'un seul satellite).

Les actionnaires et les banques ayant accepté de couvrir une grande partie du risque, il a manqué néanmoins 500 MF pour atteindre la somme nécessaire.

L'échec du projet lèse évidemment les différents partenaires concernés (en particulier, Matra qui avait presque terminé le premier satellite, Thomson, pour le centre de commandes, et les fabricants des terminaux).

### 3.3.4. Un budget scientifique inférieur à celui des deux grandes puissances spatiales

Dans le domaine des sciences de l'Univers, les niveaux technologiques français et européens sont excellents.

Mme PRADERIE regrette, toutefois, que les moyens consacrés à ces sciences, en France et en Europe, puissent paraître insuffisants, en valeur relative comme en valeur absolue, en comparaison des efforts américains.

Dans le tableau n° 9 du rapport d'expertise de M. Marc GIGET, il apparaît, en effet, qu'alors que les programmes scientifiques ont représenté, en 1991, 11,7 % du budget de la NASA, ce pourcentage n'était, pour le CNES, que de 7,8 % et pour l'Agence spatiale européenne (selon d'autres sources) de 10 %.

D'après Mme PRADERIE, les dépenses spatiales, consacrées par l'ensemble des pays européens aux sciences de l'univers ont correspondu, en 1990, à 9 % (lancements inclus) de leurs dépenses spatiales totales (ASE + agences nationales).

Une proportion de 10 % est généralement considérée comme souhaitable.

Mais c'est en valeur absolue que les déséquilibres sont les plus importants, avec, en 1991, un budget de 1,570 milliard de dollars pour les Etats-Unis (source Euroconsult) et de 236,7 1 millions d'Écus (source ASE) pour l'agence européenne, soit 285,2 millions de dollars.

En ajoutant aux dépenses de l'ASE, celles des agences nationales, le total européen pour les sciences de l'univers ne représente ainsi que 30 à 40 % de celui de la NASA.

Ces chiffres doivent cependant être utilisés avec précaution car les budgets scientifiques, selon les agences, ne recouvrent pas exactement les mêmes dépenses mais l'infériorité des moyens financiers européens est évidente.

En outre, Mme PRADERIE souligne, à propos de l'ASE, que la marge d'aléas admise est bien supérieure pour les programmes optionnels (20 %) que pour les missions scientifiques (5 %), ce qui peut contrarier le bon déroulement de ces dernières.

En ce qui concerne les dépassements de crédits, la commission scientifique de l'agence (Science Program Committee : SPC) statue au coup par coup, mais d'autres surcoûts, liés à des dépenses imprévues, peuvent aussi avoir lieu (Mme PRADERIE donne l'exemple du

1. 252,9 MUC y compris les reports.

stockage très onéreux d'instruments, sondes ou observatoires spatiaux par suite de l'indisponibilité de la navette américaine ou celui de l'utilisation de stations au sol supplémentaires nécessitée par la défaillance du moteur d'apogée d'HIPPARCOS).

De tels aléas ne sont, toutefois, pas particuliers à l'Europe, mais un budget plus réduit conduit à les supporter moins aisément.

A la suite des recommandations d'un groupe d'experts européens dirigé par le Professeur PINKAU du Max-Planck Institute, il a été décidé de réduire la quote-part du budget scientifique dans la prise en charge de certains frais fixes de l'ASE (installations d'essais, soutien des laboratoires, programmes de recherche et technologie).

En outre, la direction du programme scientifique a obtenu l'assurance, à la suite de l'adoption, en 1985, du plan horizon 2000, que le budget scientifique de l'ASE croîtrait de 5 % par an pendant cinq ans, mesure qui a été prorogée jusqu'en 1994 par le Conseil de l'Agence.

Malgré l'infériorité de ses moyens budgétaires l'agence européenne semble considérée par les Etats-Unis comme un partenaire parfaitement estimable, dans le cadre d'une coopération internationale qui est appelée à se développer de plus en plus. Les missions qui ont été réalisées en commun avec la NASA en témoignent (cf. annexe 3.1. du rapport de Mme PRADERIE : IUE<sup>1</sup>, HUBBLE, ULYSSE). L'ASE a montré, par ailleurs, qu'elle était capable de réaliser, par ses propres moyens, des projets ambitieux (la sonde GIOTTO et, malgré la défaillance du moteur d'apogée, le satellite astrométrique HIPPARCOS).

Sa capacité d'initiative n'est, toutefois, pas du niveau de celle de la NASA.

Les participations européennes (ASE et Allemagne) aux missions réalisées en commun avec l'agence américaine sont ainsi généralement minoritaires.

L'annexe 3.1. précitée du rapport de Mme PRADERIE révèle, en outre, que la NASA a conduit, durant les cinq dernières années, neuf missions (dont trois entièrement seule), tandis que l'ASE n'en a mené que cinq, dont deux par ses propres moyens.

On note également une certaine dépendance de l'Europe à l'égard des moyens de lancement américains. Les six sondes interplanétaires et observatoires orbitaux, réalisés en commun par les Etats Unis et des pays européens, depuis cinq ans, ont ainsi tous été lancés par la navette ou par des fusées DELTA américaines, qu'il

1. International Ultraviolet Explorer.

s'agisse de coopérations bilatérales (avec l'Allemagne) ou multilatérale (avec l'ASE).

Indépendamment de considérations liées au poids de la charge utile, cette situation s'explique peut-être, en partie, parce que le coût des lancements n'est pas imputé au budget des missions scientifiques de la NASA, alors qu'il grève celui de l'ASE.

Mais une autre raison tient à ce que les Etats-Unis sont en mesure d'imposer aux Européens le recours à leurs lanceurs, en contrepartie de la vente de matériels indispensables dont ils détiennent le monopole de fabrication.

Au cours de l'entretien qu'il a eu avec votre rapporteur, M. MALMEJAC, coordinateur des activités spatiales du CEA, a insisté à cet égard, sur le cas des générateurs radiothermo-isotopiques d'énergie (RTG), nécessaires aux explorations lointaines (ceintures d'astéroïdes, comètes...) pour lesquelles l'utilisation de cellules photovoltaïques n'est pas appropriée.

L'Europe est entièrement à la merci des Etats-Unis dans ce domaine. Elle cofinance, par exemple, le système de générateurs américains, d'un coût global de 197,7 millions de dollars, qui doit équiper la sonde CASSINI dont le lancement est prévu en 1995.

L'Allemagne est actuellement le pays d'Europe qui consacre le plus d'argent à la recherche scientifique dans l'espace. Cette situation est liée en grande partie au mode de répartition des dépenses correspondantes entre les pays membres de l'Agence. Les programmes scientifiques étant des programmes obligatoires sont calculés, en effet, au prorata des PNB.

Mais tandis que la politique de coopération bilatérale allemande privilégiait les relations avec la NASA<sup>1</sup>, nous avons davantage développé nos liens avec l'URSS<sup>2</sup>.

Comme le souligne Mme PRADERIE, le rapport retour-prix de ce choix s'est révélé extrêmement avantageux.

La participation de la France, proportionnelle à l'importance relative de son PNB, au financement du programme scientifique obligatoire de l'ASE est de 18 %.

Mme PRADERIE exprime, à ce sujet, deux principaux regrets :

1. - Télescope imageur X Rosat ;  
- observatoire gamma GRO ;  
- sonde Galiléo (avec expérience française).
2. Missions Granat (sources X et gamma) et Gamma I et, auparavant, missions Prognoz, Vega (Vénus et comète de Halley), Phobos (Mars).

- les chercheurs français utilisateurs des données du satellite européen EXOSAT (études dans le domaine des rayons X) ont été handicapés parce qu'ils étaient moins bien informés que leurs partenaires sur l'étalonnage et les performances d'instruments à l'élaboration desquels ils n'avaient pas participé ;

- les fabricants d'instruments scientifiques français ne tirent pas suffisamment profit des appels d'offres de l'ASE.

En effet, alors que la NASA finance les instruments embarqués et les comptabilise dans ses prévisions budgétaires, cette responsabilité est laissée, sauf exception, en Europe aux agences nationales.

Il en résulte, pour ces dernières, une charge financière de l'ordre de 30 à 35 % de celle supportée par l'ASE.

La règle du juste retour, si critiquée par ailleurs, ne joue pas dans la sélection des appels d'offre. La décision est donc fondée non seulement sur la qualité des projets mais aussi sur leur rapidité d'exécution, qui, elle-même, dépend de la disponibilité, au niveau des agences nationales, des fonds nécessaires.

Une analyse fine de l'annexe 7 du rapport de Mme PRADERIE montre que la France tire moins bien son épingle du jeu, dans ce domaine, que l'Allemagne ou la Grande-Bretagne.

	GRANDE-BRETAGNE	ALLEMAGNE	FRANCE
- Contribution aux programmes scientifiques de l'ASE .....	14,57 %	23,42 %	17,76 %
- Contribution aux instruments emportés par les missions correspondantes ..	24 %	29,8 %	18,5 %

Source : annexe 7 du rapport d'expertise de Mme PRADERIE.

Les causes de ce phénomène mériteraient une étude approfondie. Est-ce, comme semble le suggérer Mme PRADERIE, parce que notre potentiel de propositions excède nos moyens budgétaires et que nous éprouvons de ce fait des difficultés à faire des choix, ou est-ce tout simplement parce que nous ne savons pas nous organiser aussi bien que nos concurrents et nous mobiliser aussi rapidement qu'eux ?

On retrouve, à ce niveau, le problème, déjà évoqué, du rôle respectif des maîtres d'oeuvre et des équipementiers. La France n'ayant pas, dans le domaine des sciences de l'univers, de programme exclusivement national, les industriels français sont assez expérimentés pour emporter de nombreux contrats de maîtrise d'oeuvre européens<sup>1</sup>. Mais les laboratoires et sous-traitants industriels français en bénéficient-ils ensuite suffisamment ?

En résumé, l'Europe doit faire appel à la coopération des deux grandes puissances spatiales dans le domaine des sciences de l'Univers. Sa relative infériorité par rapport aux États-Unis et à l'ex-URSS n'est pas d'ordre scientifique, mais tient à un moindre engagement financier.

Elle se traduit davantage par une capacité d'initiative plus limitée que par un réel besoin de rattrapage comme en matière de télécommunications.

On note, toutefois, une certaine dépendance à l'égard des Américains en matière d'énergie embarquée (RTG) et de lanceurs lourds. Au niveau national, il conviendrait de faire en sorte que nos fabricants d'instruments tirent mieux profit des programmes scientifiques de l'ASE.

1. Matra a ainsi remporté la maîtrise d'oeuvre du satellite Soho (étude du Soleil) et Aérospatiale celle d'ISO (infrarouge) et de Huyghens (sonde de rentrée dans l'atmosphère du satellite de Jupiter Titan).

### **3.3.5. Les déficiences relatives à l'orbite polaire et aux instruments d'observation de la Terre**

#### *3.3.5.1. Les objectifs de l'observation spatiale de la Terre*

L'observation spatiale de la terre permet selon notre expert, M. LEBEAU, de poursuivre quatre catégories d'objectifs civils :

- l'observation à haute définition de la surface des continents à des fins de gestion de ressources ;

- l'observation de l'atmosphère, des océans et de certains aspects de la surface des continents, à des fins de maîtrise du système climatique et de ses interactions avec la biosphère<sup>1</sup> ;

- la connaissance de la terre solide<sup>2</sup> ;

- la transmission des données correspondantes.

M. LEBEAU souligne l'imbrication profonde entre la recherche et les applications dans le domaine de l'observation de la terre, tout en insistant sur la nécessité de bien distinguer les missions expérimentales et les missions opérationnelles qui doivent être confiées à deux types de satellites différents.

La symbiose entre sciences et applications, dans le domaine considéré, est liée à la nécessité commune de disposer dans chaque cas de séries de mesures homogènes et continues.

Il existe, d'autre part, une véritable synergie entre les composantes "expérimentales" et "opérationnelles" de l'observation de la terre.

Comme le souligne excellemment M. LEBEAU, «la conception des satellites opérationnels se nourrit du progrès des techniques d'observation que les satellites expérimentaux ont permis d'accomplir, mais, à l'inverse, le flux de données qu'ils fournissent constitue une base de connaissances indispensable à la recherche scientifique».

M. LEBEAU fait donc valoir, par ailleurs, qu'il doit exister, dans le domaine de l'observation de la terre, un équilibre entre la composante expérimentale et la composante opérationnelle «sans la première - écrit-il - la seconde risque de s'enliser dans la routine ; sans la seconde, non seulement aucun service ne peut se développer, mais

1. "Maîtrise" signifie à la fois compréhension et action. Il s'agit de comprendre pour prévoir, et de prévoir pour s'adapter et pour agir : Prévoir les effets des phénomènes naturels sur les activités humaines et les effets des activités humaines sur la nature ; agir par une politique de l'environnement appropriée comprenant des mesures préventives, adaptatives et curatives.

2. Étude de la Terre interne (champ gravimétrique et magnétique) et des mouvements de l'écorce terrestre (tectonique continentale) par des techniques de positionnement précis (notamment des nouvelles techniques radioélectriques utilisant des stations sol légères automatiques).

les activités de recherche sont privées de l'outil permanent qui leur est indispensable».

C'est, en effet, à partir des données fournies par les satellites météorologiques opérationnels, que sont construits, par exemple, les modèles actuels de recherche climatologique, mais l'amélioration de ces derniers dépend de la prise en compte, grâce aux prochains satellites expérimentaux, des interactions entre l'atmosphère, les océans et la biosphère continentale.

Globalement, M. LEBEAU considère que l'état de l'art en matière de techniques spatiales suffit à pourvoir aux exigences des programmes d'observation de la Terre, en ce qui concerne les lanceurs et les plates-formes, mais que des efforts majeurs de développement sont, en revanche, requis pour la création ou le développement des instruments embarqués, actuellement très insuffisants.

Concernant la première catégorie d'objectifs distinguée par M. LEBEAU (observation à haute définition de la surface terrestre), la situation de l'Europe est très satisfaisante, grâce aux satellites français SPOT d'imagerie optique et au satellite radar ERS 1 de l'ASE.

La mission d'ERS 1 répond cependant aussi, en partie, à l'objectif de maîtrise du système climatique.

Dans ce domaine, M. LEBEAU traite d'abord des satellites opérationnels, parmi lesquels il y a, d'un côté, les satellites géostationnaires consacrés à la surveillance des évolutions météorologiques rapides et, de l'autre côté, les satellites en orbite polaire, dont la vocation est plutôt de fournir les données quantitatives nécessaires à la compréhension de la dynamique de l'atmosphère et de l'océan superficiel.

Le système météorologique opérationnel ne suffisant pas actuellement à assurer la maîtrise du système climatique, les prochains satellites expérimentaux serviront à sélectionner et à mettre au point les instruments opérationnels du futur, en même temps qu'ils contribueront au déroulement des recherches en cours.

Du bilan de la situation actuelle de l'observation spatiale de la terre en Europe, tel que le rapport de M. LEBEAU permet de le dresser, il ressort cinq sortes d'insuffisances concernant respectivement :

- le niveau global des dépenses de l'ASE ;
- le fonctionnement des structures responsables ;

- les performances des MÉTÉOSATS actuels ;
- l'orbite polaire ;
- et, enfin, l'instrumentation embarquée.

### 3.3.5.2. *L'insuffisance des dépenses de l'ASE*

- M. LEBEAU déplore "la faiblesse extrême" (ce sont ses propres mots) de la part du budget de l'ASE consacré à l'observation de la terre. De fait, l'action de l'ASE dans ce domaine n'a mobilisé, en 1991, que 5,8 % du total de ses ressources (mais le plan spatial européen à long terme prévoit une augmentation de ce ratio pour la période 1992-2005, voir plus loin).

Après son européanisation manquée, en 1977, le programme SPOT, a ainsi été financé pour l'essentiel par la France, avec une participation belge et suédoise minoritaire.

### 3.3.5.3. *Des structures inadéquates*

- À l'insuffisance du niveau actuel des dépenses de l'ASE, s'ajoute, pour M. LEBEAU, une inadéquation de ses structures. La Direction de l'Observation de la Terre, créée seulement en 1975, ne dispose pas d'un cadre de programmes satisfaisant «Par une aberration persistante» (ce sont les termes de notre expert), elle n'est pas non plus maître d'oeuvre de la plate-forme polaire européenne qui relève de la direction de la station spatiale et de la microgravité. Enfin, les relations de l'ASE avec l'agence utilisatrice Eumetsat demeurent très mal définies.

### 3.3.5.4. *Les limites des MÉTÉOSATS*

- C'est la France qui est à l'origine du programme MÉTÉOSAT, lancé en 1968 et "européanisé" ensuite avec succès (contrairement à SPOT). L'agence spécialisée Eumetsat, qui rassemble seize pays européens, est responsable du Système Météosat Opérationnel MOP. Ce système, grâce à trois satellites géostationnaires, permet de desservir une centaine de pays en Europe, en Afrique, au Moyen-Orient et sur la moitié Est de l'Amérique du Sud.

L'ASE assure pour sa part, la construction, le lancement, le contrôle en orbite et le traitement des données du satellite. Les

insuffisances des MÉTÉOSATS de la présente génération en regard des services pour lesquels on l'utilise sont, d'après notre expert, bien connus (l'identification des types de couches nuageuses de nuit ou en faible lumière est, par exemple, presque impossible dans certains cas). Il a été, en outre, décidé, en 1990, de prolonger la série actuelle de ces satellites, malgré la difficulté de trouver les composants nécessaires qui sont devenus technologiquement obsolètes. M. LEBEAU estime, toutefois, que les difficultés actuelles du programme américain GOES-NEXT<sup>1</sup> militent en faveur d'une solution qui ne soit pas trop ambitieuse, pour la définition des MÉTÉOSATS de seconde génération (voir plus loin).

### 3.3.5.5. Les lacunes de l'orbite polaire

- L'orbite polaire est intéressante à la fois d'un point de vue opérationnel et pour la recherche (étude de la dynamique de l'atmosphère et de l'océan superficiel). C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les Etats-Unis, par le passé, ont développé en parallèle, sur cette orbite, une série de satellites opérationnels TIROS et une série de satellites expérimentaux NIMBUS.

«Les seules données utilisées de manière opérationnelle dans le monde entier - note M. LEBEAU - proviennent aujourd'hui de deux satellites de la National Oceanic and Atmospheric Administration américaine (NOAA)». Ces deux satellites sont familièrement dénommés "satellite du matin" et "satellite de l'après-midi", parce que leurs plans orbitaux ont été choisis de manière à ce qu'ils passent, à nos latitudes, au-dessus de chaque point du globe, l'un en début de matinée, l'autre au tout début de l'après-midi.

Faute de ressources suffisantes et pour éviter une duplication avec leur système météorologique militaire, les Etats-Unis cesseront, à partir de 1997, d'entretenir le satellite du matin.

Concernant les satellites expérimentaux, M. MÉGIE, pouvait écrire, en 1990, dans son rapport d'expertise à l'Office<sup>2</sup> sur les effets des chlorofluorocarbones sur l'environnement : «La France et l'Europe ont jusqu'à présent été totalement absentes de l'effort d'observation spatiale de la stratosphère. Les instruments opérationnels de

1. Le satellite GOES-NEXT est un satellite météorologique géostationnaire construit sous maîtrise d'oeuvre de la NASA pour le compte de la NOAA. Le choix de solutions techniques délicates et mal maîtrisées - comme la stabilisation trois axes - par le maître d'oeuvre, l'absence de contrôle de la NOAA sur un programme qu'elle finance et la médiocrité du contrôle exercé par la NASA sur le contractant industriel, ont conduit à des dépassements de coût massifs et à un allongement des délais tels que la NOAA en est aujourd'hui réduite à emprunter à Eumetsat un satellite Météosat pour éviter une interruption de service.

2. Cf. rapport n° 1573 (Assemblée nationale) et n° 462 (Sénat) de MM. Robert GALLEY et Louis PERRÉIN - seconde session ordinaire - 1989-1990.

surveillance de l'ozone<sup>1</sup> sont embarqués sur les satellites américains de la NOAA<sup>2</sup> et la mission scientifique UARS (Upper Atmospheric Research Satellite), dont le lancement est prévu en 1991 est une mission de la NASA à laquelle la France n'est associée que par une expérience conduite en coopération avec le Canada et une participation au programme de validation sol».

En conclusion de son rapport, M. LEBEAU recommande de «remédier aux lacunes qui existent en orbite polaire».

Le satellite ERS 1, dont il a déjà été question dans ce rapport, va dans cette voie.

Il est, en effet, placé sur une orbite quasi-polaire (98,5 degrés d'inclinaison sur l'équateur) et héliosynchrone<sup>3</sup>. C'est un satellite hybride qui a une double vocation :

- de démonstration de l'intérêt opérationnel pour l'industrie maritime de l'imagerie radar haute résolution concernant les zones côtières et l'océan ;

- d'étude du rôle climatique des calottes polaires et des interactions entre l'océan et l'atmosphère.

### *3.3.5.6. Le développement nécessaire de l'instrumentation*

«C'est la démarche de développement des instruments d'observation - écrit M. LEBEAU - qui doit constituer l'élément essentiel d'une stratégie technique, dans le domaine de l'observation de la terre, dès lors que les bases industrielles en matière de plate-forme sont assurées... (et notre expert d'estimer, par ailleurs, que la plate-forme SPOT/HÉLIOS répond effectivement aux besoins de toutes les missions prévues jusqu'à l'horizon 2005).

Mais il souligne, comme votre rapporteur l'a déjà rappelé, que l'état actuel du savoir est très insuffisant en ce qui concerne la composition de la charge utile des satellites. Le principal exemple donné est celui du laser spatialisable qui n'est pas aujourd'hui

1. TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) ;  
SBUV (Solar Backscattered UV).

Ces deux instruments sont décrits dans le rapport précité.

2. Satellites Nimbus 7, Sage et Sam II (voir rapport précité).

3. La terre décrit en un an une orbite circulaire autour du soleil. En faisant en sorte que le plan de l'orbite du satellite tourne également de 360° en un an, on obtient que l'heure solaire de passage du satellite au-dessus d'un point donné soit toujours la même.

En effet, l'angle entre la droite terre-soleil qui varie selon les saisons) et le plan de l'orbite du satellite reste constant ainsi donc que les conditions d'éclairément au moment du passage du satellite au-dessus d'un point de la surface du globe.

Ceci a pour principal avantage de permettre d'effectuer des observations comparatives.

Pour cette raison, la plupart des satellites d'observation de la terre non géostationnaires sont héliosynchrone.

disponible en Europe avec une durée de vie suffisante. Or, il s'agit d'un des éléments critiques des LIDARS<sup>1</sup> qui, en l'absence de nuages, constituent les seuls moyens existants et précis de mesure à distance des distributions verticales de température, ozone et aérosols dans la stratosphère. Il est également fait allusion aux radars à synthèse d'ouverture, qui existaient déjà en 1978 à bord du satellite SEASAT de la NASA. Leurs principales améliorations portent sur l'utilisation de nouvelles antennes actives et l'utilisation de composants à base d'arséniure de gallium. On se référera, à ce sujet, aux précédentes analyses de ce rapport concernant l'avance des Japonais et des Américains dans ce domaine (cf. l'expertise de M. BLANCHER sur les télécommunications spatiales).

Dans leur rapport précité à l'Office sur les chlorofluorocarbones, MM. MÉGIE et POMMEREAU avaient, par ailleurs, rappelé, en 1990, la dépendance des scientifiques du monde entier à l'égard d'instruments américains embarqués à bord des satellites NIMBUS 7, SAGE, SAM II et TIROS-N<sup>2</sup>.

Il n'y a pas lieu de penser que la situation ait beaucoup évolué sur ce point depuis un an. Plusieurs projets de satellites d'observation de la terre sont certes, en préparation dans le monde mais un certain nombre d'entre eux prévoient l'embarquement de l'instrument américain TOMS (ADEOS...).

En résumé, les améliorations à apporter à l'observation spatiale de la terre, en Europe, concernent essentiellement l'orbite polaire et le développement de nouveaux instruments.

\*

\* \* \*

1. Comme il a déjà été précisé, les LIDARS sont des instruments actifs optiques qui éclairent leur cible au moyen d'un laser.

L'altitude de diffusion recherchée est déterminée par la durée qui sépare l'émission de l'impulsion laser du retour du signal rétrodiffusé par l'atmosphère.

En utilisant l'effet Doppler, les lidars permettent également de mesurer la vitesse du vent à différentes altitudes.

2. TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), embarqué sur le satellite Nimbus 7 et aussi, en 1991, sur le satellite soviétique est le seul instrument qui permette une vue globale quotidienne de la distribution d'ozone dans l'atmosphère.

SBUV (Solar Backscattered UV) est comme TOMS un appareil de visée dans l'ultraviolet "au nadir" (c'est-à-dire à la verticale vers le bas).

SAGE II, lancé en 1984, et SAM II emportent des instruments qui précèdent par occultation solaire directe : le profil vertical des composants étudiés (ozone, dioxyde d'azote, aérosols, nuages stratosphériques) est obtenu, sans modèle mathématique, par l'inversion des observations du soleil, dans le visible, au lever et au coucher.

On peut citer aussi le radiomètre infrarouge TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder) qui permet de dresser des cartes détaillées d'ozone à petite échelle.

Enfin, le satellite TIROS-N, lancé en 1970, emportait un grand nombre d'instruments très sophistiqués d'étude de la composition chimique de la stratosphère et du bilan radiatif de la terre dont un sondeur à micro-onde, qui fait appel à une technique, essentiellement américaine, de mesures à hautes résolutions spectrales de l'émission des espèces atmosphériques dans l'infrarouge lointain.

Du bilan, qui vient d'être dressé, des actuels points faibles européens, il ressort que les domaines d'infériorité les plus évidents de l'Europe par rapport aux deux principales puissances spatiales mondiales ont trait :

- aux capacités de mise en orbite basse de charges lourdes et aux infrastructures orbitales habitées ;

- aux télécommunications spatiales : composants hyperfréquences, amplificateurs à l'état solide (transistors) et segments sol (TVRO, VSAT) ;

- à l'observation de la terre en orbite polaire ;

- à l'espace militaire.

Son potentiel permet à l'Europe d'accroître, sur tous ces points, le niveau de ses ambitions pour devenir une puissance spatiale à part entière.

## **C - DES AMBITIONS ACCRUES**

Les développements qui vont suivre ont pour objet de présenter les projets et programmes français et européens des années à venir, sans émettre encore d'appréciations sur le choix de priorités qu'ils reflètent, ni sur leur opportunité.

Il apparaît que la France et l'Europe ont pour ambition :

- de consolider leurs acquis en ce qui concerne les lanceurs et les satellites scientifiques et d'application...

- ... tout en devenant capables de maîtriser l'activité humaine dans l'espace ;

- ... et d'utiliser l'espace à des fins militaires.

### **1. CONSOLIDER LES ACQUIS EN MATIÈRE DE LANCEURS ET DE SATELLITES**

#### **1.1. LE PROGRAMME ARIANE 5**

Le programme ARIANE 5 tente de concilier la poursuite de deux priorités différentes (lancements commerciaux de satellites géostationnaires et mise en orbite basse d'infrastructures habitées et de moyens de desserte correspondants). Il est fondé sur des choix technologiques raisonnablement ambitieux. Il suppose le développement d'infrastructures de production industrielle et de lancement appropriées.

##### **1.1.1. Un double objectif**

Le programme ARIANE 4 tente de "faire d'une pierre deux coups" en développant un nouveau lanceur européen adapté à la fois :

- à des missions scientifiques et commerciales s'appuyant sur des générations de satellites très lourds ;

- à des missions liées à l'existence d'infrastructures orbitales habitées dans l'espace circum-terrestre.

### *1.1.1.1. Les visées commerciales du nouveau lanceur*

Comme nous l'ont fait remarquer le Directeur du centre spatial du CNES à Evry, M. MUGNIER, ainsi que le Secrétaire Général d'Arianespace, M. Roland DESCHAMPS, la longueur du délai de développement d'un lanceur implique un pari sur son adaptation aux besoins d'un marché en rapide évolution.

Les mises en orbite géostationnaire correspondent aujourd'hui à 70 % au moins du total des lancements commerciaux de satellites<sup>1</sup>.

Or, les études de marché réalisées pour le compte d'Arianespace et de la Direction des lanceurs du CNES, ont fait apparaître qu'il faudrait, à l'avenir, placer en orbite géostationnaire de transfert (GTO), une proportion croissante de satellites de la classe 2 t à 2,8 t (cette classe devrait représenter, en 1995, 50 % de l'ensemble des lancements commerciaux), certains satellites pouvant atteindre des masses de 3,5 à 4 t. Cet accroissement du poids moyen des satellites est essentiellement dû à l'augmentation de la puissance et du nombre des répéteurs des satellites de télécommunication qui représenteront, au milieu de la prochaine décennie, de 70 à 75 % de la catégorie dominante susvisée (satellites d'un poids compris entre 2 t à 2,8 t), le restant de cette classe de satellites (25 à 30 %) étant constitué par les satellites scientifiques et d'observation de la Terre.

Il a donc été estimé que pour conserver l'avantage économique des lancements doubles, l'Europe aurait besoin, à l'horizon 1995, d'une fusée plus puissante, capable de mettre en orbite géostationnaire simultanément deux charges de l'ordre de 3 tonnes chacune. ARIANE 4 devrait demeurer d'ici là bien adaptée aux besoins du marché. La capacité de lancement simple d'ARIANE 5 en orbite de transfert géostationnaire devrait être ainsi de 6,8 t (au lieu de 4,2 t pour la version la plus puissante d'ARIANE 4).

Cette augmentation de puissance devrait permettre au nouveau lanceur la mise en orbite :

- de satellites d'un diamètre très proche de celui qu'autorisent les dimensions de la soute de la navette américaine (4,55 m) ;
- de futurs satellites à propulsion intégrée qu'ARIANE 4, compte tenu de ses performances, n'aurait pas été en mesure de lancer.

1. En 1989, la répartition du marché était, selon l'ASE, la suivante :  
- 70 % de satellites de télécommunication (GTO) ;  
- 20 % de satellites d'observation de la Terre (dont la moitié en GTO) ;  
- 10 % de satellites scientifiques sur différentes orbites ;  
Soit 80 % des vingt satellites lancés par an placés sur une orbite de transfert géostationnaire.

En ce qui concerne l'orbite polaire, le développement d'une fusée européenne plus puissante semblait permettre, en outre, de satisfaire les exigences liées à la réalisation de projets de plates-formes lourdes.

Cependant les capacités d'ARIANE 5 (12 t à 800 km d'altitude) excèderont les besoins que nécessite l'actuel projet de plate-forme polaire européenne (de 1 à 2,4 tonnes d'instruments embarqués).

En outre, le concept de grosse plate-forme polyvalente est aujourd'hui très critiqué.

Le programme préparatoire européen est vigoureusement combattu par notre expert, M. LEBEAU, qui y voit une survivance de l'idée dangereusement utopique de plates-formes polaires desservies (voir plus loin).

D'autre part, les Etats-Unis viennent de décider de scinder leurs six énormes plates-formes EOS (Earth Observing System) de 13 tonnes chacune, en dix-huit plates-formes de dimensions moyennes ( $13 : 3 = 4,3$  t environ).

Sur des orbites basses plus faiblement inclinées les possibilités d'ARIANE 5 sont également impressionnantes (18 t à 550 km d'altitude pour une inclinaison de  $28,5^\circ$  par rapport au plan de l'équateur dans le contexte de missions non habitées).

Ces capacités sont liées aux exigences de la deuxième mission d'ARIANE 5 qui est la mise en orbite d'éléments nécessaires à la construction, la réparation, l'exploitation et la desserte des stations orbitales.

L'amélioration de la compétitivité commerciale des lanceurs européens a été recherchée non seulement au moyen d'une augmentation de ses capacités de mise en orbite géostationnaire mais aussi à travers :

- une diminution de 40 % du prix du kilo en orbite et de 10 % du coût des lancements ;

- une élévation significative du taux de fiabilité (0,98 % en vol automatique au lieu de 0,95 % et 0,999 % en configuration habitée) qui devrait égaler celui de la navette américaine.

L'objectif commercial ainsi visé est d'occuper, entre 1995 et l'an 2000, de 40 à 45 % d'un marché censé correspondre au lancement de vingt-et-un à trente-cinq satellites par an.

ARIANE 5, dans cette hypothèse, mettrait en orbite une dizaine de satellites par an.

### *1.1.1.2. Les missions relatives aux infrastructures orbitales habitées*

En même temps que l'amélioration de la compétitivité commerciale des lancements en orbite géostationnaire, l'objectif poursuivi par le programme ARIANE 5 est l'accroissement des capacités européennes de lancement en orbite basse.

Afin d'éviter, autant que possible, d'exposer l'homme au rayonnement particulaire<sup>1</sup> spatial qui atteint un maximum aux pôles et qui se révèle d'autant plus fort que l'altitude est élevée, les orbites choisies pour les infrastructures orbitales sont généralement basses et faiblement inclinées par rapport au plan de l'équateur.

La construction, la réparation, l'exploitation et la desserte des stations orbitales nécessitent d'autre part la mise en orbite de charges utiles de masse importante.

C'est la raison pour laquelle ARIANE 5 a été conçue pour placer en orbite circulaire à 550 km (orbite basse), à 28,5 ° (inclinaison faible par rapport à l'équateur) une masse de :

- 18 t pour les missions non habitées ;
- 21 t pour les missions habitées sur une orbite de transfert vers l'orbite finale.

Ces performances devraient permettre le lancement :

- d'éléments du programme COLUMBUS (notamment le laboratoire visitable MTF<sup>2</sup>, qui sera présenté plus loin) ;
- de l'avion spatial HERMÈS qui, avec trois personnes et une charge utile de trois tonnes à bord (du moins selon les objectifs initiaux), devrait participer à la desserte des infrastructures orbitales européennes (laboratoire autonome et module rattaché à la station internationale FREEDOM).

Selon un récent scénario de l'ASE présenté par notre expert Jean-Jacques DORDAIN, ARIANE 5 pourrait être, en outre, utilisée pour le ravitaillement de FREEDOM, moyennant l'utilisation d'un véhicule cargo de transfert, ce qui permettrait à l'Europe de payer en nature une partie de sa contribution aux frais d'exploitation de la station.

1. Rayonnement qui provient de particules piégées dans le champ magnétique par les ceintures de van Allen qui jouent donc un rôle protecteur et sont très réduites aux deux pôles.

Au total, il convient d'insister :

- sur la cohérence des programmes ARIANE 5, COLUMBUS, HERMÈS qui constituent les éléments indissociables d'une filière de conquête par les Européens de leur autonomie en matière d'infrastructures orbitales habitées ;

- sur le choix qui a consisté néanmoins à découpler les deux missions d'ARIANE 5 (automatique et habité) tout en cherchant à créer entre elles le maximum de synergie<sup>1</sup>.

Ce choix a conduit à considérer le module habité HERMÈS comme une charge utile particulière du lanceur.

Dans cette configuration, le système d'informatique spatiale embarqué à bord de l'avion spatial assure la fonction de case à équipement<sup>2</sup>, c'est-à-dire de cerveau du lanceur.

Selon certaines personnes rencontrées par votre rapporteur, priorité aurait été donnée, dans la conception d'ARIANE 5, à ses missions en orbite basse au détriment de ses objectifs commerciaux. Le nouveau lanceur européen risquerait de se trouver de ce fait trop puissant et inadapté à certains besoins du marché (pour l'observation de la terre en orbite polaire, par exemple, ou le lancement de constellations de petits satellites défilants dans différents plans d'orbite).

À ces critiques, les responsables du programme rétorquent que s'il en était ainsi, les difficultés rencontrées ne seraient pas aussi grandes, pour rendre les performances de la fusée compatibles avec le poids de la navette HERMÈS.

1. La fiabilité, par exemple, est à la fois un facteur indispensable aux missions habitées et un élément de compétitivité commerciale.

2. La case à équipement est le cerveau du lanceur, elle comprend les systèmes de commande des trois étages. Les organes les plus importants sont :

- la centrale inertielle qui, à partir de gyroscopes et d'accéléromètres, mesure à tout moment l'altitude et l'accélération du lanceur ;

- le calculateur numérique de bord qui exploite ces données et les compare à la loi de commande pour donner les ordres de pilotage.

### 1.1.2. Des choix technologiques raisonnables

Même si des études préparatoires avaient été lancées dès 1980, ce n'est que quatre ans plus tard, à la mi 1984, qu'a été sélectionnée la configuration actuelle d'ARIANE 5.

Le lancement de la phase de développement de la fusée n'a été décidé qu'en novembre 1987, à la conférence de La Haye<sup>1</sup>, pour une mise en service opérationnel prévue en 1996, après deux tirs de qualification en 1995.

La relative brièveté de ces délais ainsi que la priorité donnée au caractère économique et à la fiabilité du lanceur, ont conduit à des choix technologiques qui peuvent être qualifiés de raisonnablement ambitieux.

La recherche de performances propulseurs élevées a, en effet, été conciliée avec la sûreté que procure le choix d'une architecture simple et de solutions technologiques éprouvées.

#### 1.1.2.1. Configuration générale du lanceur

Le composite inférieur, identique pour tous les modèles et indépendant du type de mission, comporte un étage principal cryotechnique propulsé par un moteur VULCAIN et deux propulseurs à poudre.

Le composite supérieur comporte un étage à ergols stockables surmonté :

- pour les missions automatiques, d'une case à équipements, d'une coiffe et, le cas échéant, d'un support de charge utile spécial SPELTRA ;

- pour les missions habitées, de l'avion spatial HERMÈS (si tant est que sa réalisation ne soit pas remise en cause) et de son adaptateur.

1. Le pré-développement du moteur Vulcain HM60 avait néanmoins commencé à la fin de 1984.

### 1.1.2.2. La propulsion

- La technologie des deux propulseurs d'appoint à propergol solide dérive de celle des missiles stratégiques français.

C'était la seule utilisable dans les délais voulus.

- La conception des moteurs VULCAIN est assez classique : la poussée est fournie par la combustion des ergols dans une chambre propulsive, alimentée en hydrogène et oxygène liquides sous pression par deux turbopompes indépendantes. Les turbines de ces turbopompes sont entraînées par des gaz chauds, issus d'un générateur de gaz unique, qui sont ensuite éjectés à l'extérieur, puisque la technologie utilisée est celle dite du "flux dérivé".

Dans le cas d'un moteur "à flux intégré", les gaz d'échappement des turbines sont réinjectés dans la chambre propulsive et participent donc mieux à la propulsion. On parle aussi alors d'architecture ou de configuration "à combustion étagée".

Le Président Directeur Général de la SEP, Jean SOLLIER estime que le choix d'un moteur à flux intégré aurait augmenté les difficultés de mise au point, les coûts et la masse du lanceur pour un gain d'impulsion spécifique<sup>1</sup> de seulement 3 à 5 %. Les déboires rencontrés par les Japonais dans le développement de leur futur lanceur H 2 et l'intention des Américains de revenir, après la navette, à une configuration à générateur de gaz pour leur futur lanceur lourd, paraissent indiquer rétrospectivement que la solution européenne était judicieuse.

La technologie du flux intégré pourrait néanmoins être maîtrisée sans trop de difficultés par les Européens, en tant que de besoin, au dire du Directeur des lanceurs du CNES, M. MUGNIER.

L'unicité du moteur cryogénique du premier étage VULCAIN est un facteur d'économie et de fiabilité.

- Le système de propulsion de l'étage supérieur est particulièrement simple et encore plus économique.

La poussée du moteur est fournie par la combustion d'ergols stockables injectés dans la chambre propulsive grâce à la pressurisation des réservoirs<sup>2</sup>.

1. Impulsion spécifique : durée pendant laquelle une masse d'ergols peut fournir une poussée égale à son poids initial.

2. Ce système qui était celui des fusées Diamant est une des solutions étudiées par l'OTA américain (Office of Technological Assessment) pour rendre plus économique l'accès à l'espace.

L'utilisation d'ergols stockables permet que l'étage supérieur puisse demeurer prêt au lancement, sans intervention, pendant quarante-cinq jours.

Les innovations du programme ARIANE 5 tiennent essentiellement - comme le souligne notre expert M. POGGI - au saut d'ordre de grandeur qui est réalisé par rapport à ARIANE 4, notamment en ce qui concerne l'importance :

- de l'étage cryogénique, qui utilise 155 tonnes d'oxygène et hydrogène liquide (au lieu de 10,5 tonnes pour le troisième étage d'ARIANE 4) ;

- des propulseurs solides (26 mètres de haut, 260 tonnes dont 230 tonnes de propergol soit dix fois plus que leurs prédécesseurs, 650 tonnes de poussée).

La segmentation de ces propulseurs solides constitue également une première en Europe.

Enfin, les pressions (100 bars) et les températures (900 °C) maîtrisées sont très élevées.

### **1.1.3. Des infrastructures appropriées**

#### *1.1.3.1. Les infrastructures de développement et d'industrialisation*

Le programme ARIANE 5 est un programme d'origine française qui a été européenisé.

La proposition d'organisation industrielle a été déposée auprès de l'ASE, en même temps que le dossier de programme, en 1986.

Comme pour les générations précédentes d'ARIANE, la maîtrise d'oeuvre est confiée au CNES pendant la phase de développement.

La Société européenne de propulsion (SEP) est maître d'oeuvre du moteur VULCAIN qui fait intervenir vingt-sept coopérants dans dix pays différents. Comme pour ARIANE 4, votre rapporteur salue la performance que représente la coordination d'un tel ensemble.

La SEP se trouve associée, par ailleurs, à l'italien BDP (qui lui-même coopère avec la SNPE<sup>1</sup>) au sein du GIE Europropulsion pour la mise au point des moteurs à propergol solide.

1. SNPE : Société nationale des poudres et explosifs.

Au total, la part de la France dans le financement du programme est voisine de 45 %, les autres principaux pays intervenant dans la propulsion sont, outre l'Italie (BPD, Fiat...), l'Allemagne (MBB, MAN...), la Suède (Volvo) et la Belgique.

L'ampleur du programme ARIANE 5 et la taille des composants du système propulsif ont nécessité la définition et la mise en place d'une infrastructure considérable de moyens d'essais et d'industrialisation installés ou en cours d'achèvement. On peut citer, par exemple, en ce qui concerne le moteur VULCAIN, les deux bancs d'essais jumeaux à Lampolshausen et à Vernon où se trouve également un hall d'assemblage. Un ensemble d'intégration de la fusée de 6 600 m<sup>2</sup> et de 50 m de haut a été inauguré en mai dernier aux Mureaux (Aérospatiale).

De premiers essais du moteur VULCAIN et d'un modèle réduit du moteur à poudre ont déjà eu lieu.

Le développement, dans les limites financières fixées (si ce n'est un rythme de consommation des crédits plus rapide que prévu) et sans problème technique majeur justifie les choix techniques effectués à l'origine du programme et en particulier le parti pris de simplicité et d'utilisation de technologies éprouvées.

#### *1.1.3.2. Les infrastructures de lancement*

Un nouvel ensemble de lancement ELA 3 destiné au lancement d'ARIANE 5 est en cours de réalisation à Kourou.

L'ELA 3 comprendra trois sites distincts :

- le bâtiment d'intégration du lanceur ;
- le bâtiment d'assemblage final où ce dernier sera équipé de sa charge utile ;
- enfin, le pas de tir.

Une gigantesque usine de propergols solides, exploitée conjointement par BPD et la SNPE sera intégrée au site de lancement, ce qui n'empêchera pas, en vertu d'une application particulièrement aberrante de la règle du juste retour, de faire venir de Calabre le premier segment des propulseurs à poudre !

#### 1.1.4. Les insatisfactions néanmoins exprimées

Le programme ARIANE 5 représente - ainsi qu'il vient d'être vu - un compromis entre deux types de missions automatiques et habitées. Il vise un créneau qui doit représenter la moitié en 1995 (et davantage par la suite) des satellites placés en orbite géostationnaire.

Le propre d'un compromis est de ne jamais parvenir à satisfaire la totalité des utilisateurs intéressés.

Par ailleurs, ce que le nouveau lanceur gagne en simplicité, en robustesse et en fiabilité, il le perd en capacité d'adaptation à des besoins diversifiés (les différentes configurations d'ARIANE 4 lui permettaient de satelliser des charges utiles variées comprises entre 1,9 et 4,2 t en lancement simple, et entre 2,2 et 3,8 t en lancement double).

Dans ces conditions, plusieurs de nos experts (Mme PRADERIE, pour les sciences de l'univers, M. LEBEAU, pour l'observation de la terre, M. BLACHIER, pour les télécommunications) font valoir que la nouvelle fusée européenne ne couvrira pas la totalité des besoins de lancement dans leurs domaines respectifs.

En outre, la très grande majorité d'entre eux y compris M. LATRON, en ce qui concerne l'espace militaire) affirment ne pas être intéressés par les possibilités offertes par les stations spatiales, pour des raisons qui tiennent essentiellement à leur orbite (altitude trop basse et inclinaison trop faible par rapport à l'équateur).

Les études de marché qui ont présidé au choix de la configuration et des performances du nouveau lanceur européen datent de la première moitié des années quatre-vingt. Or, les perspectives sont susceptibles d'avoir évolué depuis cette période.

Indépendamment de la catégorie de satellites pour laquelle ARIANE 5 a été optimisée (2,5 t à 3,8 t en lancement double, jusqu'à 6,8 t en lancement simple en orbite géostationnaire de transfert), d'autres besoins risquent d'avoir à être satisfaits en ce qui concerne :

- les petits satellites (moins d'une tonne) ;
- les satellites moyens en orbite polaire (de 2 à 2,5 tonnes) ;
- les satellites les plus lourds (plus de 3 tonnes).

#### 1.1.4.1. Le problème des petits satellites

Au cours d'un séminaire sur l'espace militaire qui s'est tenu à l'École polytechnique, le 7 novembre 1991, M. DUPAS<sup>1</sup> a estimé que les années quatre-vingt-dix verraient une accélération considérable du recours à de petits systèmes spatiaux avec, en conséquence, une augmentation importante du nombre de lancements et du chiffre d'affaires correspondant (le marché, qui était de 40 millions de dollars entre 1985 et 1990, passerait à 250 millions de dollars pour la période 1990-1995).

De son côté, Mme PRADERIE insiste dans son rapport d'expertise sur le souhait de la communauté scientifique de disposer d'un lanceur plus petit (une tonne maximum) et moins coûteux qu'ARIANE (100 MF au lieu de 500 à 700 MF par lancement) qui permette des missions plus fréquentes, de moindre envergure.

Il importe, toutefois, de souligner d'emblée ici que la diminution du coût du lancement des satellites n'est pas strictement proportionnelle à la réduction de leur poids.

La catégorie des petits satellites se subdivise en deux sous-catégories, les micro-satellites (d'un poids inférieur à 100 kilos) et les mini-satellites (entre 100 kilos et une tonne).

Les applications des petits satellites sont nombreuses :

- dans le domaine scientifique<sup>2</sup> (à des fins pédagogiques ou expérimentales, pour mener à bien rapidement des projets peu coûteux) ;

- dans le domaine militaire (satellites antimissiles de détection "brilliant eyes", et de destruction "brilliant pebbles"<sup>3</sup> ; certains satellites d'écoute électronique, programme français CERISE de caractérisation radio-électrique de l'environnement en orbite basse, etc.) ;

1. M. DUPAS est chargé d'études au CREST (Centre d'études des relations entre stratégie et technologie).

2. Les petits satellites scientifiques présentent les avantages suivants :

- initiation des ingénieurs et des chercheurs (le rapport Pinkau, précité, recommandait, pour cette raison, à l'ASE de ne pas renoncer aux petites missions car elles sont un exercice d'apprentissage de la gestion d'un programme) ;
- valorisation de la recherche des petits pays ;
- réalisation rapide et économique (en deux ans et pour 2 millions de dollars) de projets intéressants (la revue *Science* citait, le 23 août 1991, le cas de l'Université britannique de Surrey dont le cinquième micro-satellites est dédié à l'essai de semi-conducteurs et de cellules solaires, d'une caméra, et d'un système de communication avec les pays en développement et les zones touchées par des catastrophes naturelles).

3. Les "brilliant pebbles" doivent constituer un réseau orbital de mini-satellites intercepteurs (d'une centaine de kilos) capables de repérer et de détruire leur cible par collision.

Bien que dotés de leur propre système de localisation, ils sont mis en alerte par les satellites complémentaires de détection "brilliant eyes".

**- dans le domaine des télécommunications :**

- pour des services de localisation et de messagerie (expérience soviétique INFORMATOR 1, projet S 80 du CNES...);

- pour des projets de constellations de satellites légers de liaisons téléphoniques entre les mobiles (IRRIDIUM, GLOBALSTAR...);

**- dans le domaine de l'observation de la terre**, les instruments sont généralement regroupés sur des plates-formes de dimensions moyennes (voir plus loin) mais les promoteurs du projet IRRIDIUM ont proposé de placer, en passager, des capteurs dédiés à l'étude de l'environnement, sur chacun des soixante-dix-sept satellites que devrait comporter la constellation envisagée.

Par ailleurs, un consortium d'industriels japonais dirigé par NEC propose un vaste réseau de trente-deux satellites d'observation de la terre dont le poids n'est toutefois pas précisé mais, d'après leur nombre, peut être présumé léger<sup>1</sup>.

La plupart des petits satellites sont des satellites défilants en orbite basse. Leur faible poids rend, a priori, ARIANE 5 inadapté à leur lancement.

On pourrait imaginer, cependant, de tirer parti des surcapacités du lanceur lourd européen en procédant à des lancements en grappe.

Ce type de lancements multiples est, toutefois, très difficile à maîtriser, particulièrement dans le cas du lancement de constellations de satellites qui doivent être placés dans différents plans d'orbite.

Il est nécessaire à cet effet :

- soit, d'être capable de couper et de réallumer le moteur du dernier étage de la fusée<sup>2</sup> (ce qui est possible à la fusée américaine ATLAS CENTAUR mais n'a pas été prévu pour ARIANE 5<sup>3</sup>);

- soit, de doter les satellites d'un système de propulsion et de mise à poste très sophistiqué.

1. - 24 (3 x 8) sur trois orbites quasi polaires ;  
- 8 sur des orbites inclinées ;  
- 6 satellites relais géostationnaires.
2. Dans le cas de lancements simultanés dans différents plans d'orbite, il faudrait, en plus, pouvoir faire changer l'orientation de la trajectoire de la fusée.
3. Selon notre expert M. POGGI, il serait assez facile de le réaliser.

#### *1.1.4.2. Le problème des satellites moyens*

- Dans le domaine des sciences de l'Univers, Mme PRADERIE souligne la nécessité d'un équilibre entre grandes, moyennes et petites missions.

À priori, les grandes missions devraient être réservées aux agences spatiales les plus importantes (NASA, ASE) et réalisées en coopération internationale.

Les petites permettraient à des universités ou à des pays en développement ou de dimensions modestes de participer à la recherche spatiale.

Elles pourraient être utilisées également comme un moyen d'apprentissage pour les jeunes ingénieurs des grandes organisations susvisées (cf. rapport Pinkau).

Il resterait aux missions moyennes une place au sein des programmes des agences nationales de puissances spatiales évoluées, mais dont les ressources sont limitées, comme la France, l'Allemagne, l'Italie ou le Japon.

- Concernant l'observation de la terre, les surcapacités d'ARIANE 5 en matière de plates-formes polaires ont déjà été évoquées. En outre, que ce soit pour des raisons techniques (caractère peu compact des charges utiles) ou pour des raisons de calendrier (tirs moins fréquents), la mise en orbite de ces plates-formes ne se prête pas facilement aux lancements doubles.

- Dans le domaine des télécommunications, enfin, la tendance à l'augmentation du poids moyen des satellites pourrait rencontrer une limite qu'il est difficile de déterminer avec précision.

Deux séries de facteurs contradictoires sont à prendre en considération :

- D'un côté, la miniaturisation des composants ainsi que la recherche d'un allègement des sous-systèmes des plates-formes et des équipements de la charge utile tendent à une diminution de la masse des satellites. La numérisation croissante des transmissions joue également dans ce sens en augmentant à poids égal les performances des transpondeurs. La concurrence des réseaux terrestres peut, enfin, contribuer, à réduire la demande de services satellitaires et donc les capacités en orbite.

• Mais d'un autre côté la durée de vie des satellites, s'allonge ce qui provoque un accroissement de la quantité d'ergols embarqués). Un traitement à bord de plus en plus complexe tend aussi à augmenter le poids de la charge utile. Comme l'a montré également un article paru dans *The Economist*, en juin 1991, le coût des recherches portant sur l'allègement de la charge utile est supérieur, à partir d'un certain stade, à celui des économies de lancement qui en résultent. L'application dans l'espace des résultats de ces recherches se trouve, enfin, ralenti parce qu'il est recommandé de n'embarquer dans les satellites que du matériel éprouvé.

Ainsi notre expert M. SCHIRMANN estime que «l'accroissement de la masse des satellites de télécommunication en orbite de transfert géostationnaire pourrait trouver une limite quelque part entre 3,5 et 4 t.»

M. Marc GIGET constate de son côté, que :

- aux Etats-Unis et au Canada, la génération actuelle est remplacée par des satellites de capacités équivalentes (mais avec des qualités techniques supérieures) ;

- les satellites INTELSAT 7 seront plus légers que leurs prédécesseurs INTELSAT 6 (- 30 %) avec une capacité moindre de 26 % ;

- dans le domaine de la télédiffusion directe, l'évolution rapide de la technologie des antennes de réception va dans le sens de l'utilisation de satellites moins puissants (aux alentours de 110 W plutôt que supérieurs à 200 W).

On peut penser aussi qu'il continuera à exister, en dehors des systèmes internationaux et de ceux des grands pays industrialisés, un marché pour des satellites de télécommunication de moyenne capacité et d'un poids inférieur à 2 tonnes. La concurrence sur ce marché, en lancement simple, sera très relevée avec les lanceurs japonais H 2 et chinois LONGUE MARCHE qui auront des performances globales inférieures à celles d'ARIANE 5.

Ce sont ces considérations qui conduisent certaines des personnes que nous avons rencontrées à penser qu'ARIANE 4 aurait pu répondre encore longtemps aux besoins du marché.

D'autres de nos interlocuteurs se sont interrogés sur l'opportunité de laisser coexister, durant une période intermédiaire, ARIANE 4 et ARIANE 5, mais cela ne paraît guère réaliste d'un point de vue financier et logistique (eu égard aux capacités du Centre spatial guyanais).

Au terme de cet examen critique de l'adaptation des capacités d'ARIANE 5 aux besoins du marché, votre rapporteur se voudrait rassurant en faisant observer que :

- s'agissant de l'observation de la terre en orbite polaire, «qui peut le plus peut le moins» et, avec un coût de lancement<sup>1</sup> inférieur de 10 % à celui d'ARIANE 4, ARIANE 5 devrait rester compétitif, même pour le lancement simple d'un satellite de poids moyen ;

- en ce qui concerne les satellites géostationnaires de télécommunication et les satellites scientifiques d'un poids inférieur à 2 tonnes, la même remarque peut être faite, et, en outre, des possibilités de lancement double existent. Enfin, les fabricants de satellites commerciaux s'adaptent toujours, dans une certaine mesure, aux capacités des lanceurs ;

- s'agissant des constellations de satellites de liaison avec les mobiles les délais de mise en oeuvre et d'arrivée à maturité du marché pourraient être assez longs (ce qui n'est pas une raison pour s'abstenir de toute étude dans ce domaine).

Enfin, le marché de l'ASE et des agences nationales restera, en tout état de cause, un marché largement captif pour le lanceur européen malgré un appel plus grand à la concurrence de la part des opérateurs de télécommunications (comme l'exemple de DFS-Kopernickus vient de le prouver).

#### *1.1.4.3. Les satellites très lourds*

Parfois jugées ainsi excessives, les performances d'ARIANE 5 n'en paraissent pas moins insuffisantes pour répondre à deux types de besoins :

- ceux qui sont liés, tout d'abord, à la mise en orbite d'HERMÈS ;
- ceux qui concernent, d'autre part, le lancement double des satellites de plus de trois tonnes en comparaison des capacités de la nouvelle fusée américaine ATLAS 2 AS.

Pour toutes ces raisons, il est envisagé de doter l'Europe à la fois de fusées plus puissantes et de petits lanceurs dérivés d'ARIANE 5 (ou, éventuellement, de missiles militaires).

1. Le prix au kilo devrait être abaissé de 40 % mais nous supposons que c'est à pleine capacité.

### 1.1.5. Les moyens de lancement complémentaires envisagés

#### 1.1.5.1. Les dérivés "lourds" d'ARIANE 5

Selon notre expert M. POGGI trois variantes plus puissantes d'ARIANE 5 sont à l'étude :

- la version ARIANE 5 MARK 2 ;
- une variante bi-moteur ;
- une version "gros porteur".

- La version MARK 2 d'ARIANE 5 verrait les performances du lanceur de base s'accroître de 10 à 15 %, en portant à 171 tonnes la masse d'ergols de l'étage cryotechnique et en accroissant de 20 % la poussée du moteur VULCAIN<sup>1</sup>.

Selon M. POGGI un tel résultat peut être atteint en l'an 2000, pour un coût minimum.

La réalisation du projet HERMÈS s'en trouverait, bien sûr, facilitée.

- En équipant l'étage cryotechnique inférieur de deux moteurs VULCAIN et en portant à 210 tonnes sa masse d'ergols il est possible à la fois d'accroître de 3,5 tonnes la capacité de mise en orbite basse et d'améliorer la sécurité des vols habités. En cas d'arrêt du fonctionnement d'un des moteurs en cours de propulsion, l'autre moteur permettrait, en effet, à HERMÈS d'atteindre une vitesse compatible, après sa séparation du lanceur, avec un retour au sol normal (alors qu'avec la version monomoteur d'ARIANE 5, actuellement prévue, l'équipage serait sauvé par les sièges éjectables mais l'avion spatial serait perdu).

Il est également envisageable de réaliser, à partir des composants principaux d'ARIANE 5, un lanceur capable d'exécuter une mission habitée de type APOLLO vers la Lune. La charge utile placée sur une trajectoire lunaire atteindrait 35 tonnes. Le premier étage d'un tel lanceur serait équipé de cinq moteurs VULCAIN et flanqué de quatre propulseurs solides.

Le deuxième étage serait équipé d'un moteur VULCAIN capable de réallumage en vol.

1. Il est probable que les structures de la fusée devront être renforcées en conséquence.

### 1.1.5.2. Les petits lanceurs

Pour satisfaire les besoins européens relatifs au lancement de petits satellites, plusieurs solutions sont possible :

- des solutions américaines, tout d'abord, avec d'une part, la fusée aéroportée PEGASUS et, d'autre part, un lanceur léger dérivé de la fusée SCOUT.

PEGASUS, larguée par un bombardier américain B 52 est capable de placer en orbite basse une charge utile qui ne semble pas pouvoir excéder un peu plus de 300 kg. Arianespace en est l'importateur exclusif en Europe.

La société italienne SNIA-BPD a signé, d'autre part, en 1988, un protocole d'accord avec la société américaine LTV pour le développement et la commercialisation en commun d'une version améliorée du lanceur léger SCOUT. La base italienne de San Marco au Kenya pourrait être remise en activité à cette occasion. Mais la charge utile satellisée en orbite basse ne paraît pas devoir dépasser 500 kg.

- Les solutions françaises envisageables sont de deux types. Elles consistent à mettre au point un petit lanceur dérivé soit des missiles stratégiques M 4 (actuellement opérationnels) et M 5 (en phase de pré-développement), soit des propulseurs de la famille ARIANE.

Dans le premier cas, le poids des satellites ne pourrait guère être supérieur à 100 kg et la très forte accélération des missiles, conçus pour être tirés à partir de sous-marins, poserait des problèmes particuliers (vibrations...).

Le deuxième type de solution paraît donc préférable. Il s'agit des projets DLA-S et DLA-P.

DLA-S utilise comme premier étage le propulseur à poudre latéral d'ARIANE 5 et DLA-P est un DLA-S raccourci.

Dans les deux projets, le dernier étage est dérivé du moteur à ergols stockables du composite supérieur d'ARIANE 5 ou de l'étage H 10 (troisième étage cryogénique) d'ARIANE 4.

Ces lanceurs seraient adaptés à la mise sur orbite basse de satellites moyens (3 à 4 tonnes) ou petits (une tonne).

\*

\*        \*

Au total, votre rapporteur approuve les choix technologiques qui ont présidé à la conception du programme ARIANE 5 et le découplage effectué entre missions commerciales et missions habitées. La compétitivité du futur lanceur européen lui paraît devoir être satisfaisante en ce qui concerne l'orbite géostationnaire mais ses capacités excèdent quelque peu les besoins, actuellement prévisibles, liés aux missions automatiques en orbite polaire.

Le problème qui se pose, s'agissant des petits et des très gros lanceurs est celui de savoir si l'Europe doit disposer d'une panoplie complète de fusées ou s'il est souhaitable d'intégrer le recours à des moyens de lancement étrangers dans une politique de coopération globale avec les pays concernés (URSS, Etats-Unis, Chine).

Tout en essayant, avec le programme ARIANE 5, de ne pas se reposer sur leurs lauriers pour ce qui concerne les lanceurs, l'Europe et la France entendent également consolider leurs acquis dans le domaine des satellites.

## 1.2. LES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES

Comme le souligne Mme PRADERIE dans son rapport d'expertise, l'effort spatial de recherche français, en sciences de l'univers, s'effectue dans un cadre coopératif :

- au sein de l'ASE, d'une part,
- avec l'Union soviétique, d'autre part,

presque à l'exclusion de toute autre coopération multilatérale ou bilatérale<sup>1</sup>.

### 1.2.1. Le programme HORIZON 2000 de l'ASE

La participation aux activités scientifiques de l'Agence spatiale européenne a, pour les Etats membres, un caractère obligatoire (article V de la convention du 30 mai 1975).

Cette participation est calculée, d'un point de vue budgétaire, au prorata des PNB, le financement des instruments embarqués étant laissé à la charge des agences nationales.

Les activités de l'ASE dans le domaine des sciences de l'Univers sont planifiées dans le cadre d'un programme de recherche à long terme baptisé "HORIZON 2000" qui a été approuvé à Rome en 1985.

Le programme ambitionne de donner à l'Europe une place de premier plan dans le développement mondial de la science spatiale.

Il repose sur un ensemble de missions d'importance graduelle :

- des missions fondamentales baptisées "pierres angulaires" ;
- des missions de soutien de taille moyenne ;
- enfin, un certain nombre de petites missions.

1. Il existe cependant une coopération scientifique avec la NASA portant sur certaines expériences.

### *1.2.1.1. Les pierres angulaires du programme scientifique*

Les deux premières pierres angulaires du programme horizon 2000 (il y en a quatre au total) ont d'ores et déjà été arrêtées, il s'agit :

- d'un programme relatif à la physique des relations Soleil-Terre qui associe deux projets : SOHO et CLUSTER ;

- d'une mission astronomique d'étude spectroscopique du rayonnement X (XMM : X Ray Multi-Mirror Mission) ;

- • SOHO, observatoire du Soleil et de l'héliosphère, qui doit être lancé à la mi-1995, sera dédié à l'étude de la structure interne et de la dynamique de l'astre solaire.

Conçu pour une mission de deux ans il pourrait néanmoins fonctionner plus longtemps (durant quatre années ou plus).

Il s'agit d'un projet mené dans le cadre d'une coopération avec la NASA.

- CLUSTER permettra, par des observations effectuées simultanément à partir de quatre satellites identiques, d'étudier les structures du plasma au voisinage de la Terre. Le lancement des quatre satellites sur orbite polaire est prévu en 1995 (à l'occasion d'un tir d'essai d'ARLANE 5).

Un système coordonné de traitement au sol des données de la mission (CSDS) a été prévu.

- La mission de spectroscope du rayonnement X (XMM) suppose la mise sur une orbite de forte excentricité, en 1998, d'un observatoire d'astronomie générale. Les objectifs poursuivis exigent un instrument imageur puissant, offrant une surface collectrice maximale, et la spectroscopie rapide, de faible et moyenne résolution, d'objets brillants.

La durée de vie théorique de l'observatoire est de deux ans mais pourrait atteindre dix ans.

Les deux dernières des quatre pierres angulaires de l'ASE sont en fin de phase de définition.

- Le télescope spatial FIRST (Far Infrared and Submillimeter Space Telescope) permettra d'effectuer des observations dans des régions peu explorées ou quasi inexplorées du spectre électromagnétique<sup>1</sup>.

Dans le domaine de l'infrarouge, jusqu'ici surtout investi par les Américains dans les années quatre vingt, FIRST se situera dans le prolongement de l'observatoire européen ISO (Infrared Space Observatory) qui doit être lancé en 1993. C'est justement cette même année que doit d'ailleurs s'achever la phase de définition du futur télescope spatial européen.

- La mission ROSETTA<sup>2</sup>, réalisée en coopération avec la NASA, tend au prélèvement et au retour sur terre d'échantillons de noyau cométaire. Il s'agit de mieux comprendre les phénomènes chimiques et physiques qui ont marqué la naissance du système solaire il y a environ 4,6 milliards d'années, grâce à une analyse de la correspondance entre la matière interstellaire, la matière cométaire et les météorites primitifs. Le module de croisière, dérivé de MARINER MARK II, sera fourni par la NASA, le module d'atterrissage et la capsule de rentrée sur terre, seront réalisés par l'ASE.

#### *1.2.1.2. Les missions de taille moyenne*

CASSINI est une mission d'exploration de la planète Saturne et de ses satellites entreprise conjointement par l'ASE et la NASA.

L'orbiteur de Saturne doit être réalisé par les Américains. L'Europe fournira la sonde HUYGENS de rentrée dans l'atmosphère du satellite TITAN de la planète. Le "créneau" que se sont ainsi réservés les Européens est particulièrement intéressant car l'atmosphère de TITAN est, parmi celles de tous les corps du système solaire, la plus proche de celle de la terre.

Son étude peut aider, notamment, à mieux comprendre la chimie organique prébiotique en action sur la terre primitive<sup>3</sup>

1. Mme PRADERIE souligne dans son rapport d'expertise que le domaine submillimétrique est la dernière grande "fenêtre" du spectre électromagnétique encore très peu explorée et exploitée par les astronomes.

2. La mission tire son nom de la "Pierre de Rosette", tablette de l'Antiquité égyptienne en basalte noire portant une inscription en trois langues dont le déchiffrement par Champollion a permis de comprendre les hiéroglyphes.

3. Le congrès des Etats-Unis a accordé, pour 1992, à la mission CRAF-CASSINI des crédits qui, bien qu'en augmentation par rapport à 1991, sont nettement inférieurs à ce qui était demandé par la NASA.

La prochaine mission à moyen terme M 2 de l'ASE a donné lieu à un appel de propositions auquel vingt-deux réponses ont été adressées, parmi lesquelles six ont fait l'objet d'une étude d'évaluation et quatre ont été retenues.

Il s'agit des missions :

- INTEGRAL : Laboratoire international d'astrophysique du rayonnement gamma ;
- PRISMA : Analyse de la rotation et sondage de l'intérieur des étoiles ;
- MARSNET : Réseau de modules d'atterrissage sur Mars ;
- STEP : Etude de physique fondamentale tendant à la vérification par satellite du principe d'équivalence faible.

#### *1.2.1.3. Les petites missions*

Bien que l'ASE soit a priori destinée à la réalisation, en coopération multilatérale, de programmes scientifiques de grande envergure, les petites missions peuvent présenter pour elle plusieurs intérêts :

- initiation de ses jeunes ingénieurs à la conception et à la gestion d'un programme spatial scientifique ;
- amélioration de ses relations avec les agences nationales par des coopération bilatérales ;
- réalisation d'expériences d'un rapport coût-intérêt très attractif ;
- introduction d'une marge de souplesse dans la gestion du programme scientifique obligatoire (notamment pour l'application de la règle du juste retour).

Deux exemples de petites missions de l'ASE méritent d'être plus particulièrement cités :

- la réactivation de la sonde GIOTTO (qui a déjà survolé la comète de Halley en 1986) pour l'observation de la comète de Grigg-Skjellerup en juillet 1992 ;

- l'embarquement, sur la plate-forme récupérable EURECA 1, lancée la même année, de cinq instruments de science spatiale consacrés à l'étude des fluctuations et des variations du flux solaire.

#### *1.2.1.4. Appréciation globale*

Les priorités du programme HORIZON 2000 ne soulèvent pas d'objection de la part de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

La fiabilité des méthodes de sélection des projets et de prises de décision est - selon notre expert Mme PRADERIE - la contrepartie avantageuse de leur lenteur.

Sur le plan budgétaire, il est souhaitable que cette longueur du processus de maturation des projets les mette à l'abri de remises en cause ultérieures qui ne pourraient qu'être sources de gaspillage.

L'effort de recherche scientifique spatiale a besoin de constance et d'un certain niveau de crédits.

À l'augmentation de 7 % par an, de 1985 à 1992, demandé initialement par l'agence, le conseil des Ministres de Rome a préféré, en 1985, une progression annuelle plus modeste de 5 % jusqu'en 1989. Il a été, cependant, décidé, en décembre 1990, de maintenir ce rythme d'accroissement jusqu'en 1994.

Le plan spatial européen à long terme prévoyait de consacrer aux programmes scientifiques 9,7 % du budget de l'ASE de 1992 à 2005, ce qui est assez proche des 10 % considérés comme souhaitables (il s'agit cependant de totaux qui incluent les lancements mais excluent les instruments ce qui rend difficiles les comparaisons, notamment avec la NASA qui suit des règles inverses).

Selon les informations parues dans la presse, la décision prise à Munich de diminuer le budget de l'ASE de 5 % en 1992 n'affectera pas le programme horizon 2000.

À partir de l'analyse des annexes 3.2 et 3.3 du rapport d'expertise de Mme PRADERIE (récapitulation des projets approuvés et à l'étude) plusieurs constatations principales peuvent être faites qui révèlent :

- une prédominance persistante de la NASA dans l'observation de l'univers depuis l'espace mais une tendance au développement de la coopération internationale ;

- la prolifération des missions dans le domaine des rayons X ;
- le faible nombre des propositions de l'ASE (trois sur dix-huit dont deux en coopération avec la NASA), concernant l'étude à la fin du siècle et au-delà, du Soleil, du système solaire, et de la géophysique externe (annexe 3.3.2. : Observatoires et sondes non encore approuvés).

Les conclusions qui peuvent en être tirées sont les suivantes :

- une meilleure coordination des missions est nécessaire au niveau international et aussi entre l'ASE et les agences nationales (particulièrement en ce qui concerne les rayons X) ;

- l'ASE n'a pas des moyens équivalents à ceux de la NASA, il est donc normal que son rôle ne soit pas aussi important. Elle doit, en conséquence, recourir davantage à la coopération internationale ;

- l'ASE doit s'assurer du caractère suffisamment prospectif de sa démarche scientifique en matière d'exploration du système solaire.

#### *1.2.1.5. Participation de la France à l'effort européen*

La France finance, à proportion de son PNB, environ 18 % du programme scientifique de l'ASE (alors que sa participation au total des dépenses de l'agence est d'environ 30 %).

Cette contribution a représenté 288 MF en 1991, soit 2,9 % du budget du CNES.

Il a été montré, à partir des analyses du rapport de Mme PRADERIE, qu'il faut ajouter à cette somme les dépenses liées au développement d'instruments scientifiques embarqués dans les satellites de l'agence européenne.

Il a été souligné, à cette occasion, que la part française des contrats correspondants semble insuffisante en comparaison de celle d'autres pays.

Les industriels français sont néanmoins assez expérimentés pour être souvent désignés comme maîtres d'oeuvre. Mme PRADERIE cite, par exemple, Matra, à propos du satellite SOHO et Aérospatiale pour ISO et pour la sonde HUYGENS de rentrée dans l'atmosphère de TITAN.

Il convient de signaler, par ailleurs, qu'il existe, à côté de la participation française aux programmes obligatoires, une coopération scientifique bilatérale entre la France et l'ASE.

Cette coopération a porté, en 1991, sur des sous-systèmes embarqués sur le satellite ISO<sup>1</sup>, qui doit être lancé en 1993, ainsi que sur le développement de l'instrumentation destinée à l'astronomie submillimétrique du télescope spatial FIRST et sur l'exploitation des données de la mission HIPPARCOS. Les dépenses correspondantes se sont montées à 77 MF en 1991.

## 1.2.2. Les coopérations bilatérales françaises

### 1.2.2.1. Des relations privilégiées avec l'URSS

La coopération avec l'Union soviétique a toujours été privilégiée dans les relations scientifiques bilatérales de la France en matière spatiale.

Malgré son coût très faible (59 MF en 1991) elle, a, en effet, permis à notre pays d'engranger une abondante moisson de résultats scientifiques de grande valeur.

On peut citer notamment :

- Le remarquable succès de la mission GRANAT d'étude des sources gamma galactiques et extragalactiques, grâce au télescope français SIGMA<sup>2</sup>, destiné à l'observation des rayonnements cosmiques de très haute énergie, avant la panne de son système d'alimentation.

Mais le protocole général de la dernière réunion franco-soviétique sur la coopération spatiale entre les deux pays traduit une évolution du contexte financier dans lequel vont se situer désormais leurs relations.

Il y est, en effet, question des difficultés éprouvées par la partie soviétique pour assurer la continuité de l'exploitation des données des satellites GAMMA 1 et GRANAT. La France et l'URSS ne sont pas, par ailleurs, en mesure de prendre une décision d'engagement du projet GRANAT 2 avant la fin de 1992.

1. Interféromètre SPECTRO ISO ; caméra CAMISOLE.

2. SIGMA : système d'imagerie gamma à masque aléatoire, réalisé avec la collaboration du CEA qui a fourni la caméra à rayons gamma du télescope.

PHEBUS : spectroscopie permettant de mesurer les sursauts gamma.

Le financement complet du projet Mars 94/96 a, en revanche, été obtenu pour 1991 mais les deux parties estiment la signature d'un accord indispensable à la poursuite des travaux en cours, au-delà du court terme, compte tenu du changement de la situation en URSS. La France doit participer au total, dans le cadre de ce projet, à onze expériences ou instruments scientifiques concernant notamment les plates-formes pointées de l'orbiteur, les petites stations au sol, la navigation et la localisation des modules de surface et, surtout, le ballon largué à la surface de la planète.

Ce ballon<sup>1</sup> de 42 mètres de haut et de 12 mètres de diamètre, gonflé à l'hélium, devrait être réalisé en commun avec les Soviétiques. Comme l'a souligné, auprès de M. VALADE<sup>2</sup>, le Directeur Général du Centre Lavochkine, ce sera la première fois que l'URSS réalisera un aérostat en collaboration avec un autre pays.

Ainsi que Mme PRADERIE l'a fait remarquer dans son rapport d'expertise, le programme ballon français est le plus important d'Europe et il s'agit véritablement d'un domaine d'excellence de notre pays.

Concernant le projet INTERBALL d'étude des relations entre le vent solaire, la magnétosphère et l'ionosphère, la préparation des expériences françaises embarquées sur les trois satellites soviétiques se poursuit mais des difficultés sont apparues dans la mise au point d'équipements hongrois et bulgares (magnétomètre).

La France insiste pour que le lancement ait lieu avant la fin de 1992.

#### *1.2.2.2. La coopération avec la NASA*

En même temps qu'elle participe au projet soviétique Mars 94/96 qui vient d'être évoqué, la France est associée à la préparation de deux expériences à bord du satellite MARS OBSERVER qui doit être placé en orbite autour de Mars à l'automne 1992.

Ces deux expériences portent l'une sur la détermination des propriétés magnétiques de la planète et l'autre sur l'étude de son champ de gravité.

1. La configuration retenue est celle d'un ballon cylindrique, équipé d'une corde creuse contenant des équipements scientifiques (radar basse fréquence, détecteur gamma).

2. Le Sénateur VALADE, membre de l'Office, s'est rendu à Moscou, du 1er au 10 avril 1991, pour évaluer la nouvelle offre soviétique de coopération scientifique et technique en matière spatiale. Il a eu l'obligeance de communiquer à votre rapporteur le compte rendu de ses entretiens.

La France participe, par ailleurs, à deux expériences d'étude de l'environnement ionisé cométaire, dans le cadre de la mission américaine CRAF<sup>1</sup> de rendez-vous avec un noyau cométaire dont le lancement est prévu en 1996.

\*

\*           \*

En retirant au budget scientifique du CNES, ce qui a trait à l'observation de la terre (et notamment les crédits de TOPEX POSEIDON), il apparaît que l'effort financier français en faveur des sciences de l'univers est relativement modeste en proportion du total de la subvention de l'Etat à l'établissement (de l'ordre de 6 %).

Bien sûr, les sommes en cause sont néanmoins loin d'être négligeables en valeur absolue (environ 500 MF en 1991), compte tenu de l'importance globale de la dotation du CNES (plus de 8 milliards de francs). Mais l'effort allemand est largement supérieur au nôtre, or les programmes scientifiques sont un moteur du développement des technologies spatiales.

L'analyse des annexes du rapport de Mme PRADERIE confirme, par ailleurs, que la France privilégie l'ASE, sur le plan multilatéral, et l'URSS, sur le plan bilatéral, alors que les coopérations des autres pays européens sont plus variées.

Compte tenu des problèmes financiers et politiques de l'URSS, devons-nous réorienter notre politique ou, au contraire, entraîner l'Europe sur notre voie ?

1. CRAF : Comet Rendez-vous Asteroid Flyby.

### 1.3. PROGRAMMES D'OBSERVATION DE LA TERRE

L'observation spatiale de la terre a pour objet de **comprendre** l'évolution de notre environnement pour mieux pouvoir la **prévoir**, et de la **prévoir** pour mieux essayer de la contrôler.

Il s'agit donc de comprendre pour prévoir et de prévoir pour agir :

- **comprendre**, pour pouvoir les prévoir, à la fois les effets des phénomènes naturels<sup>1</sup> sur les activités humaines (météorologie...) et les effets des activités humaines sur la nature (étude de l'évolution de la composition de l'atmosphère et de ses interactions avec l'océan et la biosphère...);

- **prévoir** pour pouvoir agir plus efficacement afin de préserver notre environnement par des mesures à la fois préventives, adaptatives ou curatives (telles que la mise en oeuvre, par exemple, d'une politique tendant à la diminution des émissions polluantes de gaz carbonique ou de CFC...).

Deux principaux types de services peuvent être fournis par les activités spatiales d'observation de la terre :

- une facilitation de la gestion des ressources terrestres ;
- une amélioration des connaissances scientifiques relatives à l'atmosphère, au climat et à la terre solide.

Les données correspondantes peuvent être distribuées soit de façon commerciale, soit selon un mode de service public.

Les enjeux de l'observation spatiale de la terre ont une dimension planétaire et une nature à la fois écologique, économique et politique.

Les données fournies par les moyens spatiaux constituent, à cet égard, une aide à la décision fondamentale.

D'un point de vue technique, l'Europe vient d'effectuer avec le satellite ERS 1 une percée dans le domaine de l'observation radar.

La France, pour sa part, a fait la preuve de son excellence dans le domaine tout d'abord de la météorologie, avec le programme **MÉTÉOSAT** maintenant européenisé, puis avec le programme **SPOT**

1. Même les programmes de connaissance de la terre solide, dont l'objet semble a priori très spéculatif, pourraient avoir un jour des applications opérationnelles (prévision des tremblements de terre, des éruptions volcaniques...).

d'imagerie optique à haute résolution. Elle dispose, avec la ville de Toulouse, d'un pôle d'expertise unique en Europe.

### 1.3.1. Les initiatives européennes

Face aux défis qui viennent d'être rappelés l'Europe a accru ses ambitions :

- sur le plan opérationnel comme sur le plan expérimental ;
- sur l'orbite géostationnaire comme sur l'orbite polaire.

Mais d'une façon qui peut sembler parfois un peu confuse et désordonnée et qui suscite, en conséquence, un jugement dans l'ensemble très critique de notre expert M. LEBEAU.

#### 1.3.1.1. Les *MÉTÉOSATS* de seconde génération

Eumetsat et l'ASE travaillent actuellement à la définition d'une nouvelle génération de satellites *MÉTÉOSATS* qui devraient être lancés à la fin de ce siècle.

Notre expert, M. LEBEAU, estime tout d'abord que la répartition des responsabilités, à cet égard, entre les deux institutions a besoin, rapidement, d'être mieux définie.

Il rappelle, d'autre part, qu'il convient «de se fixer pour règle d'avoir un saut qualitatif maîtrisé entre générations pour rester dans la limite des risques admissibles par les entités opérationnelles».

Une augmentation de 10 à 20 % du coût moyen annuel du programme résultant des améliorations liées au changement de génération lui paraît un ordre de grandeur raisonnable.

M. LEBEAU juge que la première proposition faite par l'ASE était trop ambitieuse pour un satellite à vocation opérationnelle, qu'elle aurait été exagérément coûteuse et comportait des risques d'échec technologique et de non respect des délais nécessaires pour assurer la continuité du service.

Le *MÉTÉOSAT* de deuxième génération demeurera donc stabilisé par rotation (encore que M. LEBEAU affirme, par ailleurs, que l'Aérospatiale serait capable de réaliser une plate-forme stabilisée trois axes). Son radiomètre disposera, cependant, du nombre maximum de canaux spectraux disponibles dans une telle

configuration et plusieurs améliorations seront apportées par rapport à la génération actuelle concernant :

- les délais de disponibilité des images (tous les quarts d'heure au lieu de toutes les demi heures) ;
- l'identification des nuages ;
- l'anticipation de phénomènes météorologiques dangereux grâce à des canaux de mesure de la stabilité atmosphérique...

Les difficultés actuelles de mise au point du satellite géostationnaire américain GOES NEXT justifient, selon M. LEBEAU, la prudence des choix technologiques européens.

### *1.3.1.2. Les projets sur l'orbite polaire*

En ce qui concerne l'orbite polaire, l'ASE propose :

- une mission scientifique de connaissance de la terre solide (programme ARISTOTELES) ;
- la mise en orbite d'un successeur d'ERS 1 ;
- un programme de plates-formes mi-expérimentales mi-opérationnelles.

#### **1.3.1.2.1. Le programme ARISTOTELES**

Le programme ARISTOTELES, qu'il est question maintenant de réaliser en coopération avec la NASA, sera consacré à l'étude physique de la terre solide au moyen d'instruments de mesure du champ de gravité (gradiométrie) et du champ magnétique (magnétomètres) de notre planète.

Il en résultera :

- une amélioration de nos connaissances sur la structure interne et superficielle du globe terrestre ;
- une détermination plus précise des orbites des satellites ;
- la détection de toute augmentation du niveau de la mer pouvant résulter de changements climatiques liés aux activités humaines (effet de serre).

Le satellite sera placé sur une orbite polaire relativement basse (environ 200 km).

#### 1.3.1.2.2. Le successeur d'ERS 1

En attendant le lancement, vers la fin de ce siècle, de la plate-forme polaire européenne, qui devrait emporter, entre autre, le même type d'instruments qu'ERS 1, il est prévu d'assurer la continuité des services de ce dernier, en le dotant d'un successeur, ERS 2, qui sera mis en orbite en 1994.

ERS 2 sera équipé, en outre, d'un instrument expérimental de surveillance de l'ozone à l'échelle du globe GOME, susceptible de concurrencer l'instrument américain TOMS déjà évoqué.

#### 1.3.1.2.3. Le projet critiquable de plate-forme polyvalente

L'ASE estime que pour mieux répondre aux objectifs fondamentaux de l'observation de la terre et compte tenu de la synergie qui se crée entre les différentes disciplines concernées, il est nécessaire de concevoir des missions plus ambitieuses recourant à un nombre d'instruments plus importants.

Elle prévoit donc de mener à bien une série de missions polaires au moyen de la plate-forme polaire COLUMBUS qui est en cours de mise au point.

Cette plate-forme, modulaire, aurait une durée de vie prévisionnelle de quatre ou cinq ans et une capacité d'emport de charge utile variant entre 1 t et 2,4 t.

Il est actuellement prévu de lancer la première plate-forme polaire européenne en 1997-1998 mais on en est encore à la phase de définition des missions.

Sur la base des travaux préparatoires en cours, on s'oriente vers un concept de plate-forme "polyvalente".

POEM-1, première mission européenne d'observation de la Terre sur orbite polaire poursuivrait ainsi simultanément un double objectif à la fois opérationnel (météorologie) et lié à la recherche (étude de l'atmosphère, des océans et des glaces).

Les instruments, de toutes sortes, embarqués pourraient être classés en trois grandes catégories :

- instruments de météorologie opérationnelle (sondeurs, imageurs, collecte de données) ;

- un ensemble dit "de grands instruments de base" comprenant à la fois ceux des satellites ERS (radar à synthèse d'ouverture, diffusiomètre, altimètre radar) et des instruments de chimie et d'observation de la couleur des océans ;

- enfin, un ensemble, dont la définition reste actuellement très floue, d'instruments destinés à compléter ceux des deux catégories précédentes (chimie, rayonnement, localisation).

Ces instruments complémentaires feront l'objet d'un avis d'offre de participation, puis d'une sélection.

Un programme préparatoire, tirant les leçons de l'exploitation des satellites actuels, est envisagé pour la détermination des missions des plates-formes ultérieures.

Une telle démarche programmatique a été unanimement qualifiée "d'aberrante" par les membres du groupe d'experts animé par M. LEBEAU.

Selon eux, ce concept de plate-forme "fourre-tout" traduit tout d'abord l'inadéquation des structures décisionnelles de l'ASE et encourt le triple reproche d'être tout à la fois techniquement inapproprié, anachronique et utopique.

- *Inadéquation des structures décisionnelles tout d'abord* : le développement et l'approvisionnement de la première plate-forme polaire et de sa charge utile sont gérés, en effet, par la Direction de l'Observation de la Terre, bien que la plate-forme elle-même entre dans le cadre du programme COLUMBUS.

Cette aberration (selon les termes de nos experts) résulte de ce qu'il avait été envisagé initialement que la plate-forme puisse être desservie par des astronautes (voir plus loin).

- *Concept techniquement inapproprié ensuite* :

M. LEBEAU rappelle que «la cohabitation sur un même véhicule d'instruments en trop grand nombre, remplissant des missions à finalités différentes, certaines opérationnelles, d'autres de recherche, est génératrice de conflits. Elle entraîne, par là même, des compromis en termes de charge utile et d'orbitographie, qui peuvent conduire à une dégradation de la finalité scientifique».

La difficulté de faire cohabiter différents types d'instruments est analysée par ailleurs dans le rapport de notre expert : hypertrophie

des fonctions de commande, contraintes orbitales contradictoires conduisant à de mauvais compromis ou à des changements de trajectoires inacceptables pour des satellites opérationnels, problèmes de compatibilité électromagnétique...

S'agissant de la maintenance des plates-formes, M. LEBEAU souligne que celle-ci, en l'état de la technique et à échéance prévisible, doit être assurée par le remplacement des satellites tombés en panne.

Il en ira ainsi tant qu'il ne sera pas possible de réparer et de ravitailler de façon économiquement viable les véhicules en orbite.

- *Concept anachronique*, l'idée de grandes plates-formes polaires multi-missions d'observation de la terre date du début des années quatre-vingt. Elle est très critiquée par la communauté scientifique internationale et va à rebours de l'évolution constatée aux Etats-Unis où - comme cela a déjà été souligné - il vient d'être décidé de scinder en dix-huit plates-formes moyennes les six énormes plates-formes EOS (Earth Observing System) initialement envisagées. Par ailleurs, les Américains doivent avoir recours à de petits satellites complémentaires d'observation de la terre, les "earth probes".

Comme le fait remarquer M. LEBEAU, ce concept de grosses plates-formes «tous les oeufs dans le même panier» est ainsi un résidu des projets du début de la précédente décennie qui prévoient que les observatoires seraient visités et entretenus par des astronautes, les instruments pouvant être réparés ou remplacés en tant que de besoins.

«Née dans les cercles de la NASA - écrit M. LEBEAU - l'idée a migré, par un phénomène habituel de fascination pour les conceptions américaines, vers les milieux de l'ASE où elle a engendré la plate-forme COLUMBUS. Lorsque la desserte s'est révélée impossible, on est passé, pour quelque temps, à l'idée d'une desserte robotique, non moins hors de portée des techniques disponibles, pour se rabattre en définitive sur un projet qui n'est rien d'autre qu'un gros satellite conventionnel»

- *Concept utopique*, l'idée de grosse plate-forme polaire dérive ainsi de celle de plate-forme desservie. Or, celle-ci n'est pas viable pour des raisons qu'explique M. LEBEAU qui tiennent :

- aux orbites peu accessibles aux vols habités que privilégie l'observation de la terre ;

- à l'absence de moyens de lancement et de desserte adaptés ;

- à la difficulté de mettre au point de tels moyens d'intervention (dont la rentabilité, au demeurant, ne serait pas évidente).

Au total, M. LEBEAU estime qu' «on ne peut, certes, exclure que la mise au point de techniques du vol habité en orbite de faible inclinaison permette, à l'horizon de plusieurs décennies, une transposition aux orbites polaires ; mais il s'agit là d'une perspective lointaine, incertaine, et qui ne saurait avoir, dans l'immédiat, aucune incidence sur la conception des programmes d'observation.»

Notre expert en conclut que «le concept de plate-forme desservie en orbite polaire utilisée à des fins opérationnelles est aujourd'hui une dangereuse utopie».

En conséquence, M. LEBEAU recommande :

- de trouver un mécanisme institutionnel qui permette que les décisions soient prises en terme de priorités scientifiques et non uniquement en termes de compromis politico-technologiques ;

- de suivre une démarche logique de conception d'un programme à partir d'une mission, excluant les missions composites ;

- de mettre en oeuvre une procédure de remplacement d'éléments défailants, propre à assurer la continuité du service opérationnel en cas de panne (ce qui conduit également à écarter les charges utiles composites combinant sans précaution les fonctions expérimentales et opérationnelles).

Dans cet esprit, l'ASE propose qu'une plate-forme réduite comprenant les instruments opérationnels et prise en charge par Eumetsat soit prête à être lancée, en tant que de besoin, dix-huit mois après la mise en orbite de la première grosse plate-forme.

Une des bases du raisonnement qui a conduit l'ASE à concevoir de grands projets multi-missions est la recherche d'une diminution du poids des coûts fixes (lancements, plates-formes...).

Or, M. LEBEAU fait remarquer que le coût d'un programme est inversement proportionnel à la durée de vie moyenne des satellites qui tend à diminuer quand leur complexité s'accroît.

Le concept de grosse plate-forme n'a donc - d'après notre expert - d'intérêt indiscutable que lorsqu'il s'agit de faire voler un certain nombre d'instruments une seule fois, à titre de démonstration, auquel cas le regroupement sur une plate-forme unique, avec un seul lancement, diminue effectivement le coût.

Mais le problème du passage de l'expérimentation au stade opérationnel reste alors entier, ainsi que celui, déjà évoqué, de la cohabitation d'instruments aux exigences différentes.

### 1.3.1.3. Les urgences non satisfaites

La communauté scientifique associée, en la personne de MM. MÉGIE et LEFÈVRE, au groupe de travail de M. LEBEAU, a insisté sur l'urgence de certaines missions d'étude qu'il serait souhaitable et possible de remplir avant le lancement des plateformes polaires européennes.

Il s'agit, en ce qui concerne l'observation des équilibres chimiques de l'atmosphère :

- d'assurer la transition entre le satellite américain UARS (Upper Atmospheric Research Satellite) et la plate-forme européenne ;

- de compléter les missions de ce satellite.

UARS présente, en effet, deux lacunes majeures, il ne permet pas d'étudier les phénomènes troposphériques et les causes du trou d'ozone antarctique (avant la découverte duquel il a été conçu...).

Il doit, d'autre part, cesser de fonctionner en 1994.

Or, les instruments qui permettraient à la fois d'assurer la succession d'UARS et de compléter la mesure des constituants mineurs de la stratosphère, et surtout de la troposphère, sont disponibles.

Dans ces conditions, le rapport de M. LEBEAU recommande *in fine* d'établir une distinction claire, en ce qui concerne l'orbite polaire, entre la branche opérationnelle et la branche expérimentale qui devrait relever d'un nouveau programme obligatoire de l'ASE.

Cette position correspond à celle de la France qui propose de distinguer deux charges utiles embarquées sur deux satellites différents :

- un satellite à vocation opérationnelle embarquerait la charge utile météorologique opérationnelle et des instruments scientifiques éprouvés procurant des mesures dont le besoin de continuité est soit déjà établi, soit quasi certain (diffusiomètre et altimètre pour l'océanographie physique, instruments de mesure du bilan radiatif mondial) ;

- un autre satellite, à vocation expérimentale, serait dédié à l'étude de l'environnement global (atmosphère, surface océanique et terrestre).

En l'absence de contrainte de continuité, la charge utile pourrait être redéfinie à chaque nouvelle génération<sup>1</sup>.

### 1.3.2. Les initiatives françaises

#### 1.3.2.1. La préparation des satellites SPOTS de prochaine génération

SPOT 3, à peu près identique à SPOT 2, doit être livré en juin 1991 pour un lancement prévu en mars 1993.

Les années 1989 et 1990 ont été marquées par le démarrage, puis la poursuite des phases de développement et de réalisation du programme SPOT 4 (en parallèle avec le programme HÉLIOS de satellite militaire de reconnaissance).

Les contrats correspondants, négociés avec le maître d'oeuvre Matra, ont été conclus au début de 1990.

SPOT 4 doit être équipé, comme HÉLIOS, de nouveaux enregistreurs magnétiques français de capacité accrue.

Une charge utile complémentaire de prise de vue à grand champ Végétation, non prévue par le programme initial, pourrait être développée dans un cadre européen.

Pour la génération suivante, les études de mission réalisées aussi bien en France qu'en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis font apparaître le besoin :

- d'une résolution au sol accrue (de l'ordre de 3 à 5 mètres) ;

- et d'une capacité de couverture stéréoscopique instantanée<sup>2</sup> qui n'existe pas sur les satellites SPOT 1 à 4, ce qui limite fortement le développement des applications faisant appel à la connaissance du relief (simulations de survol à basse altitude, travaux publics, etc.).

Un tel système d'observation de nouvelle génération est actuellement en phase d'étude et devrait faire l'objet d'un engagement financier dès 1993 afin d'être disponible en 1998-1999 pour prendre le relais des SPOTS précédents.

1. La première charge utile comporterait :
  - des sondes d'atmosphère (instruments de visée au nadir ou au limbe (spectromètres ultraviolet, visible, infrarouge et micro-ondes) ;
  - des spectro-imageurs visibles et infrarouges à moyenne résolution spatiale (observation de la surface de la terre et des océans).
2. C'est-à-dire au cours d'un même passage du satellite sur une zone.

Compte tenu du développement du marché SPOT actuel, un autofinancement partiel du programme pourrait être envisagé<sup>1</sup>, selon le Président Directeur Général de Spot Image, M. BRACHET, qui souhaite l'entrée dans le capital de sa société de nouveaux actionnaires français et européens.

### *1.3.2.2. Les projets nationaux de satellites d'étude de l'environnement*

Le projet GLOBSAT est un intéressant projet d'étude de l'environnement global, à caractère interdisciplinaire (il concerne à la fois les courants océaniques, la chimie atmosphérique, les interactions entre la stratosphère et la troposphère, la biosphère et les écosystèmes terrestres...).

Il peut être considéré comme un précurseur de la plate-forme polaire européenne et aussi comme un satellite intermédiaire entre cette dernière et le satellite américain UARS actuellement en orbite (le besoin d'assurer une transition entre UARS et la plate-forme européenne a déjà été évoqué).

M. Gérard MÉGIE, du CNRS, par ailleurs associé à la rédaction du rapport de M. LEBEAU, et M. CRUTZEN du Max Planck Institute ont eu l'excellente idée de créer un groupe de travail pour étudier la possibilité de fusionner le programme GLOBSAT et le programme allemand ATMOS (ATMOS et GLOBSAT ont, en effet, beaucoup d'objectifs scientifiques communs mais l'avenir du satellite allemand n'a pas paru tout à fait assuré à votre rapporteur, pour des raisons budgétaires, lors de la mission qu'il a effectuée en Allemagne).

D'autre part, l'étude de définition du projet BEST (Bilan énergétique du système tropical) est entrée, en 1990, dans une phase active. Seuls les moyens spatiaux sont susceptibles de permettre de mesurer les variables indispensables à la quantification des échanges d'énergie qui constituent le moteur de la dynamique atmosphérique dans les régions tropicales.

Une approche quantitative du cycle de l'eau est, par ailleurs, indispensable car il s'agit aussi d'un moteur principal du climat.

Le projet BEST permettra de développer les instruments correspondant à cette priorité<sup>2</sup>.

1. Autofinancement, par exemple, à hauteur du coût d'un satellite SPOT récurrent, la puissance publique ne conservant à sa charge que le coût des nouveaux développements nécessaires à l'amélioration des performances.

2. - Lidar Doppler de mesure du vent (pour l'étude des transports de vapeur d'eau);  
- Radar précipitations;  
- Lidar Dial destiné à la mesure du profil de vapeur d'eau.

### 1.3.2.3. Le développement de nouveaux instruments

- Les techniques de positionnement précis ont une grande importance pour la collecte de données liées à la surveillance de l'environnement (localisation) et pour l'étude des courants océaniques et de la terre solide (altimétrie).

Il s'agit dans les deux cas de contributions majeures de l'espace à l'observation de la terre :

- concernant la localisation, le système ARGOS, embarqué sur les plates-formes polaires de la NOAA fonctionne maintenant sans interruption depuis dix ans. Nos experts n'excluent pas, cependant, le recours, à terme, à des solutions non spécifiques tel que le système GPS dont la banalisation et la miniaturisation des récepteurs pourraient être source d'économies d'échelles et qui a l'avantage de fonctionner en permanence ;

- s'agissant de la connaissance de la terre solide, le système DORIS, embarqué comme passager de SPOT 2, en janvier 1990, a répondu à tous les espoirs placés en lui en orbitographie (précision de 10 cm) et en positionnement.

Ces performances ont permis l'amélioration de la détermination du champ de gravité de la Terre.

Les instruments DORIS de positionnement doivent également être des passagers du satellite TOPEX de la NASA ainsi que l'altimètre radar POSEIDON, lui aussi développé par la France.

- TOPEX-POSEIDON est un satellite destiné à l'étude des océans, domaine dans lequel les techniques de positionnement précis jouent également un rôle majeur, en particulier, les systèmes altimétriques tendant à mesurer la surface océanique et les variations du niveau de la mer.

«L'altimétrie satellitaire - notent nos experts - est la seule technique permettant d'estimer de façon synoptique, à l'échelle de la centaine de kilomètres, et continue, les champs de courant de surface des océans».

- Les principaux autres instruments en cours de développement sont :

- le radiomètre à balayage destiné à l'étude du bilan radiatif de la Terre (Sca RaB), placé à bord du satellite soviétique MÉTÉOR 3 dont le lancement, initialement prévu, en 1991, a été repoussé à 1993 ;

• des lidars tel que celui qui devrait être utilisé à bord de la station MIR, dans le cadre du projet ALISSA, pour l'étude altimétrique des nuages ou tel que celui qui fait l'objet du programme LASE (Lidar Atmospheric Sounding Experiment).

L'utilisation d'un LIDAR depuis l'espace, à partir de la station MIR, constituera une première en Europe.

Quant au programme LASE, il prévoit des expériences embarquées sur avion stratosphérique de la NASA.

\*

\* \* \*

Au terme de cette analyse des ambitions européennes en matière d'observation de la terre, votre rapporteur souscrit aux recommandations émises par l'expert de l'Office, M. LEBEAU.

Il demande donc au gouvernement français de préconiser au sein du Conseil ministériel de l'Agence :

- le réexamen du concept de grosse plate-forme multimissions ;
- le découplage des missions opérationnelles, ou exigeant des mesures continues, et des autres missions expérimentales ;
- le lancement éventuel avant 1998 d'un satellite d'étude de l'environnement global (qui pourrait être le résultat d'une européanisation des projets GLOBSAT et ATMOS fusionnés) ;
- la décision, en concertation avec Eumetsat, de remplacer, sur l'orbite polaire, le satellite météorologique du "matin" de la NOAA par un satellite opérationnel européen ;
- le regroupement au sein des structures de l'agence des responsabilités concernant la plate-forme et la charge utile du satellite polaire européen ;
- enfin, la promotion au rang de programme obligatoire de l'agence, de l'observation spatiale de la terre (il faut reconnaître que, sans cette mesure, la part de l'observation de la terre dans le budget de l'agence doit passer de 5,8 % en 1991 à 9,47 % sur la durée du plan spatial européen à long terme, c'est-à-dire de 1992 à 2005).

Il paraît nécessaire, d'autre part, de poursuivre l'effort de développement de nouveaux instruments :

- au niveau européen, face à la concurrence japonaise ;

- au niveau national, face à la concurrence allemande.

L'Europe doit également accroître le niveau de ses ambitions dans le domaine des télécommunications spatiales.

#### 1.4. LES PROGRAMMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES

Comme le souligne notre expert M. Marc GIGET «l'essentiel de la bataille industrielle et commerciale dans le domaine spatial se joue sur les télécommunications. Il s'agit de loin du plus grand marché d'application, qui pèse actuellement pratiquement autant que les marchés d'agences et qui est la partie la plus concurrentielle du marché».

«Compte tenu - estime-t-il - de l'évolution technologique rapide dans ce domaine et du champ encore très vaste d'application des télécommunications spatiales, les besoins de R & D de l'industrie européenne (au sein de laquelle la France est leader) restent très importants».

«Un désengagement des agences dans ce domaine - poursuit-il - serait très grave, car il n'existe actuellement pratiquement pas de financement alternatif pour l'industrie européenne, contrairement à l'industrie américaine, qui bénéficie d'un support militaire considérable, et à l'industrie japonaise qui s'étend à partir de positions dominantes dans l'électronique, les composants et les télécommunications terrestres».

Les programmes de télécommunications spatiales européens reflètent-ils une prise de conscience de cette situation ?

##### 1.4.1. Les programmes de l'ASE

###### 1.4.1.1. Présentation

L'agence spatiale européenne prévoit que les principaux domaines d'application des télécommunications spatiales seront à l'avenir les suivants :

- fourniture de services fixes, en complément ou comme alternative à des réseaux terrestres insuffisamment développés dans certains pays ;

- télédiffusion directe ou relayée par des réseaux câblés ;

- radiodiffusion sonore ;
- communications avec les mobiles ;
- liaisons intersatellites à des fins notamment de communication avec des véhicules spatiaux ou des infrastructures orbitales ou pour la transmission de données relatives à l'observation de la terre.

En conséquence, l'agence se donne pour mission :

- d'expérimenter des technologies et systèmes spatiaux de pointe ;
- de faire la démonstration et la promotion de nouvelles applications de l'espace ;
- de développer l'industrie des équipements de réception au sol et les services connexes ;
- de soutenir les activités de recherche et de développement préconcurrentielles susceptibles d'améliorer la compétitivité industrielle ;
- enfin, de doter l'infrastructure orbitale européenne de moyens de communication et de transmission de données appropriées.

Elle veut associer, autant que faire se peut, les exploitants et les utilisateurs à la mise en oeuvre des différents éléments de son programme qui comprend deux composantes, le développement de satellites, d'une part, et des actions de préparation et de soutien, d'autre part.

#### 1.4.1.1.1. Le programme de développement de satellites

D'ici 2005 sont prévus quatre satellites expérimentaux et un satellite opérationnel de relais de données DRS.

Les quatre programmes de satellites réalisés dans le cadre de missions de technologie et de démonstration sont dénommés :

- ARTEMIS (système de télécommunications géostationnaires de pointe) ;
- MINISAT (développement de petites plates-formes) ;

- ARCHIMÈDE (satellite défilant sur orbite elliptique à forte inclinaison) ;

- enfin, AOTS (satellite d'essais orbitaux d'avant-garde).

ARTÉMIS doit être lancé en 1995, MINISAT en 1996 et ARCHIMÈDE en 1998.

- ARTÉMIS comprendra des charges utiles de relais de données (optique et micro-ondes) ainsi qu'un système de communication avec les mobiles terrestres. Il pourrait être utilisé comme élément d'un réseau de relais de données opérationnel à l'issue d'une période d'expérimentation et de démonstration de trois ans.

- Le programme MINISAT prévoit la réalisation d'une plateforme relativement peu coûteuse, capable d'emporter diverses charges utiles potentielles et de fonctionner sur différentes orbites. Ce type de satellite, adapté à la fourniture de services de capacité relativement modeste, pourrait être lancé par ARIANE 5 à des prix très séduisants, pour résorber l'excédent de capacité d'emport disponible sur de nombreux vols.

M. BLACHIER estime, dans son rapport d'expertise, qu'il existe un créneau pour les mini-satellites géostationnaires. Votre rapporteur espère seulement qu'il n'y a pas de double emploi entre le programme de l'agence et l'effort d'Aérospatiale et d'Alcatel, signalé par notre expert, tendant à développer un satellite allégé dérivé du modèle SPACEBUS 100 A.

- La mission d'ARCHIMÈDE est d'évaluer et de promouvoir l'utilisation d'orbites elliptiques à forte inclinaison dans le domaine des télécommunications. Comme l'explique M. BLACHIER, ces orbites sont particulièrement intéressantes pour les pays nordiques. Elles sont également bien adaptées aux communications avec les mobiles terrestres<sup>1</sup>.

ARCHIMÈDE doit d'ailleurs emporter une charge utile du service mobile de télécommunications et une petite charge utile supplémentaire de navigation en plus de son système de radio-diffusion sonore.

1. Les satellites placés sur ce type d'orbite elliptique fortement inclinée sont des satellites défilants. Tournant dans le même sens que la terre, avec une période de douze heures (orbite Molnya) ou de vingt-quatre heures (orbite Toundra), ils peuvent rester pendant une longue durée, à leur apogée, au-dessus d'une région donnée.

Or les satellites géostationnaires ne sont plus utilisables au-delà de 70 ° Nord et les pays nordiques les voient sous une élévation très faible.

En outre, les satellites HIEO (Highly Inclined Elliptical Orbit) ont l'avantage d'être visibles des mobiles avec de fortes élévations permettant de réduire les effets de masque dus au relief, aux constructions, à la végétation...

- Le programme AOTS d'essais orbitaux d'avant garde reste encore assez vague. Il mettrait l'accent sur les plates-formes, après la priorité donnée au cours des années quatre-ving-dix aux charges utiles. Deux concepts sont envisagés : une grande plate-forme géostationnaire, orientée vers le Soleil et constituée de différents éléments assemblés en orbite ou bien un ensemble intégré de petites plates-formes autonomes. Les études de définition détaillées ne commenceront qu'en 1999.

- Concernant le satellite de relais de données DRS, le programme préparatoire, achevé en 1990, a permis de définir le système proposé et d'en lancer le développement.

Il s'agit non seulement d'améliorer l'utilisation de l'infrastructure orbitale européenne mais, plus généralement, de garantir l'autonomie de l'Europe dans les services de relais de données, tout en étudiant les possibilités de raccordement à d'autres réseaux similaires, dans le cadre d'une coopération internationale.

Le premier satellite de relais de données assurera le soutien de la plate-forme polaire en liaison avec ARTEMIS. Le deuxième complètera la capacité disponible en orbite au moment où devront être assurées les communications d'HERMÈS et du laboratoire autonome COLUMBUS.

#### 1.4.1.1.2. Le PSDE

Le PSDE (Payload and Spacecraft Development and Experimentation) est un programme souple de développement et d'expérimentation de charges utiles et de véhicules spatiaux.

Il tend, en concertation avec les industriels, à améliorer les plates-formes et équipements des satellites de télécommunications et à en réduire les coûts. C'est dans le cadre de ce programme que sera mise au point la charge utile du MINISAT lancé en 1996.

Il y est prévu aussi des activités relatives à la commercialisation de terminaux de systèmes de télécommunications spatiales au fur et à mesure du développement des marchés correspondants.

### 1.4.1.2. *Commentaire*

Plusieurs des orientations du programme de télécommunications spatiales de l'ASE, qui vient d'être décrit, paraissent intéressantes, en particulier les priorités données :

- aux liaisons intersatellites (ARTEMIS et DRS) ;
- aux communications avec les mobiles (ARCHIMÈDE qui fait suite au projet PRODAT de démonstration de liaison avec les véhicules routiers, les bateaux et les avions...).

Les liaisons intersatellites (micro-ondes ou optiques)<sup>1</sup> ont un caractère stratégique car elles intéressent à la fois les infrastructures orbitales et leurs véhicules de desserte et l'observation de la terre à des fins civiles ou militaires (transmission des données recueillies par un satellite défilant par l'intermédiaire d'un satellite géostationnaire).

Le marché des communications avec les mobiles représente également un potentiel commercial important, malgré la concurrence du téléphone cellulaire, pour les liaisons de longue distance ou dans des zones mal desservies par le réseau public terrestre.

Votre rapporteur ne dispose pas de suffisamment d'informations pour évaluer réellement le programme de télécommunications spatiales de l'ASE.

Compte tenu de l'importance des enjeux, il préconise qu'une telle évaluation soit confiée à un groupe d'experts, comme cela a été fait, en sciences de l'univers, avec le rapport PINKAU. Le groupe d'experts devrait comporter non seulement des techniciens (parmi lesquels des représentants des agences, des opérateurs et de l'industrie) mais aussi des économistes et des cadres commerciaux.

En attendant, il retire de sa brève analyse du programme européen, l'impression que l'effort de l'Europe n'est globalement pas à la hauteur de celui de nos concurrents, que certains objectifs restent assez vagues et que des lacunes subsistent.

- Les télécommunications spatiales ont représenté, en 1991, 9,8 % du budget de l'ASE soit environ 1,5 milliard de francs. Cette somme est loin d'être négligeable. Elle correspond même à plus du double du budget annuel de télécommunications de la NASA à la fin des années quatre-vingt (selon Euroconsult, les dépenses annuelles de

1. Notre expert M. BLANCHIER fait remarquer que :

- les liaisons intersatellites évitent les relais au sol et peuvent donc permettre de réduire l'investissement correspondant ;

- les liaisons optiques sont avantageuses pour les gros débits (le laser étant plus léger que les autres systèmes et permettant d'éliminer les enregistreuses tampons) mais elles sont coûteuses.

l'agence américaine dans ce domaine ont été comprises entre 90 et 100 millions de dollars, de 1986 à 1989, soit 500 à 600 MF environ).

Mais il faut ajouter aux dépenses civiles de R & D américaines les dépenses militaires qui, en 1991, se sont montées à 823 millions de dollars, soit à peu près 5 milliards de francs.

Il convient également de tenir compte de la nécessité d'un effort particulier de rattrapage, en raison de l'avance que les Américains ont acquise grâce aux programmes militaires et à des programmes civils ambitieux, tels que le satellite relais TDRS qui aura coûté au total 3 milliards de dollars ou le programme de satellite technologique ACTS (Advanced Communications Technologies Satellite) d'un coût global de 500 millions de dollars.

Dans le plan spatial à long terme de l'ASE, il est prévu que la part des télécommunications atteigne 10,1 % du total de ses dépenses. L'Agence tente, par ailleurs, de faire contribuer les entreprises privées au financement de ses dépenses de R & D.

- L'effort européen de financement de la R & D dans le domaine des télécommunications spatiales peut donc sembler insuffisant. Les objectifs de certains programmes paraissent, par ailleurs, un peu vagues à votre rapporteur (peut-être par manque d'information), notamment en ce qui concerne les charges utiles des MINISATS, le programme AOTS (satellites d'essais orbitaux d'avant garde) ou le PSDE (développement et expérimentation de charges utiles et de véhicules spatiaux).

- Enfin, votre rapporteur ne voit pas se dessiner de réelle stratégie globale européenne, en matière de télécommunications spatiales, à la lecture des documents de l'ASE dont il dispose.

Il lui paraît indispensable d'établir une hiérarchie des urgences et des priorités et de préciser les principaux choix technologiques qui doivent être faits.

Parmi les missions que s'est fixée l'agence, il lui semble nécessaire de privilégier, dans l'ordre des urgences, celles qui ont trait au soutien des activités de recherche et de développement préconcurrentielles susceptibles d'améliorer la compétitivité industrielle.

Par ailleurs, les différentes options possibles en matière de technologies spatiales lui paraissent devoir être dégagées afin de préparer les décisions et de définir la stratégie qui semble faire défaut, par exemple :

- le choix entre satellite transparent et traitement à bord ;

- le type de traitement à bord (avec ou sans démodulation) ;
- des modes de numérisation des transmissions dans les services de téléphonie (répartition dans le temps ou répartition en fréquences, techniques de concentration de la parole).

Enfin, les programmes de l'agence paraissent présenter certaines lacunes :

- la plus importante concerne les antennes (antennes multifaisceaux, reconfigurables, actives, pureté de polarisation et pointages fins...);

- mais il y a aussi, ce qui a trait à la recherche d'une utilisation plus efficace du spectre de fréquences (optimisation des techniques de transmission, montées en fréquences, réutilisation de fréquences...);

- enfin, si le problème des liaisons avec les mobiles fait l'objet d'une attention particulière celui des communications entre les mobiles est-il suffisamment étudié ?

Dans ses conclusions, notre expert M. BLANCHIER évoque également d'autres problèmes tels que :

- l'optimisation du couple satellite-station (celle-ci est liée aux possibilités de traitement à bord et de liaisons intersatellites mais le problème se pose aussi en matière de télédiffusion directe<sup>1</sup>).

M. BLANCHIER suggère de mettre en oeuvre rapidement un programme pré-opérationnel européen relatif aux communications entre les mobiles (liaisons entre satellites défilants et réception au sol avec des équipements portatifs).

Comme cela a déjà été souligné, un effort particulier paraît également indispensable en ce qui concerne :

- les composants (technologies numériques et hyperfréquences) ;
- les petites installations de réception au sol pour la télévision (TVRO) et les réseaux d'affaires (VSAT).

1. Ce problème sera abordé dans un prochain rapport de l'Office sur la Télévision à haute définition numérique.

Les satellites de diffusion directe étant transparents, les problèmes de transmission concernent essentiellement :

le délai du passage de technologies analogiques à des technologies entièrement numériques (avec des possibilités de compression de débits impressionnantes, liées à la qualité des algorithmes de codage et à la disponibilité des puces correspondantes).

- La définition de normes permettant de minimiser les coûts des investissements au sol pour la production, la diffusion et la réception.

## 1.4.2. La dispersion des efforts nationaux

### 1.4.2.1. Les programmes français

En France, TELECOM 1 sera bientôt remplacé par TELECOM 2, qui sert à la fois à des applications civiles, et à des applications militaires qui seront traitées dans une autre partie de ce rapport.

Les applications civiles concernent :

- les liaisons avec les départements et territoires d'outre-Mer pour lesquelles la bande C est utilisé ;
- les services de diffusion de programmes de télévision et de radio qui mobilisent, en fait, la majeure partie des capacités du satellite ;
- enfin, la transmission de données à haut débit qui, à l'origine, devait représenter une des missions majeures du programme TELECOM 1.

Selon M. BLACHIER une conception insuffisamment décentralisée du réseau de stations de réception n'a pas permis d'offrir ce service aux entreprises à un prix attrayant (les stations au sol, trop peu nombreuses, étaient importantes et coûteuses, des antennes de 3,50 m étaient nécessaires, les interfaces avec les réseaux terrestres étaient complexes...).

La multiplicité des services rendus par TELECOM 2 et le recours pour chacune de ses missions à des bandes de fréquences différentes, qui pose de délicats problèmes de coordination<sup>1</sup>, en font un instrument complexe, témoignant du niveau de maîtrise technologique atteint par notre pays.

La charge utile des satellites TELECOM 2 est réalisée, comme celle des TELECOM 1, par Matra et Alcatel Espace.

Le coût du programme TELECOM 2 sera de 7 milliards de francs (contre 2,3 milliards pour TELECOM 1), France Télécom en prendra 60 % à sa charge et la Délégation Générale à l'Armement 40 %.

Les caractéristiques de la génération suivante des TELECOM 3 sont en cours de définition. Ces satellites pourraient ne pas emporter de charge utile militaire, si la coopération européenne dans ce

1. - bande C pour les DOM-TOM ;  
- bande X pour la charge utile militaire ;  
- bande Ku pour les services métropolitains.  
La coordination des fréquences se fait par démultiplexage-multiplexage.

domaine aboutit à la conception et au lancement de satellites spécifiques.

Les progrès attendus devraient porter essentiellement - selon France Télécom - sur l'amélioration des composants et des équipements, pour lesquels des qualifications à terre paraissent constituer une meilleure approche que le concept de satellite expérimental.

La Direction des Relations Industrielles de France Télécom passe, sous le contrôle technique du CNET (Centre national d'études des télécommunications) des marchés d'études sur les domaines paraissant les plus prometteurs pour les futurs systèmes de télécommunications par satellite.

Les chiffres qui nous ont été communiqués par l'exploitant public font état pour 1991 de :

- 60 MF pour le matériel embarqué (tubes de puissance, utilisation de la bande Ka, antennes, traitement à bord, filtres...);
- 13 MF pour les stations terriennes (gestion de réseaux VSAT, promotion de la norme de télévision D2 MAC, amplificateurs, terminaux INMARSAT-C<sup>1</sup>...).

Il convient d'y ajouter les crédits consacrés, par ailleurs, aux recherches sur les composants<sup>2</sup>, dont une partie s'insère dans le programme de recherche et technologie du CNES, qui comporte aussi une ligne "radiocommunications" dotée de 24 MF en 1991.

Ces sommes peuvent paraître faibles (mis à part l'effort conséquent de la DGA sur les composants hyperfréquences), au regard des défis technologiques et commerciaux à relever, cependant :

- l'ampleur des enjeux justifie une action menée au niveau européen plutôt que dans un cadre national ;

- d'autre part, le Directeur Général de France Télécom, M. ROULET, a souligné, lors de l'entretien qu'il a eu avec votre rapporteur, quelle avait été, dans le passé, l'importance de la contribution de l'opérateur public au financement des activités du CNES et quelles étaient désormais ses contraintes.

Le budget annexe des Postes et Télécommunications qui finançait directement le CNES et le développement de la filière électronique, a été supprimé en 1990.

1. Petits terminaux pour des services maritimes et terrestres de messagerie.  
 2. programme de recherche et technologie du CNES : 35 MF en 1990 ;  
 programme PACEO, déjà évoqué, de la DGA : environ 500 MF par an.

Mais en vertu d'une disposition de l'article 19 de la loi statutaire du 2 juillet 1990, un prélèvement sur les ressources de France Télécom continue à être opéré, à titre transitoire, au profit de l'Etat jusqu'en 1993.

Sur les 14,5 milliards de francs ainsi prélevés en 1991, que l'opérateur public considère, à juste titre, comme une charge, 6,4 milliards de francs ont été versés au CNES.

Ces dépenses, ainsi que celles liées au développement de la filière électronique, seront donc financées, à partir de 1994, par le budget de l'Etat. Le montant des impôts et des dividendes payés par l'exploitant à son tuteur sera-t-il aussi élevé que celui du prélèvement antérieur ?

D'ici là, cette ponction - comme le souligne le député Alain BONNET dans son rapport sur le budget des Postes et Télécommunications pour 1992 - contrarie les efforts de désendettement de France Télécom<sup>1</sup> et l'empêche de faire bénéficier les usagers de ses gains de productivité.

Les relations entre le CNES et France Télécom, que l'affaire Locstar, déjà évoquée, avait contribué à dégrader, sont en voie d'amélioration.

Il subsiste, toutefois, un problème de répartition des compétences entre les deux institutions en matière de télécommunications spatiales.

Une concertation entre elles est pourtant indispensable :

- France Télécom a un avis à donner dans la définition des missions expérimentales qu'il revient au CNES de mettre en oeuvre ;

- le CNES peut faire bénéficier France Télécom de ses conseils, en collaboration avec le CNET, pour la conception, la réalisation et l'exploitation des satellites opérationnels.

S'agissant de télédiffusion par satellite, votre rapporteur approuve tout à fait les conclusions du rapport rédigé par M. EYMERY à l'intention du Ministre des Postes, des Télécommunications et de l'Espace<sup>2</sup>.

Ce rapport recommandait de trouver une solution, dans un cadre européen, aux problèmes posés par la sécurisation des satellites TDF 1 et TDF 2 (à la suite de la panne de certains de leurs canaux) et

1. La dette de France Télécom en 1992 sera de 120 milliards de francs.

2. Rapport sur l'avenir de la télédiffusion par satellite de novembre 1990.

par la nécessité d'augmenter le nombre de chaînes de télévision directe par satellite.

Techniquement, M. EYMERY recommandait :

- d'utiliser à l'avenir des répéteurs de puissance inférieure (110 à 130 W) ;

- de ne pas laisser mettre en place un parc d'antennes de diamètre trop restreint pour assurer, à l'avenir, une suffisante qualité à la réception des signaux reçus en D2 MAC 16:9.

#### *1.4.2.2. Les autres programmes nationaux*

- Le système allemand KOPERNICKUS à deux satellites co-localisés est exploité par Deutsche Bundespost Telekom (DBT) depuis 1990.

Chaque satellite est équipé de onze répéteurs en bande Ku affectés à différents services (Télé et radiodiffusion, communications téléphoniques, réseaux d'entreprise VSAT, transmission de données...).

La charge utile inclut également un répéteur expérimental en bande Ka.

La maîtrise d'oeuvre a été confiée à un consortium d'entreprises allemandes (Siemens, MBB-Erno, ANT...), moins de 10 % des composants ayant été acquis en dehors du territoire national.

Les besoins en télécommunications de l'ex-RDA ont conduit :

- à la construction d'un troisième satellite à capacités augmentées qui devrait être lancé à la fin de 1992 ;

- à une déréglementation (levée de l'interdiction d'interconnexions aux réseaux publics terrestres limitée au trafic Ouest-Est) qui a contribué au développement de réseaux VSAT ;

- En ce qui concerne l'Italie, un premier satellite pré-opérationnel ITALSAT a été lancé en janvier 1991. Les caractéristiques de sa charge utile font appel à des techniques avancées de commutation à bord et supposent l'utilisation de hautes fréquences pour trois missions principales dont une expérimentale (propagation en 40/50 GHz) et les deux autres à vocation commerciale (téléphonie numérique et transmissions de données à haut débit,

d'une part, services spécialisés style vidéo-conférence, télévision, etc., d'autre part).

Le satellite a été développé à près de 80 % par l'industrie italienne sous la maîtrise d'oeuvre d'Alenia-Spazio, un second exemplaire a été commandé en 1990.

On peut citer aussi le projet espagnol HISPASAT (satellite polyvalent), le système expérimental suédois TÉLÉ X, etc.

\*

\*        \*

Une telle dispersion des efforts paraît attristante à votre rapporteur, d'autant plus que comme l'écrit notre expert M. Marc GIGET, «les positions de l'industrie européenne dans le domaine des satellites de télécommunications sont insuffisantes et encore très fragiles, avec une part significative du marché européen fourni par l'industrie américaine (ASTRA, BSB) et des positions très vulnérables à l'exportation».

À quoi rime-t-il, dans ces conditions, de mener des expériences chacun de son côté et de fabriquer des séries de plates-formes limitées à deux ou trois exemplaires ? Certes, les besoins des différents pays européens peuvent différer (couverture des DOM-TOM pour la France, de l'ex-RDA pour l'Allemagne, retard des réseaux téléphoniques terrestres italiens...). Mais votre rapporteur est persuadé que des solutions aux problèmes particuliers de chacun pourraient être recherchées en commun. Il regrette de ce point de vue qu'il n'y ait plus, au niveau de l'ASE, de projet pré-opérationnel unificateur comme l'était OTS et comme aurait pu l'être OLYMPUS.

L'inadéquation des programmes de recherche et développement des agences européennes aux besoins de l'industrie et du marché est citée comme un facteur défavorable à la compétitivité de l'Europe spatiale dans une étude réalisée par Euroconsult pour l'ESTEC<sup>1</sup>. Mais il y est souligné également qu'il ne faut pas confondre compétitivité technologique et compétitivité commerciale<sup>2</sup>. L'essentiel est d'être prêt à parer à toute éventuelle application commerciale d'une nouvelle technique.

Sont mis en cause également dans cette étude, les rivalités nationales, les insuffisantes économies d'échelle résultant de séries de plates-formes trop petites, et le nombre excessif de maîtres d'oeuvre...

1. ESTEC : Centre européen de recherche et de technologie spatiales.

2. Les besoins des marchés d'exportation, souligne l'étude, sont encore orientés plutôt vers l'utilisation de la bande C que vers celle de fréquences très élevées (bande Ku-Ku), ce qui défavorise l'Europe où 90 % des capacités installées correspondent à la bande Ku.

Comme votre rapporteur l'a déjà souligné, l'Europe ne peut pas se payer le luxe de se désunir.

De ce point de vue la tentative d'Eutelsat de constituer un système européen unifié de télédiffusion directe constitue un exemple d'objectif à se fixer.

Le système EUROPESAT proposé par l'organisation communautaire européenne consiste à assurer la couverture de l'Europe par trois satellites au moyen de faisceaux circulaires et elliptiques orientables.

Ces satellites seraient co-localisés grâce à un regroupement des positions orbitales réservées à chacun des pays concernés.

Quatre pays européens, dont la France, ont demandé le lancement d'un satellite pré-EUROPESAT vers 1993 pour compléter les capacités de leurs satellites actuellement en service (dont TDF et TVSAT...).

L'accroissement des ambitions européennes dans le domaine des télécommunications spatiales semble donc globalement insuffisant à votre rapporteur. Il ne lui paraît pas apte, en effet, à permettre à l'Europe de s'adapter aux évolutions du marché que rendent possibles les progrès de la technologie.

\*

\*        \*

Tout en consolidant ses acquis en matière de lanceurs et de satellites, l'Europe s'est fixée pour objectif de maîtriser les activités humaines dans l'espace.

## 2. LA CONQUÊTE PAR L'EUROPE DE SON AUTONOMIE EN MATIÈRE DE VOLS HABITÉS

Il paraît nécessaire d'insister une nouvelle fois, en introduction de cette partie du présent rapport, sur la cohérence des programmes ARIANE 5-HERMÈS et COLUMBUS.

S'il est possible de critiquer ces programmes et de remettre en cause leur finalité, il paraît difficile de les dissocier, mise à part ARIANE 5 qui, comme il a été montré, pourrait se suffire à elle-même car elle a été optimisée, à la fois pour le lancement commercial de satellites géostationnaires et pour la mise en orbite basse de moyens de desserte et d'éléments d'infrastructures orbitales habités.

ARIANE 5, qui a déjà été présentée, HERMÈS et COLUMBUS qui vont l'être maintenant, constituent ainsi une filière complète de moyens permettant à l'Europe de maîtriser les activités humaines dans l'espace et de devenir ainsi une puissance spatiale à part entière.

Il s'agit, bien sûr, d'une des ambitions majeures du plan spatial européen à long terme.

### 2.1. LE PARI D'HERMÈS

C'est la France qui a proposé, en 1985, à ses partenaires européens, le projet de navette spatiale HERMÈS qui a été entériné en novembre 1987. Douze pays y participent aujourd'hui.

#### 2.1.1. Un programme audacieux mais réalisable

Compte tenu de son caractère audacieux, le programme a été divisé en deux phases, la première phase, qui se termine, étant essentiellement destinée à s'assurer de la faisabilité de l'avion spatial, avant d'en entreprendre le développement.

Le conseil des Ministres européens de l'ASE a conclu sur ce point, à Munich, que :

- le programme HERMÈS constituait une étape technologique réaliste ;
- la configuration d'un véhicule faisable avait été mise au point ;
- la crédibilité du concept d'ensemble avait été améliorée par un nombre important de mesures de réduction des risques.

L'objectif de la phase 1 était, par ailleurs, de consolider la définition technique du programme et de renforcer sa compatibilité avec les autres éléments de l'infrastructure orbitale (le lanceur ARIANE 5, le laboratoire autonome COLUMBUS, et le satellite de relais de données DRS).

### 2.1.2. Les contraintes liées au lanceur

La principale contrainte à laquelle était liée la conception du programme résultait des capacités du lanceur européen ARIANE 5.

L'option initiale retenue étant celle, non pas d'une capsule, mais d'un avion spatial réutilisable, capable de revenir à la terre en vol plané, la première décision prise a été de placer HERMÈS, pour le lancement, au sommet de la fusée européenne<sup>1</sup>.

Cette configuration obligeait à limiter la surface de la voilure pour ne pas perturber la trajectoire du lanceur. Les performances d'ARIANE 5 ont également conduit à s'orienter vers un véhicule d'une vingtaine de tonnes susceptible d'emporter un équipage de trois hommes et une charge utile de trois tonnes. Par comparaison avec les navettes américaines et soviétiques dont la charge utile est de plusieurs dizaines de tonnes, HERMÈS représente donc un taxi, et non pas un poids lourd. Tout autre choix aurait nécessité le développement d'un lanceur spécifique plus puissant, comme le fait remarquer notre expert M. POGGI.

Ces contraintes ont conduit à limiter la surface de voilure à 85 m<sup>2</sup>. Quant à l'adaptation du poids d'HERMÈS aux capacités d'ARIANE 5, elle continue à constituer l'une des difficultés majeures du programme. Ce problème est d'autant plus délicat que certains choix effectués tendent à alourdir la masse du véhicule spatial tels que :

- l'introduction du système de sièges éjectables (plus léger cependant que celui de la cabine éjectable un moment envisagé) ;

- et surtout la solution du châssis en aluminium protégé par des boucliers thermiques qui a été préférée à celle, jugée trop risquée, d'une cellule en matériaux thermostucturants (résine haute température).

1. Contrairement aux navettes russes et américaines qui sont accrochées :

- à la fusée Energia, dans le premier cas ;
- à un grand réservoir cryotechnique, dans le deuxième cas, le shuttle étant arraché à sa plate-forme par des propulseurs d'appoint et utilisant ses moteurs principaux pendant la phase d'ascension.

La configuration d'Hermès au lancement est la même que celle de la mini-navette japonaise Hope (véhicule expérimental inhabité).

La surface de la voilure doit être limitée pour éviter les risques de dérive latérale de la fusée.

Actuellement, le poids de la navette européenne est donc supérieur à ce qui était prévu dans le cahier des charges initiales (24 t au lieu de 21 t) et il est envisagé, pour ne pas réduire l'équipage et la charge utile, de développer une version plus puissante d'ARIANE 5 (ARIANE 5 MARK 2).

### 2.1.3. Les principaux défis

Les contraintes qui viennent d'être rappelées liées à la configuration d'HERMÈS au lancement et aux capacités du lanceur européen accroissent la difficulté des problèmes technologiques à résoudre.

La petite taille d'HERMÈS augmente, par rapport à la navette américaine, les températures extrêmes que l'avion doit supporter lors de son retour à terre.

La surface de voilure de 85 m<sup>2</sup> limite, d'autre part, à 17 t - comme le souligne notre expert M. POGGI - la masse de l'avion rentrant dans l'atmosphère. Un poids plus important, à surface égale, aurait compliqué les problèmes de protection thermique à résoudre et rendu plus critique la phase d'atterrissage.

La solution retenue a consisté à regrouper dans un module de ressources largable de 7 tonnes, tout ce qui n'était pas nécessaire à la rentrée du véhicule (systèmes propulsif, d'accostage et d'arrimage, centrale de contrôle thermique sur orbite, réservoirs, etc.).

Les principales difficultés du programme, liées aux contraintes de poids et de dimensions qui viennent d'être évoquées, ont trait à :

- la présence d'un équipage à bord ;
- la conception d'un avion spatial capable de rentrer dans l'atmosphère.

► Les études préliminaires ont montré que le savoir-faire européen était suffisant pour la réalisation d'un véhicule dans lequel les hommes puissent vivre et travailler.

«Seule la source d'énergie de bord - selon M. POGGI - suscite encore une interrogation». En effet comme l'a précisé M. COUILLARD à votre rapporteur, lorsqu'il l'a rencontré aux Mureaux, la technologie des piles à combustible est inexistante en France et peu développée en Allemagne. Selon le compte rendu d'une entrevue accordée au journal *Les Échos* par le directeur d'HERMÈS au CNES, M. COURTOIS, les progrès réalisés dans ce domaine depuis

l'an dernier ont été cependant importants, en particulier en ce qui concerne les électrodes et la gestion de l'eau.

Concernant la sécurité de l'équipage, les sièges éjectables individuels, de type BOURANE, sont capables de fonctionner jusqu'à Mach 2, c'est-à-dire dans les toutes premières minutes du lancement et peu avant l'atterrissage.

Il reste les problèmes liés aux risques de collision en orbite avec des débris ou des micro-météorites<sup>1</sup> et à l'exposition à l'environnement spatial des structures chaudes et des gouvernes, du bon état desquels dépend le succès de la rentrée dans l'atmosphère. Ces aspects particuliers devront être étudiés en phase 2.

► S'agissant de la rentrée en vol plané dans l'atmosphère, les principaux défis à relever concernent :

- l'aérodynamique hypersonique ;
- les matériaux de protection thermique.

► L'acquisition des connaissances aérothermodynamiques fondamentales, nécessaires à la réalisation du programme HERMÈS, nécessite la confrontation des résultats de simulations numériques complexes effectuées par des moyens informatiques et de mesures expérimentales faites dans des souffleries adaptées.

D'après M. COURTOIS (cf. interview précitée au journal *Les Échos*), «il ne reste plus, pour l'aérodynamique, que quelques corrélations à vérifier entre les essais et les calculs. La forme définitive de l'appareil sera figée avant la fin de 1993 et les industriels pourront lancer la fabrication de la structure».

► Pour la protection thermique, il s'agit de développer des céramiques (carbone/carbone ou carbone/siliciure de carbone) à la fois légères, résistantes à l'oxydation et capables de supporter de très hautes températures (jusqu'à 1600°).

Les structures chaudes de l'appareil (nez, bords d'attaque et dérives) seront fabriquées directement dans ces matériaux qui serviront également à la réalisation de plaques de protection des autres parties (fuselage, voilure).

M. COURTOIS a déclaré au journal *Les Échos* (cf. interview précitée) que, dans ce domaine, le travail ne progresse pas aussi vite qu'il serait souhaitable, en particulier en ce qui concerne la protection anti-oxydation du matériau pendant la phase de retour. Une autre technologie critique est celle du logiciel de bord qui doit, entre autre, assurer le pilotage du lanceur durant la phase ascensionnelle de la

1. La commission Suttler a, en ce qui concerne la navette américaine, émis des doutes sur la résistance aux chocs des hublots.

mission. La réalisation de ce système est confiée à Matra. On peut citer aussi les écrans à cristaux liquides du poste de pilotage, les antennes qui devront rester performantes malgré la protection thermique, etc.

Le rapport de M. POGGI décrit, de façon complète, l'avion spatial qui se compose essentiellement :

- d'un fuselage qui comprend le poste de pilotage, une zone de séjour et la soute ;
- d'une voilure de forme delta, équipée à l'arrière de dérives munies de gouvernails et d'élévons ;
- enfin, du module de ressources à radiateurs déployables.

Le dernier rapport annuel du CNES estime qu'on est arrivé, en fin de phase 1 :

- à faire converger les études d'aménagement interne avec la mise au point de la forme aérodynamique externe ;
- à réaliser un bon compromis entre centrage des masses et implantation des surfaces portantes.

En revanche, le bilan de masse demeure un aspect critique du programme qui fait l'objet d'un plan de limitation nécessitant un audit systématique de tous les sous-systèmes.

#### 2.1.4. Les missions d'HERMÈS

Comme le précise notre expert, M. POGGI, les missions assignées à HERMÈS ont été classées en trois catégories par ordre de priorités décroissantes :

- **La mission de base** : desserte du laboratoire autonome MTF du programme COLUMBUS ("Free Flying Laboratory") ;
- **Les missions principales** : prolongation de sept à dix jours de la durée d'accostage au laboratoire autonome<sup>1</sup> et visite de la station internationale FREEDOM ;
- **Les missions secondaires** : vols libres d'une durée de vingt-et-un jours (avec expériences spatiales à bord), allongement jusqu'à vingt-six jours de l'accrochage au laboratoire autonome<sup>1</sup>, enfin, visite des stations MIR.

1. Moyennant une réduction de la charge utile de 3 t à 2,7 t ou à 1,8 t.

Comme cela a déjà été indiqué, le logiciel de bord de l'avion spatial assure le pilotage du lanceur ARIANE 5 qui doit injecter directement l'ensemble HERMÈS (véhicule + module de ressources) sur une orbite elliptique. L'idée, initialement envisagée, d'utiliser un étage auxiliaire d'ARIANE 5 pour la mise en orbite de la navette a donc été abandonnée.

Ainsi injecté directement sur une orbite elliptique, HERMÈS circularise dans un premier temps son orbite, grâce à son système de propulsion. Il se rapproche ensuite progressivement de sa cible, le laboratoire autonome COLUMBUS, située sur une orbite plus élevée, qu'il atteint au bout d'une période dont la durée varie entre un et deux jours<sup>1</sup>.

Le système propulsif d'HERMÈS joue ainsi un rôle majeur dans la rencontre du véhicule et du laboratoire.

C'est lui qui provoque ensuite l'impulsion de "désorbitation" préalable au retour sur terre.

Le module de ressources est alors largué. L'attitude de l'avion est contrôlée par de petites fusées. Pendant la phase de rentrée dans l'atmosphère, l'avion est piloté automatiquement par ses gouvernes aérodynamiques, il passe en trente-cinq minutes de Mach 29 à Mach 2, ce qui provoque un échauffement considérable des surfaces exposées.

HERMÈS redevient ensuite manoeuvrable et se pose, comme un avion de combat, sur une piste d'atterrissage classique.

### 2.1.5. L'organisation du programme

Bien que la part de financement de la France soit pratiquement aussi élevée pour HERMÈS (43,5 %) que pour ARIANE (44,7 %), le rôle de la France dans la gestion du programme est moins prédominant.

Aérospatiale qui était initialement maître d'oeuvre industriel du projet, a, en effet, dû céder sa place à un consortium européen, Euro-Hermespace, société anonyme de droit français, composée de :

1. L'orbite circulaire, initialement plus basse, d'HERMÈS lui confère une vitesse supérieure à sa cible, lui permettant de la rattraper. En effet, la vitesse des satellites est liée à leur altitude : plus ils sont hauts, plus ils sont lents.

Pour qu'un satellite se maintienne en orbite, l'attraction terrestre, d'autant plus forte que l'altitude est basse, doit être compensée par une force centrifuge, d'autant plus importante que la vitesse est élevée.

- Hermespace France (Aérospatiale et Dassault<sup>1</sup>) qui détient 51,6 % des parts ;

- Deutsche Aerospace (33,4 %) ;

- et Alenia (15 %).

Le poste de directeur général d'EuroHermespace est cependant réservé à un représentant de l'ancien maître d'oeuvre français, M. COUILLARD, mais il est entouré de quatre directeurs généraux adjoints appartenant à chaque société dont un représentant préside, à tour de rôle, le conseil de surveillance.

1600 personnes travaillent actuellement, en Europe, à ce programme qui a nécessité la mise en place de moyens d'essais très importants (souffleries en France et en Allemagne, moyens d'essais aérothermodynamiques à Sirocco en Italie...).

\*

\*        \*

En résumé, HERMÈS représente aux yeux de votre rapporteur un projet ambitieux mais risqué, risqué mais faisable. L'enthousiasme des ingénieurs européens face à un défi aussi stimulant est compréhensible.

Mais les problèmes de gestion que posent le respect des calendriers et surtout des prévisions financières, sont aussi difficiles à maîtriser que les problèmes technologiques.

Les deux catégories de problèmes sont d'ailleurs liées. Les dérapages financiers constatés jusqu'à présent témoignent, en effet, des difficultés techniques du projet et des conséquences d'un allongement de ses délais de réalisation (en espérant que les devis n'ont pas été volontairement sous-estimés).

Il faut éviter à la fois :

- que les coûts soient maîtrisés au détriment de la fiabilité (ce qui s'est produit, dans une certaine mesure, pour la navette américaine) ;

- que la volonté de tenir les délais conduise à renoncer à des avancées technologiques à notre portée.

1. Aérospatiale : 51 % ;  
Dassault Aviation : 49 %.

Concernant le financement du programme, il faut bien admettre qu'une certaine dérive des coûts est hautement probable.

Concernant les délais, les avis ne sont pas toujours unanimes, leur allongement<sup>1</sup>, jugé à la limite de l'acceptable par les industriels (pour des raisons de motivation et d'organisation des équipes d'ingénieurs), a ainsi été accueillie avec un certain soulagement par le président de l'ONERA, M. BENICHOU, compte tenu de la difficulté des problèmes technologiques à résoudre (c'est ce qu'il nous a avoué lorsque nous l'avons rencontré le 11 octobre 1991).

Si ARIANE, HERMÈS et COLUMBUS, représentent des programmes techniquement cohérents et politiquement indissociables. Un moyen, moins ambitieux qu'HERMÈS, de desserte des infrastructures orbitales européennes habitées, aurait pu être envisagé : les capsules.

1. L'année du premier lancement en version non habitée d'Hermès a été repoussée de 1998 à 2002. Celle du premier essai en vol habité de 1999 à 2003.

## 2.2. LE PROGRAMME COLUMBUS

### 2.2.1. Finalités

Notre expert chargé de l'homme dans l'espace, M. Jean-Jacques DORDAIN, part du principe, accepté par tous les autres experts de l'Office que «faire vivre et travailler un homme dans l'espace est un objectif en soi, comme l'a été autrefois la conquête de nouveaux territoires».

Il considère que l'infrastructure en orbite basse est actuellement le meilleur moyen d'atteindre cet objectif, en attendant des explorations plus lointaines. Il estime que c'est pour l'Europe une première étape naturelle dans la démonstration de ses capacités en matière de vols habités.

Faire vivre et travailler un homme dans l'espace suffisait donc - selon notre expert - à justifier l'existence des premières stations spatiales et continue a priori à en constituer, encore aujourd'hui, l'objectif de base.

Mais d'autres utilisations sont actuellement envisageables, d'après M. DORDAIN (atelier d'entretien et de réparation, stations relais...), parmi lesquelles l'Europe a choisi de privilégier celle qui consiste à considérer la station comme un laboratoire scientifique.

Notre expert reconnaît, cependant, que la plupart des disciplines visées (astronomie, observation de la terre...) pourraient se passer d'une station spatiale habitée.

Il admet également que l'on pourrait recourir au moyen de transport pour maintenir l'homme en orbite comme c'est le cas avec la navette américaine.

Les avantages de la station spatiale lui apparaissent surtout comme de nature fonctionnelle :

- disponibilité permanente pérennisant la présence humaine dans l'espace ;

- constance des infrastructures<sup>1</sup>, permettant ensuite de limiter le transport aux seuls moyens d'expérimentation et d'entretien nécessaires ;

- importance des capacités à bord (volumes, puissance électrique...);

1. La durée de vie prévue de la station Freedom et des laboratoires est de trente ans.

- accomplissement par l'homme de tâches indispensables qui ne peuvent être confiées qu'à lui seul (maintenance et réparation d'instruments, manipulations liées à des expériences scientifiques...).

Ce dernier point soulève les problèmes qui seront abordés, plus loin, des contraintes orbitales des stations habitées et des rôles respectifs des astronautes et des robots.

Quoi qu'il en soit l'infrastructure orbitale suppose :

- des moyens d'accès (lancement et desserte) ;
- des satellites de relais d'information en orbite géostationnaire ;
- des moyens au sol assurant la préparation, le contrôle et la direction des missions orbitales.

Les moyens d'accès et de relais de données ayant déjà été décrits et les infrastructures au sol n'étant pas encore définies avec précision, cette partie du rapport se limitera essentiellement à une présentation des laboratoires COLUMBUS et de leurs missions.

Le programme COLUMBUS comporte :

- une phase préliminaire avec trois vols précurseurs utilisant SPACELAB et EURECA ;
- la réalisation de deux laboratoires pressurisés :
  - l'un (APM) attaché à la station FREEDOM ;
  - l'autre (MTFF) autonome.

### **2.2.2. Les vols précurseurs**

Il est prévu d'exécuter, entre 1994 et 1997, un programme précurseur, inséré a posteriori dans le cadre juridique du programme COLUMBUS, qui portera sur trois vols utilisant, d'une part, le laboratoire SPACELAB, embarqué à bord de la navette américaine, et, d'autre part, la plate-forme automatique récupérable EURECA<sup>1</sup>. Cette plate-forme européenne a été conçue comme un instrument permettant d'assurer une transition, entre le SPACELAB et la station spatiale, pour des recherches dans le domaine de la microgravité, ainsi que pour des démonstrations en vol de technologies nouvelles.

1. La plate-forme Eureka est un porte instrument automatique récupérable, doté d'un système de propulsion qui lui permet, une fois lancé par le Shuttle, d'atteindre une orbite plus haute puis de redescendre à une altitude compatible avec sa récupération par la navette américaine.

Mais, en fait, SPACELAB continue à être employé, conjointement avec EURECA<sup>1</sup>, pour un ensemble d'essais d'équipements et d'expériences scientifiques tendant à préparer les Européens à un bon usage des laboratoires COLUMBUS.

Les domaines scientifiques dans lesquels doivent se dérouler les expériences considérées sont ceux qui paraissent pouvoir bénéficier le plus de l'utilisation de laboratoires orbitaux permanents (microgravité et sciences de la vie).

### 2.2.3. Les laboratoires pressurisés

M. DORDAIN insiste sur le fait que la stratégie européenne d'accès à l'orbite basse est basée sur le recours à deux filières :

- l'une, entièrement européenne, constituée de l'ensemble ARIANE 5 - HERMÈS - du laboratoire autonome COLUMBUS (MTFF<sup>2</sup>), et du satellite de relais de données DRS ;

- l'autre, américaine, comprenant le Shuttle, la station FREEDOM, dont fera partie le laboratoire rattaché COLUMBUS (APM<sup>3</sup>), et le satellite TDRS.

Tout en étant indépendantes, ces deux filières doivent être rendues compatibles, HERMÈS et le Shuttle pouvant chacun desservir soit FREEDOM soit le laboratoire autonome COLUMBUS. Comme cela a déjà été évoqué, l'ASE étudie également la possibilité de payer en nature une partie de sa contribution aux frais de fonctionnement de FREEDOM, sous la forme de prestations de transports de fret par ARIANE 5 (ce qui nécessiterait la mise au point d'un cargo spatial européen automatique).

Le lancement du laboratoire autonome COLUMBUS est prévu en 2003, conformément au calendrier révisé de développement d'HERMÈS.

Le laboratoire raccordé, de son côté, devrait être lancé en septembre 1998.

1. Le calendrier prévisionnel est le suivant :  
- Spacelab : fin 1991, début 1992, mars 1992, septembre 1992, deuxième semestre 1993 ;  
- Eureca : début 1992 (mission de longue durée : six mois).
2. MTFF : Man Tended Free Flyer Laboratory.
3. APM : Attached Pressurized Module

### 2.2.3.1. *Le laboratoire rattaché*

Le laboratoire attaché COLUMBUS, décrit de façon complète dans le rapport d'expertise de M. DORDAIN, est un module pressurisé, lancé et desservi par le Shuttle, dont les ressources<sup>1</sup> sont fournies par la station FREEDOM (20 Kw de puissance électrique, 50 Mbits/seconde de débit de données descendant).

La NASA pourra disposer de la moitié du module européen qui sera lancé avec, à son bord, l'essentiel de la charge utile européenne (quatre tonnes). Les charges utiles additionnelles, essentiellement américaines, seront lancées et installées lors de vols d'assemblage ultérieurs. Par économie, à la fois pour réduire le nombre de lancements et permettre à la station de commencer à fonctionner plus rapidement, les laboratoires seront lancés avec des instruments scientifiques déjà pré-intégrés au sol. En alourdissant ainsi la charge utile, on a été conduit à réduire les dimensions des modules, en fonction des limites de la capacité du lanceur. La séquence d'assemblage a aussi été profondément modifiée. En conséquence, les laboratoires fonctionneront de façon automatique jusqu'à l'an 2000. Cinq à sept vols annuels de la navette américaine devraient être nécessaires, d'abord pour l'assemblage, puis pour la desserte.

### 2.2.3.2. *Le laboratoire autonome*

Le laboratoire autonome COLUMBUS sera, lui aussi, pressurisé mais, à la différence du laboratoire rattaché, il ne sera pas habité en permanence. Ce sera un laboratoire visitable, desservi deux fois par an et fonctionnant en mode automatique pendant des périodes de six mois. Il est prévu de le lancer avec pratiquement toute sa charge utile, afin de réserver les vols de desserte d'HERMÈS à sa maintenance et à son entretien.

De moindre longueur (6 m au lieu de 12) mais d'un diamètre équivalent à celui du laboratoire attaché (4,5 m) disposant de ressources inférieures en énergie et en débit de transmission de données (10 Kwh-10 Mbits/s au lieu de 20 Kwh-50 Mbits/s) il pourra abriter néanmoins jusqu'à 6 tonnes de charge utile. Il offrira, par ailleurs, un meilleur niveau de microgravité du fait qu'il ne sera pas habité en permanence et sera placé à une orbite plus élevée.

**Il sera enfin exclusivement réservé à l'usage des Européens.**

1. La fourniture par l'Europe de l'APM lui permet de disposer de 12,8 % des ressources et de la charge utile emportée par le Shuttle.

## 2.2.4. Les missions

### 2.2.4.1. Un caractère multidisciplinaire contesté

Ayant souligné que l'Europe avait prévu d'utiliser les infrastructures orbitales en tant que laboratoire scientifique, M. DORDAIN reconnaît qu'il est difficile de dire aujourd'hui quelles seront les expériences faites à bord en 2020.

Il fait état, cependant, de plus de cinq cents propositions reçues par l'ASE, en mai 1991, à la suite d'un "appel à expériences" en prévision des prochains vols sur SPACELAB et EURECA.

L'analyse de ces propositions confirme selon lui le caractère par nature multidisciplinaire d'une infrastructure orbitale.

Une telle affirmation laisse votre rapporteur perplexe dans la mesure où tous les autres experts de l'Office ont déclaré qu'ils ne sollicitaient pas la mise en place de ce type d'infrastructure.

Pour l'observation de la terre, l'orbite choisi par les Américains, pour la station FREEDOM, et sur le choix duquel les Européens ont été contraints de s'aligner<sup>1</sup>, est, selon M. PELLAT, «le plus mauvais qui soit». C'est une critique que votre rapporteur a souvent entendu formuler - moins abruptement, il est vrai - même par de fervents partisans de l'homme dans l'espace.

Concernant l'astronomie, Mme PRADERIE affirme que «les missions automatiques, du point de vue de la recherche scientifique, restent grandement préférables».

Bien que les laboratoires COLUMBUS permettent d'installer des équipements à l'extérieur (le module rattaché, en particulier, est doté d'une plate-forme externe), Mme PRADERIE estime que l'altitude de leurs orbites (400 et 463 km) est trop basse pour convenir à l'astronomie.

Elle rappelle que l'orbite de l'observatoire infrarouge de la NASA, SIRTF<sup>2</sup>, initialement prévue pour lui permettre de bénéficier des services de la station spatiale FREEDOM, a finalement fait l'objet du choix d'une altitude plus élevée. L'ASE a pris une décision analogue pour FIRST<sup>3</sup>.

Ces considérations d'altitude limitent la possibilité d'utiliser les stations en orbite basse comme atelier de réparation des satellites.

1. L'inclinaison des laboratoires Columbus par rapport à l'équateur sera faible (28,5°), en comparaison de celle des stations soviétiques MIR 1 (51,6°) et surtout MIR 2 (64,8°).

2. SIRTF: Space Infrared Telescope.

3. FIRST: Far Infrared and Submillimetric Space Telescope.

Toutefois, Mme PRADERIE, estimant que ces infrastructures auront le mérite d'exister, pour des motifs autres que scientifiques, n'exclut pas qu'il soit possible de chercher à les valoriser, y compris dans les sciences de l'univers.

C'est ce même pragmatisme qui explique sans doute la multitude de propositions reçues, par l'ASE, en ce qui concerne les prochains vols de SPACELAB et d'EURECA, dans des disciplines dont M. DORDAIN reconnaît, avec beaucoup d'honnêteté intellectuelle, «qu'elles peuvent chacune se passer de la station spatiale».

#### 2.2.4.2.. *Des applications privilégiées dans le domaine de la microgravité*

En revanche, M. DORDAIN fait valoir que les laboratoires COLUMBUS constitueront «l'épine dorsale de l'accès continu de l'Europe à la microgravité».

Certes, reconnaît-il «on n'envoie pas l'homme dans l'espace pour faire des expériences de microgravité, mais envoyer l'homme dans l'espace donne accès à un environnement de microgravité, utile à certaines expériences scientifiques».

M. DORDAIN souligne que l'utilisation de l'état de microgravité en est à ses débuts et que la recherche fondamentale doit être privilégiée.

Il admet que «les résultats acquis à ce jour sont encore limités, dispersés et même quelquefois décevants».

Après avoir fait valoir que ces déceptions étaient peut-être dues au fait que l'utilisation de la microgravité ne figurait pas, jusqu'à présent, au premier rang des priorités spatiales, il évoque le potentiel de cette discipline scientifique :

- étude des processus physique de base qui déterminent le comportement des gaz, des liquides et de solides en impesanteur ;
- amélioration des connaissances scientifiques dans les domaines de la physique des fluides, des changements de phase, de la combustion.

Concernant les réalisations spatiales, il relève quelques résultats probants : ainsi 20 % des cristaux de protéine faits dans l'espace - indique-t-il - sont plus gros et plus purs que ceux faits sur terre.

«Mais la production de masse dans l'espace - précise-t-il - ne pourra être envisagée que dans l'hypothèse d'une réduction importante des coûts de transport Terre-espace-Terre».

«La station spatiale - conclut-il - offrira, enfin, la continuité de services nécessaires aux recherches pouvant bénéficier de l'environnement en microgravité. Elle donne, dès aujourd'hui, une perspective à long terme aux chercheurs qui ont besoin de cet environnement».

À ces analyses de notre expert, votre rapporteur voudrait ajouter un bref aperçu des points de vue exprimés, par ailleurs, par deux spécialistes de la microgravité, MM. BONNEVILLE et MALMEJAC, et par l'Académie des Sciences.

M. BONNEVILLE, dans un remarquable article paru dans la revue *Pour la Science*<sup>1</sup> :

- estime qu' «il est clair que l'expérimentation spatiale doit être intégrée dans un programme de travail théorique et expérimental dont elle ne constitue qu'un élément, la **plus grosse partie de ce travail étant réalisée au sol**» (vérification de la pertinence, pour le sujet étudié des conditions de microgravité, simulations numériques...);

- souligne l'intérêt des moyens d'emport de **courte durée** (vols paraboliques, tours à chute libre, fusées-sonde) qui permettent des expériences fréquentes, relativement faciles et rapides à mettre en oeuvre et peu coûteuses ;

- reconnaît que «les résultats des expériences embarquées concernant la solidification d'alliages métalliques ou de semi-conducteurs alliés ou dopés sont suffisamment nombreux et concordants pour être significatifs<sup>2</sup>» ;

- remarque néanmoins que «la démonstration de faisabilité d'un procédé d'élaboration spatiale n'apporte pas pour autant la preuve de la rentabilité d'une phase ultérieure de production<sup>3</sup>» ;

- constate, enfin, que les contraintes de l'expérimentation spatiale imposent une instrumentation originale, extrêmement fiable et robuste, **fortement automatisée**.

Cependant les contraintes qu'ils donnent en exemple (restriction de volume, de masse, de puissance, de temps, débits et fenêtres de communications limitées entre le scientifique au sol et son

1. N° 152 de juin 1990.

2. Cf. remarque de M. DORDAIN sur les cristaux de protéine.

3. Cf. remarque de M. DORDAIN sur le problème du transport spatial.

expérience embarquée) seront justement assouplies par le recours à de grandes stations spatiales.

Mais l'Académie des Sciences<sup>1</sup>, pour sa part, a fait valoir que «des installations automatiques sont également concevables» (de fait, les laboratoires de FREEDOM fonctionneront de cette façon jusqu'en l'an 2000 et la plate-forme EURECA, entièrement automatique, permettra des expériences d'une durée de six mois).

Dans leur rapport de 1988, les académiciens ont également rappelé que «bien que des travaux en très faible gravité aient été effectués sur des vols habités, les accélérations produites par les astronautes perturbent la plupart des expériences... La présence de l'homme autour de ces expériences, nuisibles pour leur déroulement, peut cependant être utile pour leur mise en place après les fortes accélérations de l'envol, pour certaines manipulations et pour le retour des échantillons.»

Quand aux éventuelles applications industrielles «elles ne pourraient - selon l'Académie - en tout état de cause, tirer profit de la présence de l'homme en leur voisinage que pendant les phases initiales de leur mise au point, en attendant des installations entièrement automatiques.»

En conclusion, les expériences de microgravité sont classées par l'Académie parmi les missions pour le déroulement desquels l'homme est gênant mais où son intervention pourrait être utile, soit pour la mise en place des expériences, soit pour la maintenance du matériel, soit pour en assurer le retour à terre.»

Les académiciens considèrent qu'une compétition va apparaître, concernant ce type de missions, entre l'homme dans l'espace et la robotique intelligente, cette dernière ne pouvant que s'améliorer au cours du temps (voir section suivante).

Quant à M. MALMEJAC, il constate que «la station spatiale permettra, de toute évidence, un accroissement considérable de la capacité d'expérimentation en gravité réduite». Il reconnaît, par ailleurs, que «certaines expériences de physique des fluides peuvent avoir besoin d'un suivi en temps réel, ainsi que d'une intervention impromptue de l'expérimentateur».

Mais il rappelle quelles seront les contraintes liées à la présence de l'homme et au caractère pluridisciplinaire des activités :

**- dégradation très importante du niveau de gravité résiduelle du fait des déplacements de l'équipage à bord, de la**

1. Rapport sur la recherche et la politique spatiale dans les prochaines décennies du 21 mars 1988.

circulation de grandes masses de fluide, du fonctionnement de pompes et de ventilateurs, des changements d'attitude de la station...

- **nécessité d'assurer la sécurité des personnes**, excluant le recours à des constituants de base dangereux (toxiques ou inflammables) dont l'utilisation deviendra pourtant nécessaire à l'élaboration des composés les plus avancés, une fois dépassée la phase initiale de recherche de base.

Dans ces conditions, « tout miser - assure-t-il - sur la plus grande capacité de la station spatiale en seuls termes de masse et de durée, sans tenir compte de ces contraintes, aurait toutes chances de devenir une grave erreur stratégique ».

Votre rapporteur tire de ces analyses les conclusions suivantes :

► Concernant les recherches en microgravité dans l'espace :

- il s'agit d'un domaine d'investigation particulièrement intéressant et dont le potentiel d'application est peut-être prometteur ;

- il est d'abord nécessaire d'exploiter complètement les résultats des expériences précédentes (SPACELAB...) ;

- il faut s'assurer que les vols précurseurs et les futures expériences embarquées fassent l'objet d'une préparation au sol suffisante

- priorité doit être donnée à la recherche fondamentale ;

- il convient que les différents moyens d'études (à terre, dans l'atmosphère et dans l'espace, pour des vols de courte ou de longue durée...) soient utilisés de façon complémentaire.

► S'agissant du rôle de l'homme dans les expériences spatiales :

- les recherches en microgravité ne sont pas la principale justification de l'envoi d'hommes dans l'espace ;

- néanmoins, pour utiliser les stations spatiales habitées en tant que laboratoires scientifiques, il s'agit, avec la médecine spatiale, d'une des applications possibles les plus intéressantes ;

- enfin, l'Académie des Sciences, ainsi que M. MALMEJAC, reconnaissent que la présence de l'homme, actuellement, peut être utile (mise en place et retour des échantillons, manipulations, interventions impromptues...), même si elle présente le plus souvent de nombreux inconvénients.

### 2.2.4.3. L'astronaute et le robot

L'Académie des Sciences, dans son rapport précité de 1988, a émis les avis suivants :

► *Concernant les interventions humaines relatives à l'assemblage de structures, à la maintenance ou à la réparation d'instruments :*

- Elle reconnaît qu'il est des cas où l'homme a effectivement pu réaliser un dépannage mécanique (déblocage d'une structure mécanique simple, déverrouillage ou verrouillage d'une structure mobile) ;

- elle admet que l'intervention de l'homme est actuellement utile ou indispensable pour la construction de grandes structures dans l'espace ;

- elle se demande néanmoins si des robots comme le FTS<sup>1</sup> ne pourront pas prochainement remplacer l'homme pour ce type de missions ;

- elle rappelle, par ailleurs, que la plupart des satellites scientifiques ou d'application ne peuvent être visités par l'homme, car leur orbite exposerait celui-ci à de fortes radiations ;

- elle estime, d'autre part, que les travaux sur des satellites, qu'ils soient confiés à un homme ou à un robot ne peuvent être que d'une grande simplicité, leur architecture ne se prêtant pas actuellement au remplacement ou à la réparation d'éléments défectueux ;

- enfin, l'Académie présume que l'amélioration de la fiabilité des satellites réduira fortement, en tout état de cause, la nécessité de ce type d'interventions.

► *Concernant les activités scientifiques, ce problème a déjà été évoqué en partie à propos de la microgravité, le comité de la recherche spatiale de l'Académie des Sciences distingue :*

- les missions pour lesquelles la présence de l'homme est non seulement inutile mais constituerait une gêne (observation de la terre, satellites astronomiques à quelques exceptions près...) ;

1. FTS: Flight Telerobotic System.

Le programme FTS a été conçu à la fois pour faciliter l'assemblage et le fonctionnement de la station Freedom et pour faire bénéficier l'industrie américaine de transferts de technologie substantiels dans le domaine de la robotique.

- les missions pour le déroulement desquelles l'homme est gênant mais peut néanmoins être utile (outre la microgravité déjà étudiée, rentrent dans cette catégorie certaines expériences de biologie spatiale ou la maintenance de très gros satellites astronomiques visitables) ;

- enfin, les missions pour lesquelles la présence de l'homme est indispensable, qui se limitent, en dehors du domaine de la médecine spatiale, à la réception des échantillons planétaires.

L'Académie conclut que «la robotique intelligente ne pouvant que s'améliorer au cours du temps, il apparaît, pour ce qui concerne l'avenir clairement prévisible, que l'homme devrait de plus en plus laisser sa place au robot.»

Cependant, les académiciens reconnaissent que ces conclusions ne sont pas valables, même à très long terme, dans deux cas :

- face à une situation imprévisible, dans le cadre de missions proches, tant qu'«une main artificielle» ne pourra pas offrir des possibilités analogues à celles de la main d'un observateur embarqué, ce qui est loin d'être encore le cas ;

- pour des missions lointaines, d'autre part, compte tenu de ce que «la télécommande depuis la terre d'un engin automatique, situé loin de son environnement proche, entraînera des délais de réaction de plusieurs minutes, alors que l'homme à bord réagit de façon immédiate». Dans ce cas, l'œil d'un observateur envoyé sur place ne pourra donc pas être totalement remplacé par celui d'un contrôleur au sol, quelle que soit la qualité du système de transmission des informations visuelles.

Compte tenu de l'importance du point de vue exprimé à ce sujet par l'Académie des Sciences, l'Office a demandé, sur ce problème particulier du rôle des robots dans l'espace, une expertise complémentaire à M. Denis MOURA, chef de l'avant-projet "véhicule automatique planétaire" du CNES.

M. MOURA précise, tout d'abord, qu'il faut distinguer :

- les systèmes téléopérés<sup>1</sup> dans lesquels les actions à réaliser sont définies sur terre ;

- Les systèmes à bord dans lesquels les actions sont :

1. La téléscience permet à la station spatiale de devenir un des éléments d'un réseau interactif dans lequel elle se trouve reliée à plusieurs laboratoires, chercheurs et bases de données.

Elle permet aussi aux scientifiques de donner, depuis le sol, des instructions aux astronautes, qui ne sont pas omniscients, pour le bon déroulement des expériences.

De tels systèmes téléopérés supposent des capteurs (permettant le retour des informations) et des actionneurs (réalisant physiquement les actions commandées) performants.

- soit générées automatiquement (systèmes automates) ;
- soit définies, grâce à l'intelligence artificielle, de façon à ce que l'accomplissement de la tâche tienne compte de l'environnement.

Concernant l'orbite basse, il lui paraît possible, à l'horizon 2005, de mettre en oeuvre à la fois :

- des systèmes téléopérés permettant de diriger les expériences à bord depuis la terre ;
- la robotisation ou l'automatisation d'activités scientifiques, sous réserve que les manipulations ne soient pas trop complexes et que les conditions et procédures opératoires soient suffisamment définies.

Il estime même que l'utilisation efficace des stations, compte tenu du nombre réduit des membres des équipes, suppose un recours accru aux systèmes automates ou téléopérés.

Cependant l'intervention humaine lui paraît très précieuse dans la phase de mise au point des conditions et procédures opératoires de ces processus.

- Concernant les explorations plus lointaines, les systèmes intelligents embarqués doivent être dotés d'une autonomie décisionnelle et opératoire, compte tenu des délais et des capacités réduites de communication avec la terre. Tout dépendra des progrès de l'informatique dans le domaine de l'intelligence artificielle.

M. MOURA fait, en outre, remarquer que :

- les missions lointaines habitées seront précédées d'une phase d'exploration faisant appel à des systèmes robotisés ;

- les tâches de réception des échantillons planétaires font l'objet, dès maintenant, d'études tendant à l'utilisation de systèmes automatisés.

- enfin, la croissance des potentialités des systèmes spatiaux robotisés ne peut être que plus forte que celle des capacités d'intervention humaine dont les sources de progrès se limitent à l'amélioration des scaphandres et de l'accommodation à l'environnement spatial.

\*

\*        \*

De l'analyse de ce problème délicat et fondamental des relations entre l'homme et le robot dans l'espace, votre rapporteur tire les conclusions suivantes :

- la robotique, sous tous ses aspects, progresse rapidement ;
- elle doit constituer une priorité technologique compte tenu de son intérêt à la fois pour l'espace et pour l'ensemble de l'industrie ;
- le robot sera de plus en plus utilisé dans l'espace (à bord des stations spatiales et pour des vols précurseurs d'exploration lointaine) ;
- dans l'environnement des stations spatiales, l'homme et le robot seront complémentaires :
  - le robot se substituera de plus en plus à l'homme ;
  - mais il ne pourra pas totalement le remplacer.
- Enfin, quand bien même il serait capable d'accomplir les mêmes tâches, le robot ne peut pas remettre en cause l'homme dans l'espace, si cet objectif est une fin en soi.

#### *2.2.4.4. La médecine spatiale et les sciences de la vie*

La médecine spatiale et les sciences de la vie ne seront évoqués que pour mémoire dans ce rapport qui ne peut pas prétendre à l'exhaustivité.

Il s'agit, en effet, d'activités qui constituent l'une des plus évidentes justifications des stations spatiales, dès lors que celles-ci sont considérées essentiellement comme un moyen de préparer l'homme à des explorations lointaines et que cet objectif est jugé comme une fin en soi.

La médecine spatiale et les sciences de la vie ne constituent donc pas une raison d'être mais une conséquence logique de l'homme dans l'espace.

Étant donné la rude épreuve à laquelle seront soumis les organismes humains durant les longs voyages d'exploration planétaire (décalcification...) et à leur retour à terre (intolérance orthostatique...), il est à espérer - comme l'a fait remarquer M. SUSSEL<sup>1</sup> à votre rapporteur - que l'on parviendra à créer une gravité artificielle à bord des vaisseaux spatiaux.

1. M. Sussel est Directeur général adjoint du CNRS, chargé de la recherche et des applications.

Au total, les activités scientifiques peuvent être un moyen d'occuper l'homme dans l'espace, mais l'homme dans l'espace ne fera pas avancer fondamentalement la science (en dehors des connaissances qui sont nécessaires à la préparation de vols habités de longue durée, en vue d'explorations lointaines).

\*

\*        \*

La maîtrise des activités humaines dans l'espace apparaît comme une des ambitions majeures de l'Europe (les coûts de développement et d'exploitation d'HERMÈS et COLUMBUS représentent ensemble plus de 40 % des dépenses prévues par le plan spatial à long terme de l'ASE).

Comme l'a souligné l'Académie des sciences en 1988, «la décision d'acquérir une telle capacité est fondamentalement une décision politique».

«L'Europe peut, craignant les risques d'une trop longue traversée du désert, estimer légitime et même nécessaire de ne pas laisser plus longtemps aux deux seules superpuissances le monopole de la maîtrise des vols habités».

Quel plus beau symbole, de l'unification de l'Europe et de sa maîtrise technologique, peut-il y avoir, en effet, qu'une première desserte en 2004 du laboratoire autonome COLUMBUS par un équipage qui serait composé d'un Français, d'un Allemand et d'un Italien ?

Une autre preuve éclatante de l'unité de l'Europe serait l'intégration des moyens de défense européens dans un ensemble comprenant une composante spatiale militaire importante.

On est encore loin de cet objectif, malgré l'apparition en France, et, dans une moindre mesure, chez certains autres pays européens, d'une ambition spatiale militaire et d'une volonté de coopération dans ce domaine.

### **3. UNE VOLONTÉ D'ACCÈS À L'ESPACE MILITAIRE**

#### **3.1. L'EFFORT DE LA FRANCE**

Depuis mai 1984, le Ministère de la Défense élabore régulièrement un Plan pluriannuel Spatial Militaire.

La dernière actualisation de ces travaux est en cours, en préparation de la prochaine loi de programmation militaire, et porte sur la période 1992-2007.

Le prochain plan devrait traduire une élévation significative du niveau d'ambition, et, par conséquent, de l'engagement financier de la France, dans le domaine spatial militaire.

Les applications spatiales militaires prévues concerneront essentiellement le recueil du renseignement, les télécommunications et la surveillance de l'espace.

Les dépenses correspondantes, actuellement de 3,3 milliards de francs, devraient se monter à 5 milliards de francs à la fin du siècle et à 8 milliards de francs au début du siècle prochain.

Bien que des études et des programmes aient été lancés longtemps avant<sup>1</sup>, la guerre du Golfe a joué, en ce qui concerne la politique spatiale militaire française, un rôle révélateur puis catalyseur.

Les perspectives des programmes militaires spatiaux français sont - d'après notre expert M. LATRON - les suivants :

#### **3.1.1. Dans le domaine du recueil de renseignement**

Le premier satellite d'observation optique militaire HÉLIOS, construit sous la maîtrise d'oeuvre de Matra, devrait être lancé en 1994. Il permettra d'acquérir des images exploitables pour le renseignement dans des délais, jugés encore trop longs<sup>2</sup>, de un à deux jours, puis de les intégrer dans une base de données.

1. CE rapport de M. LATRON :

- premières études de la DMA (Délégation Ministérielle à l'Armement) en 1964 ;
- premières études SAMRO de satellite d'observation optique en 1977 ;
- première charge utile militaire, en 1978, Syracuse 1, embarquée sur Télécom 1.

2. Selon des propos entendus par votre rapporteur au séminaire précité du 7 novembre 1991 à l'Ecole polytechnique.

À l'horizon de 1996, il est envisagé ensuite de réduire ces délais d'acquisition des informations, en conférant ainsi au système HÉLIOS un aspect plus tactique<sup>1</sup>.

Dans un deuxième temps, à l'horizon 2000, le système de renseignement spatial français serait complété par la mise en oeuvre de capteurs d'information complémentaires, travaillant dans plusieurs bandes de fréquences (optique, visible, infrarouge, radar) et embarqués sur des satellites spécialisés<sup>2</sup>. Le radar permettra l'observation "tout temps" et l'observation infrarouge thermique aura deux avantages : la détection d'indices d'activité (dégagements de chaleur) de jour comme de nuit et l'aide à l'interprétation des images visibles. Un compromis entre la largeur de champ et la résolution doit être trouvé dans l'utilisation combinée de l'optique et des moyens de détection infrarouge<sup>3</sup>.

«Ces satellites - nous précise M. LATRON - auront une très grande accessibilité à toutes les zones du globe terrestre et transmettront les informations acquises dans des délais très rapides, soit à un centre national, soit directement sur des théâtres d'opération extérieures».

Les différents systèmes s'intégreront à l'ensemble des systèmes d'information et de commandement (SIC) des armées.

### 3.1.2. Dans le domaine des télécommunications spatiales

Selon notre expert, le système SYRACUSE 2 devrait être maintenu jusqu'en 2005 (date à laquelle le satellite britannique SKYNET 4/NATO4 cessera ses services, ce qui permet d'envisager une coopération avec la Grande-Bretagne, pour la suite).

Cependant l'hypothèse d'un satellite intermédiaire SYRACUSE 3 avait été évoquée par Matra lors de la mission que votre rapporteur a effectuée à Toulouse le 15 mai 1991. Ce satellite aurait présenté certaines améliorations par rapport à TÉLÉCOM 2 (mondialisation de la couverture, notamment, et interopérabilité avec les systèmes des pays alliés...).

1. L'utilisation simultanée de deux satellites opérationnels Hélios 1 et 2 améliorera la répétitivité et augmentera les capacités de prise de vues.

Par ailleurs, selon Matra, un satellite relais géostationnaire (éventuellement Syracuse 2 M) est envisagé pour un théâtre d'opération Europe-Afrique.

2. Il a été choisi de ne pas placer d'instrument optique et radar sur une même plate-forme.

3. Matra propose soit d'adjoindre un instrument optique grand champ-moyenne résolution à des instruments à haute résolution optique et infrarouge, soit de compléter l'ensemble de prise de vues (EPV) existant pour la haute résolution par un instrument infrarouge, moyenne résolution.

La société Matra Marconi Space avait alors fait part également à votre rapporteur de sa proposition, présentée aux Ministères de la Défense anglais et français, tendant à créer un système unique franco-britannique SKYNET 5-SYRACUSE 3, et à offrir, par la même occasion, à d'autres pays européens, des capacités de télécommunications militaires interopérables.

Ce système, dénommé EUMILSATCOM, qui est susceptible d'intéresser l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne est mentionné par M. LATRON dans son rapport (voir plus loin).

### **3.1.3. Dans le domaine de la surveillance de l'espace**

Le développement, par étape, d'une capacité de surveillance de l'espace est destinée à identifier les dispositifs spatiaux adverses et les menaces qu'ils peuvent représenter (repérage des instruments de renseignement et des armes antisatellites sur orbite...).

Elle s'inscrit, en outre, dans le cadre de la mise en oeuvre du code de bonne conduite dans le domaine spatial proposé par le Président de la République. Sans doute, pour des raisons d'économie, un système de surveillance depuis le sol a été préféré à un système de surveillance par satellite.

### **3.1.4. Participation à des programmes scientifiques**

La délégation générale à l'armement participe, d'autre part, à un programme scientifique de caractérisation radioélectrique de l'environnement en orbite basse (CERISE) qui doit déboucher sur le lancement d'un microsattellite en 1994.

Le Ministère de la Défense finance, par ailleurs, à hauteur de 125 MF, le développement de l'altimètre POSEIDON embarqué sur le satellite américain TOPEX qui sera lancé en 1992. L'altimètre radar océanographique est, en effet, susceptible d'applications militaires (recherche de discrétion acoustique et détection des sous-marins).

Le Ministère de la Défense doit consacrer, en 1992, 450 MF à la recherche-développement dans le domaine spatial

### 3.1.5. Les moyens en personnel nécessaires

Le fonctionnement de l'ensemble du système spatial militaire français ainsi mis en place devrait mobiliser environ 1000 techniciens de haut niveau à la fin du siècle.

Il apparaît particulièrement nécessaire, dans cette perspective, d'assurer la formation d'un nombre suffisant de photo-interprètes (une action commune du CNES et de la DRET<sup>1</sup> pourrait être envisagée à cet effet).

### 3.1.6. Les lacunes du dispositif

Il est évident que la France n'a pas, seule, les moyens de s'offrir un dispositif spatial militaire complet. En attendant donc la mise en place de coopérations entre alliés, souhaitées, plus nombreuses et plus approfondies, des choix ont dû être faits.

On remarque ainsi l'absence dans le plan français :

- **d'une composante de localisation** : un système comme GPS/NAVSTAR est hors de portée, financièrement, de la France et probablement même de l'Europe. Il a été envisagé, lors du séminaire, précité, du 7 novembre sur l'espace militaire, de chercher à minimiser la dépendance de la France à l'égard des Américains dans ce domaine en nous dotant de moyens complémentaires (balises différentielles) ou de moyens de recoupement (accès au système soviétique ZONAS).

- M. LATRON nous signale, par ailleurs, qu'aucune étude n'est envisagée actuellement dans le domaine de la **défense antimissile balistique** dans l'attente d'une décision gouvernementale sur le sujet. Votre rapporteur estime qu'il s'agit d'un domaine dans lequel existent des menaces potentielles sérieuses, liées aux proliférations balistiques et chimiques et que la France, ou du moins l'Europe, ne devrait pas se dispenser d'un effort à cet égard.

- Concernant les **télécommunications**, le rapport de notre expert ne mentionne pas des projets auxquels Matra nous avait fait allusion concernant :

• un éventuel satellite géostationnaire de relais de données d'HÉLIOS (ou une charge utile embarquée à cet effet, sur un satellite TÉLÉCOM 2/SYRACUSE 2) ;

• un système d'écoute électronique SIGINT capable de détecter des émissions de transmission ou des émissions radar.

1. DRET : Direction des Recherches, Études et Techniques d'armement du Ministère de l'Armement.

Sans doute ces propositions ne peuvent-elles pas être financées.

D'autre part, la zone de couverture de SYRACUSE 2, paraît, selon des documents en possession de votre rapporteur, être conçue pour des déploiements en zone centre Europe. L'expérience<sup>1</sup> ne prouve-t-elle pas que nos troupes ont dans le passé été amenées à intervenir davantage sur d'autres théâtres d'opérations ?

- Par ailleurs, le plan spatial militaire français ne comporte pas, apparemment, d'étude de systèmes tendant à assurer la **protection de nos satellites** contre d'éventuelles agressions (les satellites sont des instruments vulnérables, susceptibles d'être facilement repérés et détruits en cas de conflit).

- Enfin, M. LATRON signale lui-même l'absence d'actions ou de systèmes spécifiques militaires dans les domaines de la **météorologie**, et de la **navigation** (en dehors de l'abonnement aux systèmes américains actuellement déployés comme NAVSTAR), ou de l'**océanographie** (où il est envisagé seulement de tirer parti des systèmes civils ERS 1 et TOPEX-POSEIDON).

Ces lacunes reflètent la limite des moyens financiers de la France et illustrent la nécessité d'une coopération.

### 3.2. LA NÉCESSITÉ D'UNE COOPÉRATION

#### 3.2.1. La coopération avec les Etats-Unis

Lors de la mission qu'il a effectuée aux Etats-Unis au mois d'avril 1991, les représentants du Pentagone que votre rapporteur a rencontrés se sont déclarés intéressés par une éventuelle coopération avec la France, dans le domaine de l'espace militaire, et disposés à y réfléchir.

Au cours d'un entretien ultérieur de votre rapporteur avec M. BOUSQUET, Directeur des Engins à la Délégation Générale pour l'Armement, ce dernier lui a confié que les Américains souhaiteraient une participation française plus active aux recherches menées dans le cadre de l'Initiative de Défense Stratégique (seules quelques-unes de nos entreprises y sont actuellement associées).

En revanche, les Etats-Unis paraissent opposés à toute participation étrangère au système de localisation GPS/NAVSTAR, qu'ils verrouillent étroitement.

1. Notre expert en matière de satellites de télécommunications, M. Blachier a apaisé en grande partie les craintes de votre rapporteur à ce sujet. Seule la zone pacifique échappe, en effet, à la couverture globale de Syracuse 2 qui dispose, pour l'ensemble de l'Europe, du Proche-Orient et du continent africain, d'une antenne de haute directivité pouvant être pointée sur un théâtre d'opérations quelconque.

Il s'agit pourtant, même pour un aussi grand pays, d'un système lourd et relativement onéreux (vingt-quatre satellites à 45 millions de dollars chacun soit 1,128 milliard de dollars).

La localisation est, par ailleurs, un domaine d'excellence de la France pour les applications spatiales civiles (système ARGOS...).

Ne pourrait-on pas imaginer une participation française à l'initiative de défense stratégique américaine en échange d'une acceptation des Etats-Unis d'associer la France au développement du programme GPS ?

La participation à l'IDS nous permettrait d'acquérir des technologies clés (rayons laser, etc.) pour la mise en oeuvre éventuelle ultérieure d'un système spatial de défense antimissile balistique.

Une telle proposition suppose cependant de faire, tout d'abord, une distinction entre les armes défensives, et les armes offensives que nous nous sommes interdits de déployer sur orbite, et de faire évoluer nos concepts de dissuasion.

Mais le changement profond du contexte stratégique dans lequel nous nous situons et l'aggravation des menaces tactiques auxquelles nous sommes exposés ne justifient-ils pas une telle révision ?

### **3.2.2. Les coopérations européennes**

Il apparaît actuellement que la coopération en Europe dans le domaine de l'espace militaire, a toute chance d'être une coopération "à géométrie variable" ou "à la carte", étant donné la variété des situations, et donc des besoins, des différents pays.

Le plus petit dénominateur commun de cette coopération pourrait être la surveillance des accords de désarmement, pour laquelle l'UEO peut constituer un cadre approprié.

Il reste à savoir si l'organisation européenne se doterait de ses propres satellites, utiliserait des satellites d'observation civils ou les satellites militaires de certains pays, dont ceux-ci retrouveraient l'exclusivité d'usage, en cas de conflit.

Sous l'impulsion de la France, l'UEO a décidé, en juin 1991, de créer un centre satellitaire, chargé de traiter, à des fins de contrôle du désarmement, des images acquises non seulement par les satellites civils SPOT, LANDSAT et ERS mais aussi par le satellite militaire HÉLIOS.

L'UEO étant le cadre de coopération le plus large, mais aussi le plus lâche<sup>1</sup>, envisageable en Europe, on trouve ensuite des coopérations, plus restreintes, mais plus étroites, telles que :

- le programme HÉLIOS de satellite militaire d'observation optique auquel participent, aux côtés de la France, l'Italie et l'Espagne. Chacun des trois pays disposera, en 1994, de sa propre station de réception et de traitement des données mais la France assurera le contrôle de l'attitude et de l'orbite du satellite.

- L'Allemagne pourrait être intéressée par la réalisation d'un satellite d'observation radar militaire, en commun avec la France ou d'autres pays, comme la Grande-Bretagne<sup>2</sup>. Mais le consensus politique dont devrait bénéficier un tel projet n'est pas acquis (le SPD semble ne pas vouloir aller au-delà d'un simple satellite de surveillance du désarmement) ;

- Enfin, les satellites de télécommunications spatiales militaires ne concernent a priori que les pays qui peuvent être appelés à intervenir en dehors de leurs territoires, ce qui, pour des raisons historiques et juridiques, exclut, pour le moment, l'Allemagne.

Celle-ci a cependant, été appelée par la France et la Grande-Bretagne, à participer, avec l'Italie, les Pays-Bas et l'Espagne au projet EUMILSATCOM déjà évoqué (European Military Satellite of Communications).

\*

\*           \*

En résumé, il apparaît à votre rapporteur que l'accroissement des ambitions spatiales militaires de l'Europe est réel mais insuffisant.

La lenteur de la gestation de l'Europe spatiale militaire est liée à des problèmes dont l'analyse ne rentre pas dans le champ des compétences de l'Office : quel est l'avenir de l'OTAN ? Une défense européenne intégrée devrait-elle constituer un "pilier" de cette organisation ? Quel sera le degré d'union politique européenne ?

Quelle est la marge d'autonomie européenne face aux Etats-Unis en matière de défense... ?

1. En comparaison par exemple de l'ASE, qui comporte des programmes obligatoires, un règlement précis.

2. Les techniques radar diffèrent pour l'observation des océans et celle des terres émergées (ce ne sont pas les mêmes bandes de fréquences qui sont utilisées) :

- la spécialité britannique serait plutôt le radar océanographique (Marconi) ;  
- et celle des Allemands le radar continental (Dornier).

La France fournit dans le domaine spatial militaire un effort significatif, mais elle n'a pas les moyens de se doter d'un dispositif complet.

Elle doit donc :

- faire appel à la coopération de ses alliés ;
- faire des choix cohérents avec ses priorités stratégiques ;
- adapter ces priorités à l'évolution du contexte international et des menaces auxquelles elle est exposée.

\*

\*            \*

L'extension du champ des activités spatiales européennes aux infrastructures orbitales habitées et aux satellites militaires suppose un investissement technologique et financier important.

La politique spatiale européenne doit véritablement changer de dimension et certains hésitent à franchir le pas.

Il risque ainsi d'y avoir un déséquilibre au niveau européen entre les ambitions affichées et les moyens mis en oeuvre, conduisant à des choix ou à des compromis.

## **II - ... CERTAINES HÉSITATIONS PEUVENT CONDUIRE L'EUROPE À EFFECTUER DES CHOIX OU DES COMPROMIS**

### **A - DES HÉSITATIONS COMPRÉHENSIBLES**

Les hésitations de certains de nos partenaires européens et de certains membres de la communauté scientifique et spatiale française sont liées :

- à l'ampleur et au coût de l'effort à accomplir pour que l'Europe devienne une puissance spatiale à part entière ;

- au caractère parfois contesté de l'impact scientifique, technologique et économique des activités spatiales...

- enfin, à la concurrence d'autres priorités.

### **1. UN EFFORT DE GRANDE AMPLEUR ET D'UN COÛT IMPORTANT**

#### **1.1. LA MAÎTRISE DES ACTIVITÉS HUMAINES DANS L'ESPACE**

##### **1.1.1. Vers des conquêtes plus lointaines...**

Il faut être conscient, tout d'abord, que les programmes COLUMBUS-HERMÈS ne représentent qu'une première étape sur la voie de conquêtes plus lointaines et plus coûteuses.

Même si ces programmes peuvent être valorisés d'un point de vue scientifique, par des activités à bord des laboratoires habités, leur principale raison d'être est, en effet :

- de préparer l'Europe aux prochaines étapes de la conquête spatiale (la Lune, puis Mars) ;

- d'asseoir sa crédibilité pour qu'elle soit considérée, dans cette perspective, par les principales puissances spatiales, comme un partenaire majeur.

En ce qui concerne les vols habités vers la Lune, notre expert, M. POGGI, évoque, dans son rapport, sans en évaluer le coût, la possibilité du développement par les Européens d'une version ARIANE 5 gros porteur (cf. infra).

Pour des voyages plus lointains, il est probable, selon le directeur des lanceurs du CNES, M. MUGNIER, que la propulsion nucléaire s'imposera un jour. Quel effort financier cela impliquera-t-il ?

Mme PRADERIE, pour sa part, fait état de l'intérêt de la communauté scientifique française et européenne vis-à-vis de "l'objectif Lune". Elle cite les études réalisées à ce sujet par l'ASE et le CNES et semble souhaiter une participation française à l'étude géophysique de ce satellite et à son utilisation comme observatoire astronomique. Elle fait valoir que l'instrumentation à mettre en oeuvre dans cette perspective correspond à des domaines d'excellence de notre pays (gravimétrie, spectroscopie infrarouge et gamma, interférométrie...).

La France déjà associée aux projets soviétique MARS 94/96 et américain MARS OBSERVER, et l'Europe, à travers le projet MARSNET<sup>1</sup>, vont se préparer à l'envoi de missions habitées vers cette planète.

Au total, les propositions du Président BUSH de retour de l'homme sur la Lune et de vol habité vers Mars sont difficiles à chiffrer, mais des estimations variant entre 200 et 400 milliards de dollars sont avancées. Le Congrès des Etats-Unis ne souhaite pas que les Américains se lancent dans de tels programmes, sans une participation étrangère d'environ 50 % (la part européenne, dans cette hypothèse, pourrait être de 25 à 30 %).

Bien sûr, ces observations sont entachées d'une très grande marge d'incertitude. Elles n'ont pas, cependant, d'autre objectif que de montrer que le problème de l'homme dans l'espace ne se limite pas à celui de sa présence dans l'espace circum-terrestre et que l'Europe, avec les programmes COLUMBUS et HERMÈS, met le doigt dans l'engrenage de missions plus coûteuses.

Ne pas participer aux étapes suivantes de la conquête spatiale reviendrait en grande partie à stériliser les investissements des programmes européens actuels relatifs aux activités humaines dans l'espace.

## 1.1.2. Un effort onéreux

### 1.1.2.1. Le coût pour l'Europe

Notre expert, M. DORDAIN, considère que l'investissement européen des cinq dernières années pour les activités liées aux vols habités a été de l'ordre de 1 milliard d'Unités de compte (7 milliards de francs). Il est difficile de donner des chiffres très précis car la plateforme polaire fait partie du programme COLUMBUS, par une aberration dénoncée, à juste titre, par notre expert M. LEBEAU.

1. Réseau de trois stations automatiques sur Mars.

Pour les années à venir, des estimations détaillées ont été établies dans le cadre du plan spatial européen à long terme.

Elles sont les suivantes, selon les documents communiqués à votre rapporteur pendant la conférence de Munich.

**DÉPENSES DU PLAN SPATIAL EUROPÉEN À LONG TERME**

	Total cumulé 1992-2005 (en millions d'UC 1990)	Part relative du total des dépenses (en %)
<b>I - VOLS HABITÉS</b>		
<b>1. Infrastructures habitées</b>		
<i>1.1. Columbus</i>		
1.1.1. Développement (phase 2)	4 367	11,14 %
1.1.2. Validation et exploitation	2 380	6,07 %
a) Laboratoire attaché	810	2,06 %
b) Laboratoire autonome		
SOUS-TOTAL	7 557	19,20 %
<i>1.2. Hermès</i>		
1.2.1. Phase 1	162	0,40 %
1.2.2. Phase 2	6 437	16,40 %
1.2.3. Validation	1 066	2,70 %
1.2.4. Exploitation	1 276	3,25 %
SOUS-TOTAL	8 941	22,80 %
<i>1.3. Utilisation de DRS</i>	39	0,09 %
<b>SOUS-TOTAL VOLS HABITÉS (COLUMBUS + HERMÈS + DRS)</b>	16 537	42,00 %
<b>II - AUTRES ACTIONS</b>		
2. Sciences de l'Univers	3 813	9,70 %
3. Observation de la Terre	3 711	9,50 %
4. Télécommunications	3 964	10,10 %
TOTAL GÉNÉRAL	39 199	100

N'ont pas été incluses dans ce tableau, les dépenses relatives aux programmes ARIANE (11,7 %) à la microgravité (5,76 %), à la R & T et aux frais généraux de l'ASE.

Les dépenses relatives à l'homme dans l'espace (COLUMBUS + HERMÈS + DRS) ont été estimées de façon minimale.

Elles n'incluent pas, en effet :

- la mise au point d'une nouvelle version d'ARIANE 5 que le lancement d'HERMÈS pourrait nécessiter (une dépense de 613 MUC

est prévue, sur la période 1992-2005, pour «l'amélioration du lanceur»);

- le développement du satellite DRS (dont on peut penser qu'il serait utile également au fonctionnement d'une station automatique);

- les vols précurseurs de COLUMBUS (sur SPACELAB et EURECA);

- le programme de microgravité (car on peut estimer que la présence de l'homme n'est pas indispensable aux activités correspondantes).

La maîtrise de l'activité humaine dans l'espace correspond néanmoins, dans ces conditions, à plus de 40 % des dépenses de l'ASE prévues pour la période 1992-2005.

Cela ne signifie pas nécessairement pour autant que ces dépenses soient effectuées au détriment des autres programmes de l'agence.

Le propre du principe des vases communicants est, en effet, de ne jamais s'appliquer dans le sens souhaité !

Renoncer aux vols habités n'accroîtrait probablement pas les crédits disponibles pour les autres activités spatiales (en tout cas, pas dans une proportion équivalente).

Mais il est clair, cependant, que les vols habités constituent pour l'ASE un nouvel effort très important.

Avec HERMÈS et COLUMBUS, en effet, le total des dépenses de l'agence de 1992 à 2005 est supérieur de 70 % à ce qu'il serait sans ces programmes.

On note dans les tableaux récapitulant les échéanciers du financement des programmes de l'agence, une forte accélération des dépenses liées au développement d'HERMÈS et de COLUMBUS entre 1992 et 1997, avec un pic en 1997 et, en ce qui concerne HERMÈS, un décollage en 1993, suivi d'une forte montée en régime jusqu'en 1997.

Le rythme de progression des frais de développement du programme COLUMBUS est plus modéré.

La répartition de ces dépenses entre les trois principaux payeurs (France, Allemagne et Italie) est la suivante :

	HERMÈS	COLUMBUS	DRS
France	43,5 %	13,8 %	20 %
Allemagne	27 %	38 %	de 10 à 12 %
Italie	12 %	25 %	45 %

La très forte participation française au programme HERMÈS (43,5 %), assortie d'un engagement nettement minoritaire dans les deux autres programmes, rend la position de notre pays assez vulnérable.

En effet, en cas de désaccord avec notre principal partenaire, l'Allemagne, ce pays dispose dans le programme HERMÈS, qui nous tient particulièrement à coeur, d'une minorité de blocage (27 %) nettement plus importante que n'est la nôtre dans COLUMBUS (13,8 %) qui constitue leur programme favori.

Cette situation témoigne, cependant, aussi d'un intérêt marqué des Allemands pour la navette spatiale et les percées technologiques qui doivent en résulter.

#### 1.1.2.2. Le coût pour la France

La participation de notre pays, dans les proportions rappelées ci-dessus, aux trois grands programmes liés aux activités humaines dans l'espace devrait être la suivante, d'ici à 2004 :

**TOTAL DES DÉPENSES FRANÇAISES  
"HOMME DANS L'ESPACE"  
1992-2004**

(en milliards de francs 1991)

1. Programme Hermès	22,022
2. Programme Columbus	4,578
3. Programme DRS	1,250
Total	27,85

À ces dépenses pourraient venir s'ajouter celles (2,2 milliards) liées au développement d'une version plus puissante d'ARIANE 5.

Ce nouveau programme éventuel est présenté comme répondant aux nécessités non seulement de lancer un avion spatial, qui pourrait être plus lourd que prévu, mais aussi de lutter contre la concurrence de la fusée américaine ATLAS 2 AS (cf. supra).

Au total, les dépenses d'investissement liées à l'homme dans l'espace représentent donc de 2,15 à 2,3 milliards de francs par an en moyenne jusqu'en 2005.

Mais à partir de 1998 (année du lancement du laboratoire autonome COLUMBUS) devront être pris en compte également des frais de fonctionnement qui pourraient s'élever, dans un premier temps, à 12 milliards de francs sur la période 1998-2004 (soit environ 200 MF par an). À partir de 2004, année de la mise en service opérationnel de la navette européenne, les charges de fonctionnement annuelles de l'ensemble HERMÈS-COLUMBUS-DRS pourraient s'élever à 7 milliards de francs (ce qui correspond au taux moyen pondéré, de l'ordre de 30 % des participations françaises aux trois programmes considérés). Mais le financement des investissements sera alors achevé.

En 1991, les autorisations de programmes engagées par le CNES pour l'exécution des programmes COLUMBUS et HERMÈS ont connu une forte accélération :

	1990	1991	Taux de croissance (en %)
Columbus*	146	242	+ 66 %
Hermès	631	923	+ 46 %

\* - 33 MF annulés en cours d'exercice.

Mais, au total, il ne s'agissait, pour l'année 1991 qui s'achève, que d'un peu plus de 15 % du total des investissements prévus du CNES.

Pour 1992, le CNES, ayant initialement estimé à 2,5 milliards de francs l'augmentation de crédits qui lui était nécessaire pour tenir ses engagements, concernant la réalisation des programmes spatiaux tant européens que nationaux, a finalement réduit sa demande à 1,350 milliard de francs.

Le Ministère des Finances ne lui a néanmoins accordé qu'un accroissement de 597 MF (soit 750 MF de moins).

Cette décision correspondait, cependant, en partie, à un désir de ne pas préjuger des résultats de la réunion ministérielle de Munich.

En cas de succès de cette conférence, 450 MF d'autorisations de programmes nouvelles devaient être inscrits dans une loi de finances rectificative pour permettre l'entrée en phase 2 des programmes HERMÈS-COLUMBUS et DRS ainsi que la poursuite du programme ARIANE 5.

Par rapport aux besoins exprimés par le CNES (1,350 milliard), il aurait continué à manquer néanmoins 300 MF (597 MF + 450 MF = 1 047 ; 1 350 - 1 047 = 303 MF).

L'agence spatiale française comptait combler, en partie, ce déficit grâce à une économie de TVA résultant d'une restructuration de ses filiales (100 MF) ainsi qu'au décalage de certains tirs commandés à Arianespace (100 MF).

Mais le conseil des Ministres européens de Munich a décidé de réduire, pour 1992, le budget de l'ASE de 5 % (voir plus loin), ce qui entraîne pour la France une économie de 215 MF.

Dans ces conditions, la somme de 450 MF qui devait être accordée au CNES par le collectif budgétaire de fin d'année devrait être réduite à 335 MF (si les souhaits de l'établissement sont satisfaits).

Compte tenu de l'impact sur COLUMBUS et HERMÈS des 5 % d'économies budgétaires de l'ASE (de l'ordre de 160 MF), les autorisations de programme relatives à ces deux projets devraient se monter, l'année prochaine, à environ 1,3 milliard de francs.

Ce chiffre n'est, certes, pas négligeable, on ne peut pas dire, cependant, que son poids dans le budget du CNES soit écrasant (cela représente 16 à 17 % de la dotation de l'établissement au titre du Budget civil de la recherche et environ 12 % de ses ressources y compris la contribution du Ministère de la Défense).

Cela étant, la part du CNES dans les autorisations de programmes nouvelles accordées dans le cadre du BCRD (Budget civil de la recherche développement) est importante (30 % en 1992) et devrait s'accroître dans les années à venir.

Mais la proportion de l'enveloppe totale du BCRD (dépenses de fonctionnement comprises) que représente le budget du CNES est plus modeste (16,5 % environ, en 1992).

Au total, votre rapporteur constate :

- que "l'homme dans l'espace" représente actuellement une part beaucoup plus importante du budget de l'ASE que celui du CNES (compte tenu de l'importance des programmes nationaux en cours de développement, par ailleurs) ;

- que cette part devrait néanmoins vraisemblablement s'accroître, en France, dans les années à venir pendant la période de plus forte accélération des dépenses de développement correspondant à la phase 2 des programmes HERMÈS et COLUMBUS (de 1993 à 1997) ;

- que les dépenses en cause représenteront alors un montant non négligeable (plus de 2 milliards de francs par an) ;

- l'appréciation de l'importance de ces dépenses dépend néanmoins des éléments de comparaison choisis, les dépenses liées à l'homme dans l'espace devraient rester en-dessous de 10 % du total des investissements de recherche (en revanche, la dotation globale du CNES représentera une part nettement plus importante de ce total. On peut aussi choisir comme terme de comparaison le chiffre des subventions de l'Etat à l'audiovisuel (2,7 milliards en 1992 y compris les moins values de recettes de TVA), compte tenu du caractère spectaculaire de l'homme dans l'espace.

Les dépenses liées aux activités humaines dans l'espace n'apparaissent pas alors excessives.

## 1.2. L'ACCÈS À L'ESPACE MILITAIRE

Votre rapporteur voudrait seulement demander au lecteur de se reporter à ses précédents développements concernant :

- le coût considérable que représente la maîtrise d'un dispositif spatial militaire aussi complet que celui des Etats-Unis ;

- les lacunes des moyens spatiaux militaires français et européens.

Leur budget spatial militaire représente 60 % du total des dépenses spatiales des Etats-Unis, soit environ 18 milliards de dollars en 1990 (contre 1,1 milliard de dollars, la même année, pour l'Europe, dont 660 millions de dollars de dépenses françaises).

Selon le tableau n° 16 du rapport de notre expert, Marc GIGET, les Etats-Unis ont actuellement une soixantaine de satellites militaires en orbite et envisagent d'en lancer encore une quarantaine dans les années prochaines alors qu'en 2007, la France ne devrait en disposer que de cinq à sept environ et l'Europe d'une dizaine au maximum...

Un système de localisation comme GPS/NAVSTAR suppose le lancement de vingt-quatre satellites défilants. Une trentaine de satellites américains ont été utilisés pendant la guerre du Golfe. L'intervalle moyen de passages entre deux satellites d'observation au-dessus de la zone de conflit était de 1 h 57 minutes. Ce délai n'a jamais dépassé 5 heures, alors qu'il sera de un à deux jours avec le système HÉLIOS de première génération.

Les Etats-Unis ont pris également une avance considérable dans les recherches relatives à la mise au point de systèmes de satellites anti-missiles balistiques (type "brilliant eyes" et "brilliant pebbles").

Cette disproportion globale de moyens n'est naturellement pas une raison pour ne rien faire et votre rapporteur se félicite, notamment, de l'effort spatial militaire français, ainsi que de l'initiative franco-britannique EUMILSATCOM et de la création, en Espagne, dans le cadre de l'UEO, d'un centre de traitement des données des satellites d'observation.

Le coût élevé des systèmes militaires spatiaux peut être une incitation à la coopération pour les pays, tels que la Grande-Bretagne et la France, qui ont déjà commencé à se doter de moyens dans ce domaine. Mais ce peut être aussi un élément qui dissuade de tout

effort d'autres pays, d'autant plus tentés de s'en remettre aux moyens américains qu'ils sont en proie à des difficultés budgétaires.

### 1.3. LE CONTEXTE BUDGÉTAIRE

Il a été souligné, au début de ce rapport, que le potentiel économique de l'Europe est égal ou supérieur à celui des deux plus grandes puissances mondiales, les Etats-Unis et l'URSS et que son potentiel technologique atteint un niveau fort respectable.

Il faut cependant nuancer cette observation en prenant en considération des différences de contexte historique et économique.

- La rivalité entre deux systèmes idéologiques opposés a été, pour les deux grands, un formidable moteur de leur politique spatiale. Ce facteur de mobilisation n'existe pas actuellement en Europe. On souhaiterait que l'idée d'une Europe unie puisse jouer le même rôle.

- Les divergences entre les niveaux des efforts relatifs des différents pays européens rendent improbable un engagement global de l'Europe en faveur de l'espace équivalent à celui des Américains.

Les Etats-Unis forment une nation, l'Europe n'a pas la même homogénéité.

- Les Etats-Unis ont fourni l'essentiel de leur effort spatial en période de forte croissance économique et l'URSS s'est lancée dans la course, elle aussi pour des raisons idéologiques et stratégiques, mais au détriment de son développement industriel et de la satisfaction des besoins de sa population (ce qui est impensable dans une démocratie). Le contexte européen actuel est évidemment, fort différent, avec, notamment :

- pour l'Allemagne, les charges financières résultant de la réunification du pays ;

- pour l'ensemble des pays européens, des déficits publics très importants (notamment en Italie), une croissance ralentie et des taux de chômage élevés ;

- en ce qui concerne la France, un niveau de prélèvements obligatoires particulièrement élevé (43,8 % du PIB).

Or l'espace coûte cher pour trois raisons principales qui tiennent :

- au prix élevé de l'accès à l'espace, du même ordre de grandeur que celui des satellites (Arianespace annonce un coût moyen, compte

tenu des lancements doubles ou triples, d'environ 36 millions de dollars. Selon Euroconsult, la valorisation moyenne des lancements représente de 45 à 130 millions de dollars suivant le poids du satellite);

- à la rapidité des progrès de la technologie qui se traduit, à chaque changement de génération de satellites, par le recours à des systèmes plus chers (par exemple le coût du programme TÉLÉCOM 1 était de 2,3 milliards, celui de TÉLÉCOM 2, de 7 milliards);

- à la nécessité d'assurer en même temps la continuité du service; dans les conditions évoquées ci-dessus, et de nouvelles prestations (liaisons avec et entre les mobiles, observation radar, etc.).

Il serait intéressant de réaliser une étude sur l'évolution respective des prix moyens du PIB et, des prix de la valeur ajoutée du secteur spatial. S'il se révèle, que le coût des activités spatiales augmente plus vite que la richesse nationale cela résulte, sans doute du fait que l'espace répond à une demande de la collectivité croissant plus rapidement que la demande globale de biens et services.

Les systèmes spatiaux se substituent aussi, dans une certaine mesure, à des infrastructures terrestres. Dans ces cas, la croissance, supérieure à la moyenne, des dépenses spatiales est tout à fait justifiée mais ce raisonnement ne vaut pas pour les activités humaines dans l'espace qui sont la conséquence d'un choix politique et n'auront pas, à un horizon prévisible, d'applications commerciales ou de service public.

\*

\*        \*

Le coût marginal élevé que représente, dans un contexte budgétaire et économique difficile, l'élévation du niveau des ambitions spatiales de l'Europe, explique donc que certaines hésitations puissent se manifester.

Ces réticences sont parfois dues aussi à des incertitudes concernant l'impact scientifique, technologique et économique des activités spatiales.

## 2. UN IMPACT ÉCONOMIQUE, SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE PARFOIS MIS EN DOUTE

### 2.1. LES CRITIQUES CONCERNANT L'ACTIVITÉ SPATIALE EN GÉNÉRAL

#### 2.1.1. Impact économique

Notre expert, M. Marc GIGET, tente d'apprécier le degré d'impact des activités spatiales sur l'économie, par rapport à l'importance des moyens qui leur sont affectés.

En d'autres termes, il essaie de mesurer l'effet d'entraînement de l'activité des agences spatiales et des contrats industriels passés par elles sur :

- les marchés d'applications (télécommunications, observation de la terre) ;

- les industries situées en aval, en amont, et en périphérie.

- Concernant les activités industrielles et les services commerciaux générés par le développement de systèmes expérimentaux par les agences, il estime que l'optimum a été atteint pour les lanceurs<sup>1</sup>. Il considère, par ailleurs, que la création par les agences de filiales industrielles et commerciales est une solution efficace lorsqu'il n'existe pas d'offre préalablement structurée (cas d'Arianespace et de Spot Image). En revanche, la création de structures parapubliques peut dissuader des sociétés de services compétitives d'intégrer les moyens spatiaux dans leurs activités. Celles-ci - fait il observer - ressentent dès lors l'espace comme un secteur fermé sur lui-même et protégé.

M. GIGET attribue aussi certains échecs (comme TDF ou Locstar) au fait que les solutions promues par les agences ne tiennent pas toujours suffisamment compte des besoins du marché ou du point de vue des opérateurs, dans des secteurs déjà bien organisés, ayant atteint une maturité commerciale incontestable, comme les télécommunications.

Après avoir souligné le potentiel très prometteur du marché d'exploitation des données d'observation de la Terre, il rappelle que les télécommunications, qui constituent l'essentiel des applications civiles de l'espace, représentent désormais pour l'industrie spatiale française un marché aussi important que les contrats d'Agence.

1. Globalement, les 2 milliards d'ECUS de développement des Arianes 1 à 4 entraînent environ 10 milliards de contrats de lancement à plus de 85 % pour des clients autres que les agences et à plus de 50 % pour des clients hors d'Europe.

L'effet d'entraînement des activités spatiales est encore plus évident, d'après notre expert, en ce qui concerne l'aval. Le marché mondial des équipements d'utilisation au sol des télécommunications spatiales est estimé, par exemple, à cinq fois celui des satellites eux-mêmes.

Les problèmes se rencontrent donc surtout en amont «L'effet d'entraînement sur les industries en amont de l'activité spatiale ne doit pas être surestimé - affirme M. GIGET - Les besoins quantitatifs des programmes spatiaux sont peu importants pour des exigences qualitatives extrêmes et spécifiques».

Il est également parfois reproché à l'espace de coûter cher à la collectivité, alors qu'il ne s'agit que d'un secteur aux dimensions limitées.

Verre à moitié vide, ou à moitié plein, le marché des applications commerciales de l'espace ne représente, on l'a vu, que l'équivalent de celui des agences. Le fonctionnement d'un système comme SPOT (qui a nécessité un investissement de 2,5 milliards de francs) n'est encore autofinancé actuellement qu'à hauteur de 50 %.

Or que représente l'espace en France ? :

- à peu près 25 000 salariés selon Euroconsult ;
- un chiffre d'affaires consolidé de 10,3 milliards de francs en 1998 (un peu plus que le budget du CNES), équivalent à 13 % seulement de celui de la branche aérospatiale ;
- les satellites de télécommunications ne correspondent actuellement (lancements compris) qu'à un peu moins de 1 % du marché total des équipements de télécommunications (2,5 % équipements sols inclus) ;
- les marges bénéficiaires des entreprises spatiales sont faibles (4 % net après impôt pour Matra).

En résumé, le scepticisme parfois rencontré en ce qui concerne l'impact économique des activités spatiales est donc fondé sur :

- la monopolisation des activités qui deviennent rentables par des filiales des agences ;
- l'insuffisante prise en compte des besoins des usagers sur les marchés arrivés à maturité ;
- un effet d'entraînement assez limité en amont ;

- le coût du soutien à un secteur qui ne représente qu'un marché et un nombre de salariés limités.

Mais les personnes qui tiennent ce type de propos oublient que la croissance des activités spatiales est très rapide<sup>1</sup> et ne se placent pas dans la perspective des services que l'espace rend à la collectivité.

Or, il ne faut pas confondre la notion d'utilité économique (que recouvre, dans notre droit public, le concept de service public industriel et commercial) avec celle de rentabilité.

Les délais de "retour" des investissements spatiaux sont -il est vrai - assez longs et l'arrivée à maturation des nouveaux marchés d'application est lente (l'observation de la terre et, plus encore, la microgravité en sont la preuve). C'est justement ce qui justifie que les finances publiques soient sollicitées.

Il n'y a pas que l'impact économique des activités spatiales qui soit parfois mis en doute, leurs retombées technologiques le sont aussi.

### 2.1.2. Retombées technologiques

L'essentiel des observations critiques de notre expert, M. Marc GIGET, sur les retombées technologiques de l'espace concerne, là encore, le secteur amont (comme pour ses analyses relatives à l'impact économique des activités spatiales).

«Le secteur spatial - écrit-il - finance très peu de technologies génériques, mais limite ses dépenses de recherche et technologie de base aux besoins extrêmement spécifiques qu'il rencontre».

Les programmes correspondants «sont focalisés - selon lui - sur des problèmes techniques spécifiques aux programmes spatiaux (propulsion, etc.). Ils ne permettent pas de faire des avancées technologiques de base significatives en dehors des spécifications spatiales».

Les auteurs d'un article paru dans le numéro de février 1991 de la revue *Sciences et Technologies*, estiment que «les transferts de technologie existent mais ne peuvent justifier les dépenses spatiales» (voir plus loin III - A - 2.).

1. Croissance du chiffre d'affaires de l'ordre de + 10 % par an, de 1980 à 1990 la part de l'espace est passée de 3 % à 13 % du chiffre d'affaires non consolidé de la branche aérospatiale.

Ils citent les propos de M. Jean-Louis LAFON, conseiller de la direction de Bertin pour les affaires spatiales selon lesquels : «L'espace absorbe indiscutablement plus de technologies qu'il n'en diffuse».

Ils concluent leur enquête en estimant qu' «il est impossible de défendre la politique spatiale sur la base de retombées technologiques directes que tous qualifient de marginales».

Ces jugements coïncident avec des propos très souvent entendus par votre rapporteur au cours du déroulement de son programme d'auditions de personnalités responsables des activités spatiales au sein des agences ou de l'industrie.

Beaucoup d'analystes s'accordent ainsi à penser que l'espace est une résultante plutôt qu'un moteur du progrès technologique, un moyen de valoriser les technologies plutôt que de les développer.

Notre expert, M. Marc GIGET, estime lui aussi que «dans tous les cas, le flux des échanges se fait très majoritairement des autres secteurs vers l'espace et non l'inverse».

«Le secteur spatial - écrit-il - n'est pas en lui même très créateur de nouvelles technologies, il est essentiellement intégrateur de systèmes complexes faisant appel à de nombreuses technologies constitutives qu'il fait fonctionner et met en interaction dans des conditions extrêmes et très spécifiques liées au milieu spatial. En ce sens, il est très consommateur de hautes technologies maîtrisées dans les secteurs amont et périphériques (matériaux, composants, informatique...) auxquelles il apporte ses propres adaptations pour répondre à ses contraintes particulières».

Il en résulte, selon notre expert, l'adoption de solutions techniques tout à fait spécifiques à partir de technologies génériques, la plupart du temps déjà bien maîtrisées, par ailleurs, et qui sont, ainsi, "spécialisées".

«Les solutions, par nature, très coûteuses adoptées dans l'espace, ont peu d'applications en tant que telles dans d'autres secteurs».

«Les principaux échanges technologiques ont lieu à l'intérieur du secteur lui-même, entre programmes scientifiques et d'applications, et entre différents domaines d'applications».

«Le problème - souligne-t-il enfin - n'est pas que les inventaires de retombées technologiques et économiques de leurs contrats, que financent certaines agences, soient faux, mais qu'ils placent ces contrats comme étant l'unique source à l'origine de filières

d'innovation (ce qui est, en revanche, inexact), se répercutant ensuite dans les différents secteurs industriels, avec des effets multiplicateurs en cascade».

Or, ces effets multiplicateurs ne peuvent pas être chiffrés de façon significative si l'on considère que les programmes des agences n'ont pas de dépendances technologiques en amont et génèrent toutes les activités technologiques mises en œuvre en aval. Il faut tenir compte également, non seulement de la valeur ajoutée créée par le contrat conclu par une agence avec une entreprise, mais aussi de toute l'expérience acquise, par ailleurs, par cette entreprise qui se trouve valorisée dans l'exécution du contrat concerné.

En conclusion, votre rapporteur estime que :

- les retombées technologiques de l'espace sont indéniables ;
- il ne faut pas les apprécier seulement en termes quantitatifs mais aussi en termes qualitatifs (l'espace est une école de rigueur, de qualité, de fiabilité...);
- l'espace absorbe plus de technologies qu'il n'en diffuse ;
- il mérite néanmoins la priorité dont il fait l'objet pour des raisons qui seront expliquées plus loin (importance stratégique, services rendus à la science et à la collectivité...).

## 2.2. LES CRITIQUES CONCERNANT L'HOMME DANS L'ESPACE

Beaucoup de membres de la communauté scientifique, sans remettre en cause l'importance de la contribution de l'espace à la science, nient l'intérêt scientifique des vols habités et craignent que la maîtrise par l'Europe des activités humaines dans l'espace ne soit acquise au détriment d'autres activités spatiales.

Telle était, en somme, la crainte exprimée par l'Académie des Sciences dans son rapport précité de mars 1988.

Les académiciens concluaient, dans ce rapport, que «l'option homme dans l'espace ne s'impose pas à moyen terme d'un strict point de vue technique».

«Cette option - déclaraient -ils - ne peut être justifiée, compte tenu du coût qui est actuellement annoncé, par de seuls arguments d'ordre scientifique ou concernant des applications industrielles et commerciales de l'espace».

«Elle peut néanmoins -admettaient-ils - être choisie pour d'autres raisons qui, pour l'essentiel, ne sont pas d'ordre scientifique».

Ainsi, concernant la maîtrise par l'Europe des vols habités, ils affirmaient que «la décision d'acquérir une telle capacité est fondamentalement une décision politique».

Votre rapporteur approuve cette dernière appréciation, tout en rappelant à nouveau le point de vue de nombreux experts selon lequel, pendant un certain temps au moins, les interventions humaines relatives aux infrastructures orbitales ne sont pas dépourvues d'intérêt (assemblage, maintenance, mise en place et retour des échantillons...), malgré :

- l'existence de solutions alternatives (plates-formes automatiques) ;

- les perspectives ouvertes par la progression de la robotique.

Leurs retombées économiques, technologiques et scientifiques se trouvant ainsi parfois mises en doute, les activités spatiales se trouvent, par ailleurs, en concurrence avec d'autres priorités de recherche et développement industrielles.

### 3. LA CONCURRENCE D'AUTRES PRIORITÉS

En ce qui concerne la répartition de la contribution globale de l'Etat au financement de la recherche et développement industrielle, l'espace peut se trouver en concurrence avec d'autres priorités jugées, d'un point de vue économique :

- soit plus fondamentales ;
- soit plus diffusantes ;
- soit plus importantes en terme de marchés et d'emplois.

#### 3.1. LES SECTEURS FONDAMENTAUX

Le secteur de l'énergie constitue à l'évidence une composante fondamentale de l'économie de notre pays.

Il importe de mener, dès à présent, des recherches sur les réacteurs nucléaires du futur et de poursuivre les études concernant le retraitement des déchets radioactifs.

Or, selon les chiffres communiqués à votre rapporteur<sup>1</sup> par le Ministère de l'économie, des finances et du budget, les autorisations de programme du CEA ont décliné ces dernières années (- 292 MF soit - 17,6 % en moyenne annuelle de 1988 à 1992) alors que l'augmentation annuelle moyenne de la dotation du CNES, pendant la même période, était de + 594 MF (soit + 9,6 %).

#### 3.2. LES SECTEURS DIFFUSANTS

Dans un rapport récent sur la recherche, M. PERRIN-PELLETIER<sup>2</sup> constate que les trois quarts des investissements de recherche industrielle en France sont concentrés sur six secteurs d'activité (parmi lesquels figurent la branche aérospatiale) qui contribuent au tiers seulement de la valeur ajoutée nationale.

Cette analyse rejoint celle faite par l'annexe au rapport économique et financier du projet de loi de finances pour 1992<sup>3</sup> en ce qui concerne la compétitivité de la France comparée à celle de l'Allemagne.

1. Il s'agit de millions de francs constants 1992.

2. «La France à l'épreuve des turbulences mondiales» - Rapport sur les comptes de la Nation de l'année 1990 - Tome I.

Les auteurs de cette annexe jugent l'effort de recherche et développement globalement moins efficace en France qu'en Allemagne.

Alors que l'Allemagne est plus généraliste et répartit plus largement ses efforts de R & D, la France est beaucoup plus spécialisée (la construction électronique et l'aérospatial mobilisent, à eux seuls, près de la moitié du total des dépenses considérées dans notre pays).

« Plus spécialisée, la R & D française apparaît aussi moins bien répartie que la R & D allemande - poursuivent les auteurs de l'annexe - En particulier, la recherche allemande est plutôt effectuée dans des secteurs où elle se diffuse ».

« Le principal point fort français (l'aérospatial) est utilisateur<sup>1</sup> et la France n'a de point fort, parmi les secteurs diffuseurs, que les télécommunications ».

À l'opposé, les points forts allemands se retrouvent plutôt dans les secteurs diffuseurs (machines, instruments, chimie) même s'il en existe aussi dans les secteurs utilisateurs (automobile, sidérurgie).

La répartition, faite par l'annexe au rapport économique et financier, des principales activités industrielles entre secteurs diffuseurs et secteurs utilisateurs est la suivante :

Secteurs diffuseurs	Secteurs utilisateurs
Ordinateurs Machines Instruments Electronique Chimie Composants et télécommunications	Aérospatial Automobile Sidérurgie Industries agro- alimentaires Textile

Source : d'après L. SOETE, 1987.

À cet égard, des domaines particulièrement stratégiques et diffuseurs tels que les biotechnologies ou les composants électroniques pourraient se trouver un jour en concurrence, lors d'arbitrages budgétaires, avec l'espace.

1. Cf. considérations précédentes sur les retombées du secteur spatial.

### 3.3. LES MARCHÉS POTENTIELLEMENT PROMETTEURS

L'ensemble des industries de la filière électronique représente un marché beaucoup plus important que l'espace. Or, la situation de l'industrie européenne dans ce secteur est très préoccupante.

Concernant l'électronique grand public qui constitue, après l'informatique (y compris les logiciels et services), le principal segment du marché considéré, l'avènement de la Télévision à Haute définition correspond, dans les années à venir, à un enjeu essentiel<sup>1</sup>.

Or, là encore, les fonctionnaires du Ministère de l'économie, des finances et du budget comparent l'évolution annuelle moyenne, de 1988 à 1992, de la dotation du CNES (+ 594 MF soit + 9,6 %) à celle des crédits de recherche<sup>2</sup> consacrés à tous les autres projets industriels hors aéronautique (+ 435 MF, soit + 9 % concernant à la fois le programme JESSI, la TVHD, le redressement de Bull, l'ensemble des projets Eurêka...).

\*

\*           \*

Dans ces conditions, l'espace, qui mérite, selon votre rapporteur, la priorité dont il fait l'objet, a intérêt à solidifier son argumentaire.

Comme il sera montré plus loin, les objectifs des activités spatiales doivent être mieux justifiés.

Sinon, les critiques qui précèdent et dont votre rapporteur s'est contenté de faire état, sans nullement les reprendre à son compte, pourraient conduire à remettre en cause les ambitions spatiales affichées par les Européens.

1. Cf. rapport de MM. Form et Pelchat N° 752 (Assemblée nationale) et N° 378 (Sénat) - seconde session ordinaire de 1988-1989.

2. Évolution des Autorisations de programme du BCRII (Budget civil de R & D) en francs constants 1992.

## **B - LES CHOIX ET LES COMPROMIS POSSIBLES**

Votre rapporteur voudrait faire état maintenant, sans prendre parti, de la variété des points de vues qu'il a entendu s'exprimer au cours du déroulement de son programme de travail, tant en France qu'à l'étranger.

Il ne s'agit que de la présentation de différentes hypothèses émises en ce qui concerne les choix ou les compromis théoriques.

Certaines de ces propositions peuvent paraître irréalistes ou politiquement inopportunes, mais c'est le propre d'une démocratie que de permettre à tous les points de vue de s'exprimer.

Il appartient, d'autre part, à l'Office de se faire l'écho, auprès du monde politique, des débats qui animent la communauté scientifique et industrielle.

Schématiquement, on se trouve en présence de deux types de propositions :

- faire des choix, c'est-à-dire arbitrer entre l'homme dans l'espace et les autres programmes spatiaux ;
- effectuer des compromis (solution pour laquelle penche votre rapporteur) c'est-à-dire tenter de concilier toutes les composantes de l'activité spatiale.

### **1. LES CHOIX : ARBITRER ENTRE L'HOMME DANS L'ESPACE ET LES AUTRES PRIORITÉ SPATIALES**

Les choix envisageables consistent :

- soit à privilégier l'homme dans l'espace au détriment d'autres activités spatiales ;
- soit à renoncer à l'homme dans l'espace provisoirement, ou définitivement.

## 1.1. PRIVILÉGIER L'HOMME DANS L'ESPACE AU DÉTRIMENT D'AUTRES ACTIVITÉS SPATIALES

Privilégier l'homme dans l'espace au détriment d'autres programmes spatiaux ne peut se faire que de façon implicite, car il va de soi qu'un tel arbitrage risque de provoquer une levée de boucliers de la part des responsables des programmes menacés.

Cela peut être aussi, dans une certaine mesure, le résultat inattendu d'une décision erronée.

On peut citer, à cet égard, l'exemple de la NASA dont 70 % du budget sont accaparés par des dépenses concernant l'homme dans l'espace.

C'est une conséquence, non seulement du coût très élevé du programme de la station FREEDOM (plus de 2 milliards de dollars en 1992) mais aussi de l'erreur stratégique du "tout navette". Cette solution consistant à s'en remettre exclusivement à un engin spatial piloté pour la mise en orbite de satellites scientifiques et commerciaux continue et continuera à coûter très cher aux Américains : cinq à sept vols par an de la navette américaine sont prévus dans les prochaines années ; le poste "Space Flights" (vols spatiaux) du budget de la NASA doit représenter, de ce fait, en 1992, 5,158 milliards de dollars, somme qui n'est pas très éloignée du montant total des dépenses de recherche et développement de l'agence américaine pour la même année (6,414 milliards de dollars).

L'erreur américaine est due, en grande partie, à une sous-estimation des frais de maintenance de l'appareil, ainsi qu'à des choix technologiques, à la fois trop et pas assez ambitieux, qui en ont réduit la fiabilité, donc la disponibilité. La cadence de vols à partir de laquelle l'utilisation de la navette était présumée rentable n'a ainsi jamais, et de loin, pu être atteinte. Un vol du Shuttle revient actuellement à environ 700 millions de dollars.

Le précédent américain, qui a conduit au découplage des missions automatiques et habitées d'ARIANE 5, doit inciter également à calculer largement les frais d'exploitation prévisibles de l'ensemble COLUMBUS-HERMÈS.

En cas de problème budgétaire liés à l'homme dans l'espace, les deux catégories de programmes les plus vulnérables sont, a priori, les télécommunications et la recherche et technologie :

- Les télécommunications, car on peut arguer du fait qu'il s'agit d'applications commerciales et que les dépenses qui leur sont liées, y

compris la recherche et développement, peuvent donc être couvertes par les entreprises concernées ;

- la recherche et technologie, car il s'agit de programmes émiettés, auxquels il est possible de porter atteinte de façon relativement discrète. Certes, les sommes en cause ne sont pas considérables, mais les arbitrages budgétaires s'effectuent souvent "à la marge".

Dans le cas des Etats-Unis, les victimes expiatoires de la faute du choix "tout navette" américain ont effectivement été, dans une large mesure, les télécommunications, d'une part, et la R & T, d'autre part.

Dans son rapport annuel sur la situation de l'industrie spatiale mondiale, Euroconsult note, en effet :

- Concernant les télécommunications spatiales, il y a un désengagement de la NASA, à partir de 1974, suivi de velléités de rattrapage à partir de 1978, sans moyens adéquats.

Le financement du programme ACTS<sup>1</sup>, déjà évoqué, auquel tenait le Congrès, contre l'avis du Président BUSH, a dû être étalé dans le temps.

- Concernant la recherche et technologie, Euroconsult constate que «c'est le poste qui a le plus souffert des compressions budgétaires», mais qu'il progresse à nouveau depuis 1988, ce dont nous ferions bien de nous inspirer.

En URSS, M. Constantin GRINGROUZ, chercheur à l'Institut de recherches spatiales soviétique, estimait dans un article de *La Recherche*<sup>2</sup> que l'apport de son pays à la recherche spatiale a commencé à diminuer à partir du milieu des années mille-neuf-cent-soixante-dix, en raison de la priorité accordée aux vols habités, au détriment de la mise au point de sondes automatiques et du développement de composants électroniques et de systèmes informatiques embarqués suffisamment fiables (cf. la perte du contrôle des deux sondes PHOBOS).

1. Advanced Communications Technologies Satellites.

2. *La Recherche* n° N° 230 - Mars 1991 - Volume 22.

## 1.2. RENONCER À L'HOMME DANS L'ESPACE

Le choix inverse, plus draconien, consiste à renoncer à l'homme dans l'espace mais ce renoncement peut être seulement provisoire, et s'il est durable, il peut s'accompagner ou non de programmes automatisés plus ou moins ambitieux.

### 1.2.1. Un renoncement provisoire

Comme cela a déjà été souligné, la présence de l'homme dans l'espace ne se limite pas à l'espace "circum-terrestre".

C'est ainsi, par exemple, que M. SUSSEL, directeur général adjoint du CNES, a exprimé auprès de votre rapporteur une opinion selon laquelle :

- l'occupation par l'homme de l'orbite basse terrestre n'était pas une finalité intéressante ;

- les explorations plus lointaines étaient autrement plus motivantes ;

- on pouvait espérer créer une gravité artificielle à bord des engins destinés à ces explorations et se dispenser en attendant, de soumettre nos astronautes aux contraintes, très éprouvantes, des séjours de longue durée en orbite basse.

- enfin, HERMÈS pourrait céder la place à un ambitieux programme technologique d'études aérothermodynamiques expérimentales (solution proposée également par des interlocuteurs allemands de votre rapporteur rencontrés lors de sa mission à Bonn, en octobre 1991).

Plus précisément les deux scénarios figurant dans l'encadré suivant pourraient être envisagés :

- ▶ un scénario de démonstration ;
- ▶ un scénario de veille technologique.

### ► Scénario de démonstration

L'avion spatial HERMÈS est remplacé par un démonstrateur inhabité, qui permet une économie de 20 % environ. La conception du MTFF de COLUMBUS doit être profondément modifiée en vue du nouvel objectif : le MTFF sert principalement de cible à HERMÈS en vue des opérations de rendez-vous et d'accostage, et il faut alors renoncer à sa fonction initiale de laboratoire visitable.

Ce scénario conduit à l'abandon des objectifs de La Haye. Pour les atteindre, il faudrait décider ultérieurement une phase supplémentaire de développement de l'avion spatial habitable et du MTFF visitable, avec un impact considérable sur les coûts et les délais, car le passage des versions automatiques aux versions habitables ne se fait pas seulement par addition d'équipements mais nécessite une refonte profonde des véhicules, qui constitue en fait un nouveau programme dont le coût est pratiquement aussi élevé que celui du développement direct.

### ► Scénario de veille technologique

La conférence ministérielle décide une phase de trois ans environ, consacrée aux activités sur les technologies les plus critiques : aérodynamique, protections thermiques, piles à combustible, etc.

En ce qui concerne le programme HERMÈS, ce scénario entraîne la dissolution des équipes industrielles (qu'il sera impossible de remettre en place ultérieurement pour entreprendre le développement), et les activités industrielles se trouvent concentrées chez les principaux participants, France et Allemagne, créant un problème avec les autres pays et réduisant à néant le rôle de l'ASE.

Une décision complémentaire portant sur le développement d'Hermès et du MTFF de COLUMBUS reste à prendre à l'issue de la phase de veille technologique.

Les autres conséquences programmatiques sont un allongement considérable du coût et de la durée du programme.

Source : CNES

Il n'est pas certain, cependant, que si l'Europe s'imposait ainsi une "traversée du désert" (pour reprendre l'expression de l'Académie des Sciences), elle puisse, ensuite, revenir dans la course aux conquêtes lointaines, en coopération avec les autres puissances spatiales.

Selon notre expert, M. DORDAIN, les vols habités en orbite basse sont, pour l'Europe, une première étape naturelle dans la préparation à ces conquêtes plus ambitieuses.

Votre rapporteur a, par ailleurs, parfois entendu critiquer, aux Etats-Unis, la progression proposée par le Président BUSH, en matière de vols habités :

La station, puis la Lune, puis la planète Mars.

Les personnes concernées faisaient le type de remarques suivantes :

- «Le succès de la mission APOLLO a démontré qu'on peut aller sur la Lune sans mise en place préalable d'une infrastructure orbitale habitée» ;

- ou bien «le retour sur la Lune n'est pas une étape indispensable pour la conquête de la planète Mars» (de fait von BRAUN avait conçu dans les années soixante-dix, un projet, sans étape lunaire, basé sur l'assemblage en orbite terrestre d'une fusée géante ; d'autre part, avant la remise en cause actuelle des programmes spatiaux en URSS, les Soviétiques ambitionnaient d'envoyer un homme sur Mars vers 2010-2015, sans passer par la Lune).

Il est possible cependant, de rétorquer que :

- l'objectif de la mission APOLLO n'était pas lié à l'implantation sur la Lune d'une base permanente désormais envisagée ;

- qu'outre son intérêt intrinsèque en tant que base astronomique et sélénophysique, la Lune peut être une base intermédiaire utile pour aller vers Mars, en raison des sources d'énergie qu'elle est susceptible de produire (hélium) et du fait qu'il est plus facile pour une fusée de s'arracher à la Lune que de se libérer de l'attraction terrestre.

Ces considérations n'ont pas d'autre objet que de montrer que plusieurs stratégies à très long terme sont possible en matière de vols habités et que certains sauts d'étapes, pouvant impliquer une abstention provisoire dans ce domaine, sont parfois proposés.

### 1.2.2. Un renoncement durable

Il peut aussi être estimé que les vols habités ne sont pas un objectif souhaitable pour l'Europe ou même pour l'humanité, dans un avenir prévisible.

L'un de nos experts, M. PELLAT, estime ainsi que «l'homme s'installera dans le système solaire mais que les moyens de lancement actuels sont trop coûteux pour que cette colonisation ait un avenir proche» (mais il n'en propose pas moins une solution pour les vols en orbite circum-terrestre, voir plus loin).

Certains des interlocuteurs allemands que votre rapporteur a rencontrés à Bonn envisageaient que l'Europe renonce, à tout le moins, à la navette HERMÈS et même, purement et simplement, à toute ambition en matière de vols spatiaux habités.

M. BLAMONT<sup>1</sup> se déclare, par ailleurs, persuadé qu'à la date envisagée par le Président BUSH pour l'envoi d'un homme sur Mars (2017), les fonctions d'un être humain pourront probablement être remplies par des systèmes automatiques, étant donné la rapidité des progrès de l'intelligence artificielle.

Il affirmait ainsi, en juin 1991, en conclusion de son intervention à un colloque sur les apports de la conquête spatiale à l'humanité que «les équipements que nous utilisons aujourd'hui pour nos activités spatiales seront remplacés par d'autres permettant la colonisation de la Lune et de Mars par des engins intelligents.

Il apparaît, en résumé :

- qu'un renoncement **provisoire** de l'Europe à l'homme dans l'espace risque de rendre difficile sa participation ultérieure aux explorations spatiales lointaines ;

- qu'un renoncement **durable** à cet objectif suppose l'abandon d'un grand dessein européen unificateur auquel M. BLAMONT propose de substituer un pari sur la robotique intelligente.

Il paraît, cependant, difficile que le robot européen dans l'espace puisse constituer un symbole aussi mobilisateur que l'homme européen dans l'espace.

Mises à part les solutions d'abandon, durable ou provisoire, qui viennent d'être évoquées, des compromis entre l'homme dans l'espace et les autres activités spatiales apparaissent possibles.

1. Conseiller du CNES.

## 2. LES COMPROMIS : TENTER DE CONCILIER TOUTES LES COMPOSANTES DE L'ACTIVITÉ SPATIALE

Deux types de solutions sont théoriquement envisageables pour mener de front les activités spatiales humaines et automatiques :

- l'adaptation des ressources ;
- la recherche d'économies sur les vols habités.

### 2.1. L'ADAPTATION DES RESSOURCES

L'adaptation des ressources budgétaires spatiales au nouvel objectif que représente la maîtrise de l'activité humaine dans l'espace est bien la solution qui a été recherchée par l'ensemble des pays européens concernés.

Jusqu'en 1998, c'est-à-dire dans la période de montée en régime des programmes HERMÈS et COLUMBUS, les dépenses de l'ASE prévues par le plan spatial européen à long terme, devraient augmenter de 30 % (en millions d'unités de compte 1992).

La dotation du CNES, qui s'est accrue de + 9,6 % en moyenne, de 1988 à 1992, devrait croître à nouveau de 10 % environ l'année prochaine, si le prochain collectif budgétaire ajuste les crédits prévus par la loi de finances initiale en fonction des décisions prises à Munich.

Jusqu'ici, ces augmentations ont permis de concilier la poursuite de la phase de prédéveloppement (phase 1) d'HERMÈS et COLUMBUS avec la continuation des autres principaux programmes spatiaux dont le CNES a la responsabilité.

La situation aurait pu devenir plus critique à partir de 1993 si les scénarios initialement envisagés (à La Haye puis à Santa Margherita) avaient été retenus. Le démarrage de la phase de développement (phase 2) d'HERMÈS et COLUMBUS se serait alors traduit, en effet, par une forte accélération des dépenses jusqu'à un pic situé en 1996, suivi d'une décélération.

Le scénario dit "de Darmstadt" proposé à Munich par l'ASE prévoit une montée en régime beaucoup plus progressive et repousse à la fin de la décennie (1999 à 2001) la période d'accélération la plus sensible des dépenses.

Ces réajustements sont la conséquence :

- d'un dérapage des coûts des programmes par rapport aux prévisions initiales (+ 40 % pour HERMÈS dont + 23 % liés à l'allongement des délais d'achèvement et + 14 % pour COLUMBUS) ;
- des difficultés éprouvées par les Allemands pour faire face à ce supplément de dépenses.

Le budget spatial de l'Allemagne a augmenté de 7 % en 1992, passant de 1,54 à 1,73 milliards de deutsch mark<sup>1</sup>, mais cet accroissement était insuffisant pour permettre à nos partenaires d'assurer leur quote-part du financement des programmes européens.

L'adaptation des ressources ayant ainsi rencontré ses limites, face au dérapage des coûts et aux difficultés allemandes, il a fallu envisager d'agir aussi au niveau des dépenses.

## 2.2. LES ACTIONS TENDANT À MAÎTRISER LES DÉPENSES

### 2.2.1. L'étalement des programmes

Le scénario initial défini à La Haye impliquait une croissance annuelle très rapide des dépenses liées au développement d'HERMÈS et de COLUMBUS pendant les années 1992-1993 et 1994.

La demande allemande de réduire l'accélération initiale du rythme d'engagement des crédits s'est traduite par la définition à Santa Margherita d'un scénario différent.

La montée en puissance du financement du développement des programmes était moins rapide et le pic atteint en 1995 moins élevé.

En revanche, l'allongement des délais se traduisait par une augmentation du coût total des opérations (HERMÈS étant lancé en 2000 au lieu de 1998).

L'Agence spatiale européenne a, ensuite, proposé en vue de la conférence ministérielle de Munich une accentuation de l'effort de réduction des dépenses annuelles, en allant, selon les industriels, au maximum de l'allongement des délais compatible avec le respect des objectifs de La Haye et le maintien de la cohérence des programmes d'infrastructure orbitale.

1. On est loin des 2,5 milliards de DM par an, prévus en juin 1990, par le plan spatial à long terme allemand.

Il est donc prévu maintenant de lancer HERMÈS en 2002 et le laboratoire autonome en 2003, la première desserte de celui ci par la navette européenne devant avoir lieu en 2004.

Le nouveau scénario, défini à Darmstadt, repose sur le développement fractionné des sous-systèmes de l'avion spatial, les éléments les plus critiques étant les premiers développés.

Cette approche inédite semble témoigner d'une certaine méfiance à l'égard de la faisabilité du projet et de la possibilité d'en maîtriser les coûts. Si elle était poussée trop loin, elle risquerait, selon le CNES, de contrarier le bon déroulement des opérations.

Au total, les dépenses annuelles sont beaucoup moins élevées jusqu'en 2000 (mais le coût du projet HERMÈS augmente de ce fait de 23 % au total).

L'accélération des engagements de crédits se fait à partir de 1998-1999, certains y voient une occasion pour les Allemands, ayant retrouvé alors une certaine aisance financière, d'accroître leur participation dans HERMÈS ou de tirer profit de ce programme pour le développement de leur projet d'avion hypersonique SÄNGER.

### 2.2.2. L'alternative des capsules

L'un des experts de l'Office, M. René PELLAT<sup>1</sup>, estime qu'il aurait été préférable pour les Européens de desservir les laboratoires COLUMBUS par des capsules, moins chères et plus fiables. Les autres experts de l'Office<sup>2</sup>, consultés à ce sujet, ne partagent pas cet avis.

Le tableau ci-dessous résume leurs arguments respectifs.

#### COMPARAISON DES AVANTAGES RESPECTIFS DES CAPSULES ET DES NAVETTES SPATIALES

AVANTAGES CAPSULES	AVANTAGE D'HERMÈS
coût de vol inférieur, - souplesse d'accès aux infra-structures desservies - sécurité de l'équipage - expériences économiques à bord (microgravité, physiologie animale).	- percée technologique, - manoeuvrabilité - réutilisation - confort de l'équipage

1. Président du conseil d'administration du CNRS et conseiller du CNES pour la R & T.

2. MM. Poggi et Dordain.

M. PELLAT fait valoir que les capsules :

- ne sont pas des engins purement balistiques mais disposent d'une certaine portance ;
- peuvent être lancées en toutes circonstances (de nuit, etc.) ;
- sont plus robustes, et plus simples donc plus sûres ;
- sont bien adaptées à certaines expériences de microgravité ou de sciences de la vie.

Il reconnaît, cependant, que son projet ferait concurrence à la plate-forme EURECA et s'ajouterait à des moyens d'expérimentation déjà surdimensionnés dans le domaine de la microgravité.

Néanmoins, il pense qu'il peut s'agir d'une solution de repli, en cas de difficultés rencontrées dans le développement des programmes HERMÈS et COLUMBUS. Cette solution présenterait, en outre, l'avantage de renforcer par la même occasion notre autonomie à l'égard des Américains.

(EURECA et SPACELAB dépendent de la disponibilité du Shuttle, qui doit lancer également le laboratoire APL-COLUMBUS ainsi que les éléments de la station FREEDOM auquel ce laboratoire sera rattaché).

### 3. COMMENTAIRE DU SOMMET DE MUNICH

L'enjeu essentiel du conseil des Ministres de l'ASE qui s'est tenu à Munich du 18 au 21 novembre était de convaincre les Allemands de s'engager à participer, à hauteur de leur quote-part, au financement du développement des programmes COLUMBUS et HERMÈS.

Les Allemands étaient surtout réticents vis-à-vis d'HERMÈS, compte tenu des dépassements de crédits déjà enregistrés durant la phase de pré-développement qui s'achève.

La conférence a finalement permis d'obtenir un sursis d'une année, tout en confirmant la stratégie à long terme.

Ils manquaient aux Allemands 130 millions de DM pour financer leur contribution aux programmes spatiaux européens en 1992.

Un compromis a été trouvé sur ce point, l'Allemagne ayant accepté de mettre sur la table des négociations 60 millions de DM supplémentaires ; l'ASE a décidé, de son côté, de financer les 70 DM

manquant par une réduction de 5 % de ses dépenses l'année prochaine<sup>1</sup>.

Toutefois, les crédits nécessaires au développement (phase 2 des programmes HERMÈS-COLUMBUS-DRS n'ont été engagés qu'au titre de l'année 1992.

Le point sera fait en Espagne l'année prochaine sur la situation financière de ces programmes.

Le principe d'une réunion ministérielle annuelle a été retenu.

Il semble que les Allemands entendent ainsi faire pression sur les industriels pour éviter des dépassement de devis, voire orienter l'ASE vers un système un peu analogue au "go as you pay" préconisé par le rapport Augustine.

D'après marchandages risquent ainsi d'être effectués les prochaines années car il manque aux Allemands de 1,1 à 1,5 milliards de mark jusqu'en 1995 pour financer leur contribution aux programmes spatiaux européens.

Tout au long de la conférence, la France, l'Italie et la Belgique se sont montrées soucieuses de préserver la cohérence entre les divers éléments de la filière européenne d'accès aux vols habités et l'équilibre politique nécessaire à la continuation des programmes concernés.

Avec l'acceptation d'un réexamen annuel des dépenses, la principale décision prise par le Conseil de Munich a été celle relative à l'exploration de possibilités de coopérations internationales dans le domaine des vols habités (Américains, Soviétiques et Japonais paraissent songer actuellement à de petits véhicules de desserte des stations spatiales...).

En conclusion, votre rapporteur voudrait affirmer son hostilité à tout scénario de dissociation d'HERMÈS et COLUMBUS ou d'amputation du programme COLUMBUS.

Cette hostilité est basée sur des raisons techniques et politiques :

- Techniquement, l'expérience des années récentes montre qu'il est aléatoire de s'en remettre au seul Shuttle américain pour la desserte d'infrastructures orbitales européennes.

La navette américaine n'a-t-elle pas été plus d'une fois clouée au sol par des fuites d'hydrogène ou d'autres problèmes ?

1. Il en résulte une économie de 215 MF sur notre contribution à l'ASE.

Les Allemands, très impliqués dans les programmes SPACELAB, en savent quelque chose ! Le coût résultant des retards de calendrier de lancements de la navette après l'accident de CHALLENGER a été élevé (stockage des satellites et des instruments scientifiques...) Les inconvénients concernant la planification des programmes ont été lourds. Peut-on exclure toute difficulté à l'avenir ?

D'autre part, ne réaliser que le laboratoire attaché en renonçant au laboratoire autonome serait, certes, économique (le coût du premier n'est que de 1 MUC alors que celui du second est, selon M. DORDAIN, d'environ 10 MC). Mais d'un point de vue scientifique, le laboratoire autonome permet des expériences plus intéressantes parce que les conditions de microgravité à bord sont meilleures, en raison de son orbite plus élevée et du fait qu'il n'est pas habité en permanence.

- Politiquement, continuer à s'en remettre aux moyens américains ou russes, plus ou moins complètement, serait reconnaître l'importance de l'homme dans l'espace sans s'en donner les moyens. Ce serait aussi faire éclater le fragile équilibre sur lequel repose l'unité spatiale européenne qui est le fruit d'un effort patient et laborieux.

Le choix de l'homme européen dans l'espace est un choix politique qui ne s'accommode pas tellement de demi-mesures ou de tergiversations excessives. Ce que nous voulons montrer, c'est notre unité et notre crédibilité liée à notre savoir-faire.

Ces objectifs supposent un minimum de détermination.

Enfin, l'existence d'une filière européenne autonome de vols habités offre une possibilité de débouché aux programmes européens dans l'hypothèse, qui ne peut être totalement exclue, d'une annulation par les Américains de la station FREEDOM (supposons, par exemple, qu'un Président appartenant au parti démocrate succède au Président BUSH...).

Des hypothèses qui viennent d'être passées en revue, deux paraissent devoir retenir particulièrement l'attention :

- celle d'un recours accru à la coopération internationale en matière de vols habités ;

- la solution de repli des capsules, qui pourrait être mise en oeuvre dans des délais assez brefs au cas - qui paraît hautement improbable à votre rapporteur - où la réalisation d'HERMÈS se heurterait à des obstacles insurmontables.

\*

\*        \*

En résumé, l'Europe peut paraître vouloir jouer dans la cour des grands tout en hésitant à s'en donner les moyens. Elle doit, en tout état de cause, mobiliser plus efficacement son potentiel au service d'objectifs équilibrés et mieux justifiés.

### **III - ... UNE MOBILISATION PLUS EFFICACE DES MOYENS EUROPÉENS AU SERVICE D'OBJECTIFS ÉQUILIBRÉS ET MIEUX JUSTIFIÉS S'AVÈRE EN TOUT ÉTAT DE CAUSE INDISPENSABLE**

#### **A - DES OBJECTIFS QUI DOIVENT ÊTRE ÉQUILIBRÉS ET MIEUX JUSTIFIÉS**

##### **1. DES OBJECTIFS ÉQUILIBRÉS**

###### **1.1. L'ÉQUILIBRE ENTRE LES DOMAINES D'ACTIVITÉ SPATIALE**

Dans son rapport, précité, de mars 1988, le comité de la recherche spatiale de l'Académie des Sciences rappelait, sans prendre position sur l'opportunité ou non d'envoyer un homme dans l'espace, l'impérieuse nécessité de conduire parallèlement le développement de la recherche spatiale.

«Tous les membres de notre Comité - était-il souligné - s'accordent, quelle que soit leur appréciation personnelle de l'opportunité de cette option, à considérer qu'elle devra préserver les activités correspondant à des services visant un résultat commercial d'une part, et, d'autre part, celles qui relèvent de la science».

Votre rapporteur comprend et partage cette préoccupation.

Il lui paraît donc indispensable que les vols habités ne remettent en cause :

- ni la priorité dont l'observation de la terre doit faire l'objet ;
- ni la préparation des futures générations de satellites de télécommunications ;
- ni la constance nécessaire de l'effort de recherche dans le domaine des sciences de l'univers.

### **1.1.1. L'observation de la terre doit faire l'objet d'une priorité**

L'observation de la terre doit faire l'objet d'une priorité pour des raisons stratégiques, commerciales, scientifiques et de service public.

#### *1.1.1.1. Une priorité stratégique*

- Stratégiquement, l'observation de la Terre constitue un élément très important des dispositifs de **recueil de renseignement**, composante essentielle, avec les communications et la localisation, de tout système spatial militaire.

Les moyens spatiaux d'observation de la terre sont également indispensables à la vérification de l'application des accords de désarmement ainsi qu'au contrôle de la non prolifération nucléaire, même s'il s'agit d'instruments nécessaires mais non suffisants qui ne dispensent pas d'investigations à terre, sur place.

#### *1.1.1.2. Une priorité commerciale*

- Sur le plan commercial, l'utilisation de l'imagerie radar et optique à haute résolution, fournie par satellite, représente un marché très prometteur.

Potentiellement, il s'agit même, selon notre expert M. Marc GIGET, d'un marché supérieur à celui des télécommunications spatiales.

Les applications dans les domaines de l'environnement, de l'agriculture, de la cartographie et de l'occupation des sols ne cessent de s'élargir selon le dernier rapport d'Euroconsult sur la situation de l'industrie spatiale dans le monde.

L'exploitation des données en aval est en plein développement.

#### *1.1.1.3. Une priorité scientifique*

D'un point de vue scientifique, des outils spatiaux sont irremplaçables, les besoins à satisfaire urgents et les résultats obtenus constituent une aide à la décision précieuse pour la détermination des politiques à mettre en oeuvre pour préserver l'environnement et prévenir les catastrophes naturelles.

Les outils spatiaux sont irremplaçables car ils donnent le recul indispensable à une appréhension globale des phénomènes et permettent d'intégrer l'ensemble des données recueillies localement par des mesures au sol ou embarquées.

Les priorités, au niveau thématique, sont l'étude des conséquences des activités humaines sur les équilibres physico-chimiques de l'atmosphère, et les conséquences climatiques des interactions entre l'atmosphère, l'océan et la biosphère continentale<sup>1</sup>. Viennent ensuite l'étude de la terre solide et des relations soleil-terre.

Au niveau instrumental nos experts sont impatients de pouvoir disposer de lidars spatialisables d'une durée de vie suffisante et d'un instrument amélioré d'observation de la couleur de l'eau.

Au niveau satellitaire, votre rapporteur souscrit, en ce qui concerne l'orbite polaire, aux conclusions de M. LEBEAU tendant à :

- distinguer, d'une part, les missions opérationnelles ou supposant une continuité des mesures et, d'autre part, les missions expérimentales ;

- lancer, le plus rapidement possible, un satellite dédié à l'observation globale de l'environnement qui complète et relaient, avec des instruments disponibles le satellite américain UARS (Upper Atmospheric Research Satellite), en attendant le lancement d'une plate-forme polaire européenne allégée.

Il s'agit donc, en résumé, de scinder en deux parties la plate-forme polaire européenne actuellement prévue, et de lancer, en attendant, un satellite d'étude de l'environnement qui remplisse les missions envisagées par les projets français GLOBSAT et allemand ATMOS.

La recherche scientifique dans le domaine de l'observation de la terre est une nécessité urgente car, comme le signalent nos experts, les constantes de temps mises en jeu vont de la décennie au siècle et certains effets sont dès aujourd'hui sensibles à l'échelle planétaire (augmentation de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre, diminution de la couche d'ozone...).

1. Constituent des priorités :

- la quantification des échanges d'énergie, moteur de la dynamique atmosphérique dans les régions tropicales ;
- la quantification du cycle de l'eau, moteur principal du climat ;
- la quantification des rétroactions de la couverture nuageuse dans les évolutions climatiques ;
- le rôle des glaces de mer (calottes polaires) dans la dynamique du climat.

#### *1.1.1.4. Une priorité politique*

Compte tenu de la grande marge d'incertitude qui affectent les prévisions dans ce domaine, l'amélioration des modèles climatiques<sup>1</sup> constitue un élément d'aide à la décision fondamentale en matière de politique de l'environnement.

L'observation spatiale de la terre peut ainsi contribuer à déterminer dans quelle mesure la préservation de notre environnement exige, par exemple, une modification des consommations d'énergie dans le monde, afin de limiter les émissions d'origine humaine de gaz carbonique.

### **1.1.2. Il faut préparer les futures générations de satellites de télécommunications**

#### *1.1.2.1. Un enjeu commercial important*

Les télécommunications spatiales constituent, pour le moment, la principale application civile de l'espace. Le marché, en France, est équivalent à celui des agences.

Les trois quarts des lancements effectués par ARIANE concernent des satellites de télécommunication.

Le marché mondial des équipements au sol est estimé à cinq fois celui des satellites eux-mêmes.

Les petits terminaux de réception de télévision (TVRO) et de réseaux privés d'entreprise (VSAT) représentent 60 % de ce marché du segment sol.

1. Du fait de l'introduction de données relatives aux couplages entre l'atmosphère, les océans et la biosphère et aux rétroactions dues aux nuages.

Les enjeux pour les années à venir sont selon notre expert M. Marc GIGET les suivants :

**ENJEUX ÉCONOMIQUES ET POSITIONS EUROPÉENNES SUR LES  
DIFFÉRENTS SEGMENTS INDUSTRIELS DES  
TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES**

Marché	Part actuelle du marché mondial détenue par les Européens	Enjeu pour la décennie à venir (en milliards de \$)
Lancements satellites	60 %	9 à 13
stations sol (tous types)	25 %	12 à 15
	12 %	48 à 72

Ainsi, M. GIGET estime que :

- «ce secteur est bien loin d'avoir trouvé les limites de son développement et que son potentiel de croissance reste très important» ;

- «les positions européennes y sont fragiles et très en deçà de ce que doivent être ses ambitions» face à la concurrence de l'industrie américaine, qui bénéficie de commandes militaires considérables, et à celle de l'industrie japonaise qui progresse très rapidement par les composants et les équipements».

Il conclut que «si le secteur spatial n'arrivait pas à maintenir ses positions et à se renforcer sur le marché des satellites de télécommunication et qu'il doive se replier sur les marchés d'agences, il perdrait sa dimension industrielle et l'essentiel de son impact économique».

*1.1.2.2. La nécessité d'une veille technologique*

M. GIGET estime que «les besoins de R & D de l'industrie européenne (au sein de laquelle la France est leader) restent très importants».

«La poursuite du désengagement des agences dans ce domaine - poursuit-il - serait très grave».

Votre rapporteur rappellera ici ses principales constatations concernant :

- la rapidité des évolutions technologiques en cours (montée en fréquence, traitement à bord, antennes, composants hyperfréquences) ;

- l'existence de projets américains, très ambitieux de constellations de satellites de liaison entre les mobiles ;

- l'absence de réelle stratégie de l'ASE face aux choix technologiques nécessaires :

- satellites transparents ou traitements à bord ?
- quel type de traitement à bord ?
- montée en fréquences ou réutilisation de fréquences ?

- Les lacunes des programmes de l'ASE en matière de satellites préconcurrentiels (à part les minisats) et la dispersion des efforts européens en la matière.

Il paraît, en tout état de cause, indispensable à votre rapporteur de développer un effort de recherche et développement important concernant :

- les composants (et notamment les composants hyperfréquences) ;

- les antennes (particulièrement les antennes actives) ;

- les équipements au sol liés à la télédiffusion directe (TVRO) et aux réseaux de communication entre entreprises (VSAT) ;

- les liaisons entre satellites défilants (dans l'hypothèse du déploiement de constellations de satellites de liaisons entre les mobiles).

On peut, certes, mettre en doute la nécessité d'un soutien public important à la R & D en matière de télécommunications spatiales en arguant :

- de la qualité des infrastructures terrestres ;

- de la capacité d'autofinancement des entreprises concernées ;

- de l'intérêt commercial incertain de certaines nouvelles technologies.

Mais, votre rapporteur voudrait insister, en réponse sur :

- la complémentarité entre réseaux terrestres et satellites de télécommunications (sécurisation mutuelle...) et sur les avantages spécifiques des satellites (mise en oeuvre rapide, couverture mondiale, possibilité de liaisons avec des points fixes ou des mobiles isolés...).

- le taux d'autofinancement des dépenses de R & D des entreprises françaises (50 à 60 %), plus élevé que celui de leurs concurrents américains (20 %) ;

- enfin, les incertitudes relatives aux applications commerciales éventuelles de nouvelles technologies ou des nouveaux projets ne sont pas une raison pour ne pas s'y préparer.

Tenter une impasse serait dangereux. Il faut être paré à toute éventualité.

### **1.1.3. La constance de l'effort mené dans les sciences de l'univers est indispensable**

Le développement de satellites scientifiques est un moteur du progrès technologiques de l'ensemble de secteur spatial, car il est possible dans ce domaine, de tenter des solutions audacieuses qui seraient déconseillées pour des satellites opérationnels d'application commerciale qui doivent privilégier le choix d'instruments éprouvés.

L'essentiel, en ce qui concerne les sciences de l'univers, est d'assurer la constance de l'effort poursuivi par la garantie d'un flux de ressources suffisant.

La proportion de 10 % de l'ensemble des dépenses spatiales, considérée comme souhaitable, ne correspond plus à grand chose, étant donné l'augmentation globale des budgets des agences liée à l'homme dans l'espace.

Il faut donc, soit se référer à l'ensemble des dépenses hors vols habités, soit garantir au budget des sciences de l'univers un certain taux de progression annuelle.

Il s'agit, en tout état de cause, d'un domaine dans lequel la coopération internationale doit s'accroître, ce qui permettra une utilisation plus efficace des crédits (par la création de synergies et par l'élimination des redondances, particulièrement en ce qui concerne les rayons X).

\*

\*           \*

Pour garantir l'équilibre nécessaire entre les différentes composantes de l'activité spatiale, votre rapporteur propose :

- une loi de programmation spatiale définissant les priorités et les conditions de leur financement ;

- ou, à défaut, la création d'une enveloppe budgétaire séparée consacrée aux vols habités : la gestion devrait en être confiée au CNES ; les dépenses correspondantes pourraient, par exemple, figurer, partiellement ou totalement, parmi les contributions internationales de la France qui sont inscrites au budget des affaires étrangères (affaires européennes). Cette dernière solution, bien sûr, ne contribuerait, en aucun cas, à résoudre le problème du déficit budgétaire français, mais elle aurait l'avantage de permettre de ne pas faire peser sur le BCRD (Budget civil de la Recherche et Développement) le poids de programmes à caractère essentiellement politiques.

Ainsi pourrait être également évitée la fâcheuse impression que produirait auprès de la communauté scientifique l'accaparement par l'espace d'une part trop importante du budget de la recherche.

L'équilibre entre les différents domaines des activités spatiales étant ainsi garanti, il faut concilier les exigences liées aux différentes catégories de missions.

## 1.2. L'ÉQUILIBRE ENTRE LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE MISSIONS

Les activités spatiales peuvent correspondre à plusieurs types de motivations : politiques (recherche de prestige, construction européenne), commerciales, ou de services publics.

Les missions peuvent être de plusieurs types : expérimentales, préopérationnelles ou opérationnelles.

Elles peuvent être grandes, moyennes ou petites, prudentes ou audacieuses, tournées vers le court terme ou le long terme.

L'une des principales difficultés de la politique spatiale est de parvenir à concilier ces différentes exigences.

### 1.2.1. L'équilibre entre les composantes expérimentales et opérationnelles

Le problème de l'équilibre entre les composantes expérimentales et opérationnelles des systèmes spatiaux est lié à celui du choix entre solutions audacieuses ou prudentes, conservatrices ou innovatrices.

▶ Dans le domaine des sciences de l'univers, par essence expérimentale, des solutions audacieuses - on l'a vu - peuvent être tentées.

▶ Dans celui de l'observation de la terre, les composantes opérationnelles et expérimentales sont étroitement imbriquées. Cette imbrication tient au fait que les données des satellites météorologiques sont indispensables aux scientifiques et que les opérateurs, comme les savants, ont besoin dans ce domaine de mesures continues.

Il convient cependant :

- de faire preuve d'une certaine prudence dans le passage à de nouvelles catégories de satellites météorologiques afin de ne pas risquer d'interrompre la continuité du service ou d'imposer à la collectivité des charges financières excessives ;

- de ne pas confondre les missions pour lesquelles une continuité de mesures n'est pas requise (celles destinées, par exemple, à tester de nouveaux instruments) et les autres catégories de missions expérimentales qui, elles, peuvent se combiner avec des missions opérationnelles.

▶ Dans le domaine des télécommunications, il importe de ménager une place importante, entre les satellites technologiques d'avant-garde et les satellites opérationnels, à la catégorie intermédiaire des satellites expérimentaux pré-concurrentiels et des satellites pré-opérationnels.

Il n'est pas facile, à cet égard, de prévoir dans quelle mesure les nouvelles technologies répondent ou non à l'attente du marché.

Il convient aussi, en ce qui concerne l'Europe, de faire la part entre les besoins de notre propre marché et ceux des marchés d'exportation.

La part du marché mondial que représente le marché européen s'est accrue ces dernières années, passant de 20,2 % dans les années quatre-vingts à 31,2 % au début des années quatre-vingt-dix. Mais le marché des organisations internationales (INTELSAT,

INMARSAT...) et celui des pays autres que l'Europe et les Etats-Unis représente actuellement 40 % du marché mondial.

Or, d'après une étude d'Euroconsult sur la compétitivité de l'industrie spatiale européenne, les caractéristiques des satellites utilisés en Europe ne répondent pas à l'attente des clients à l'exportation du fait d'une trop grande sophistication liée à l'étroitesse des zones de couverture en Europe et à la pénurie de fréquences disponibles en bande C qui oblige à recourir à des fréquences plus élevées<sup>1</sup>.

La faisabilité technique et l'horizon auquel les constellations de satellites de liaisons entre les mobiles pourraient être opérationnelles (projet Iridium...) sont également loin d'être évidents.

Faut-il, par ailleurs, développer le traitement à bord des satellites alors que 80 % des capacités des satellites européens sont employées à la télédiffusion, pour laquelle la transparence suffit... ?

Il faut, ainsi, être paré, à la fois à toute application commerciale éventuelle de nouvelles technologies, et répondre aux besoins de satellites simples et peu chers qui se manifestent sur les marchés d'exportation.

Cela n'est pas évident !

- En matière de lanceurs, comme on l'a vu, le choix de solutions simples et éprouvées a été privilégié dans le programme de développement d'ARIANE 5, afin d'obtenir un degré de fiabilité qui satisfasse à la fois les besoins du marché commercial et ceux liés aux vols habités.

### **1.2.2. La conciliation des objectifs commerciaux et de service public**

Le problème de la conciliation entre les objectifs commerciaux et les objectifs de service public de l'espace se pose surtout en ce qui concerne l'observation de la terre.

Pour des marchés entièrement nouveaux, comme ceux liés à l'exploitation des données de l'imagerie à haute résolution fournies par satellite, la création de filiales des agences est, dans un premier temps, une bonne solution.

1. La bande Ku est majoritairement en Europe utilisée alors que les besoins en bande C continuent à être très importants chez les pays importateurs.

Le désengagement des agences au fur et à mesure de la maturation du marché ne sera cependant pas facile à gérer.

Leur rôle reste déterminant, pour les années à venir, selon notre expert Marc GIGET :

«Il concerne le financement des systèmes expérimentaux et opérationnels en phase de démarrage, leur adaptation à un marché extrêmement divers et le soutien à l'ensemble de la chaîne de valeur ajoutée intervenant en aval des données d'observation de la Terre. La concurrence internationale dans ce secteur, venant des États-Unis, qui après un dégagement public trop précoce reviennent en force, et du Japon qui en fait un axe prioritaire, est extrêmement dure sur l'ensemble de la filière allant du matériel spatial aux services fournis aux utilisateurs finals. L'essentiel du marché se situe en aval de la fourniture des données satellites».

«Les investissements restant à réaliser sont toutefois considérables - poursuit notre expert - tant au niveau des systèmes spatiaux eux-mêmes qu'à celui de toute la filière de stockage, distribution, traitement et interprétation des données. Si les utilisateurs potentiels sont extrêmement nombreux, notamment au niveau des organismes publics internationaux, nationaux et régionaux, leur diversité même, et les nombreux développements technologiques encore nécessaires, **excluent qu'il y ait une organisation rapide et spontanée du marché, permettant une gestion purement commerciale de ce secteur.**»

M. GIGET estime que «l'effacement trop rapide de la NASA dans ce domaine, du fait d'une surestimation de la maturité du marché, a permis à l'Europe de rattraper son retard et même de prendre un peu d'avance dans certains domaines concernant les systèmes civils (SPOT et ERS)».

Dans une enquête publiée le 15 juin 1991, *The Economist* estime que les prix pratiqués par Spot Image et Cosat freinent le développement du marché aval.

Il faut bien, cependant, concilier l'intérêt économique à long terme que représente le développement des activités d'exploitation des données avec le souci de ménager le contribuable par un amortissement des frais d'exploitation du système.

Trois types d'approches peuvent être envisagées en matière de tarification des données :

- une approche type service public (gratuité ou faible coût) ;
- une approche commerciale ;
- une approche hybride (tarification différenciée selon le type d'utilisateur avantageant la communauté scientifique et ceux qui ont participé aux financements du programme).

Selon le Président Directeur Général de Spot Image, M. BRACHET, l'approche commerciale favorise davantage le développement des activités correspondantes, grâce à un effort de promotion plus dynamique, qu'une approche de service public basée sur la gratuité ou un prix très faible des données.

De fait, le taux d'autofinancement de Spot Images est maintenant de 50 % et M. BRACHET envisage, dans un proche avenir, un autofinancement complet de cette filiale du CNES.

### 1.2.3. La complémentarité des missions de dimensions variées

On oppose souvent l'intérêt des petites et des grosses missions. Cette dialectique est un peu primaire. D'abord, parce qu'il existe, entre les deux, des missions qui peuvent être qualifiées de moyennes. Ensuite, parce que chaque catégorie a son rôle à jouer.

- Dans le domaine des sciences de l'univers, les petites missions - on l'a vu - peuvent présenter l'avantage de constituer un moyen de développer les relations soit entre l'ASE et les agences nationales européennes, soit entre ces dernières, dans un contexte bilatéral ou multilatéral.

Elles sont aussi un moyen :

- d'associer à la recherche spatiale les universités ;
- de permettre aux ingénieurs des grandes agences d'apprendre à gérer un programme ;
- de réaliser des expériences intéressantes pour un faible coût.

En sciences de l'univers, comme en observation de la Terre, le risque des gros satellites est de nécessiter un programme très lourd à gérer, ce qui multiplie les risques de dysfonctionnement des systèmes.

La défaillance d'un élément (les miroirs d'HUBBLE ou les moteurs d'apogée d'HIPPARCOS) peut remettre en cause l'ensemble de la mission.

Par ailleurs, les possibilités de réparation dans l'espace sont limitées par des contraintes d'orbite et de coût, ainsi que par la complexité des opérations à réaliser.

En observation de la Terre, on l'a vu, le concept de grosses plates-formes "tous les oeufs dans le même panier" encourt de nombreuses critiques :

- divergences entre les contraintes des différentes missions (en matière orbitale notamment), conduisant à de mauvais compromis ;

- difficulté de faire coexister des instruments variés (avec notamment des risques de perturbations électromagnétiques) ;

- enfin, problèmes de maintenance en cas de défaillance d'un élément de l'ensemble.

Ce sont ces considérations qui ont conduit les Américains à scinder leurs six énormes plates-formes EOS (Earth Observing System) en dix-huit satellites de moyennes dimensions, et qui justifient la demande de M. LEBEAU de diviser la plate-forme polaire européenne en deux ensembles distincts.

### 1.3. L'ÉQUILIBRE DE LA POLITIQUE INDUSTRIELLE SPATIALE

Il a déjà été souligné que la politique spatiale française et européenne reposait sur un délicat partage des tâches entre maîtres d'oeuvre, premiers contractants et sous-traitants.

La politique française encourt - on l'a vu - à cet égard le double reproche :

- celui de privilégier, pour des raisons de prestige, la recherche de maîtrises d'oeuvre dans le développement des programmes européens ;

- celui de trop concentrer sur les seules grandes entreprises, les contrats publics de recherche et développement. Cette attitude, liée aux effets pervers de la règle du juste retour, conduit à ne pas associer suffisamment à l'effort spatial français les petites et moyennes entreprises, malgré la contribution importante qu'elles pourraient apporter au progrès de la technologie spatiale en France.

À long terme, il risque d'en résulter un affaiblissement de la compétitivité et du rôle dominant de notre industrie spatiale en Europe (cf. infra).

\*

\*           \*

En même temps qu'ils doivent être équilibrés, les objectifs de la politique spatiale doivent aussi être mieux justifiés, étant donné le caractère restreint des marges de manoeuvre budgétaires actuelles.

## 2. DES OBJECTIFS MIEUX JUSTIFIÉS

### 2.1. L'ARGUMENT DE LA LOCOMOTIVE TECHNOLOGIQUE NE SUFFIT PLUS

Les retombées technologiques de l'espace sont indéniables, mais elles ne suffisent pas à justifier l'importance des dépenses spatiales. L'espace mérite, néanmoins, pour des raisons qui seront exposées plus loin, la priorité dont il fait l'objet.

#### 2.1.1. Des retombées technologiques indéniables...

L'article précité de la revue *Science et Technologies* donne un certain nombre d'exemples de retombées technologiques des activités spatiales.

Etant donné le prix très élevé du kilo en orbite, ces retombées sont issues, principalement, des efforts développés pour mettre au point des matériaux très légers.

On peut discuter du point de savoir si certaines avancées dans les matériaux composites ne sont pas dues davantage à l'aviation militaire qu'à l'espace (métaux légers armés de fibres de bore de carbone ou de céramique).

Mais «en ce qui concerne les carbonés et céramiques composites - reconnaissent les auteurs de l'article - c'est bien l'espace et non l'aéronautique qui a eu l'effet d'entraînement majeur». Cependant, ils indiquent que les composites carbone-carbone les plus résistants en température, qui sont actuellement utilisés pour la fabrication des propulseurs d'appoint des fusées, ont d'abord été développés dans le cadre de la mise au point du missile stratégique M4.

Les céramiques composites n'ont, cependant, pas connu de retombées massives bien qu'ils se diffusent progressivement dans l'aéronautique civile.

Certaines exigences de transport terrestre rejoignent, d'ailleurs, celles du spatial à tel point que les transferts de technologie ont parfois lieu de l'aéronautique vers l'espace (cas des fibres pré-imprégnées carbone-époxy utilisées pour ARIANE 4 <sup>1</sup>) plutôt que dans le sens inverse.

1. Case à équipement, adaptateurs de charge utile, réservoirs d'eau de refroidissement.

Au total donc, on a constaté dans le développement de matériaux légers qui sont la retombée la plus évidente de l'espace, une très grande synergie entre les programmes spatiaux et aéronautiques civils et les programmes militaires de missiles balistiques.

Mais la diffusion de ces matériaux dans le reste de l'industrie est lente pour des raisons qui tiennent :

à leur cadence de fabrication limitée ;

- à leur relative nouveauté qui fait que la caractérisation de beaucoup d'entre eux n'est pas achevée tandis que les méthodes permettant de juger la fiabilité des métaux sont beaucoup plus sûres et précises.

En ce qui concerne les technologies autres que les matériaux, comme l'optique ou l'électronique, parler de technologies spatiales est source d'ambiguïté, estime le Président de Novespace<sup>1</sup>, M. FOUQUET.

Il n'y a pas de technologies spatiales proprement dites mais des technologies développées **pour le spatial**.

Le processus de diffusion de la technologie n'est, de toute façon, pas linéaire. Il s'agit d'une alchimie complexe dont l'origine première des produits est souvent difficile à préciser.

À côté d'actions volontaristes de transferts des technologies développées pour le spatial (et parfois pas seulement pour lui), existent des inventaires récapitulant des retombées dont apparaît alors le caractère souvent fortuit et imprévisible.

Votre rapporteur voudrait aussi, encore une fois, souligner que les retombées des activités spatiales sont également qualitatives. L'espace est une école de qualité, de rigueur, de fiabilité. L'aéronautique l'est aussi, dans une certaine mesure, mais on ne peut pas ramener un satellite à terre pour le réviser et l'entretenir. La comparaison n'est possible que pour les navettes spatiales et certains gros satellites astronomiques visitables. Sinon, le droit à l'erreur est exclu dans l'espace.

Si, ainsi, les retombées technologiques du spatial sont indéniables, il ne faut pas les exagérer.

1. Novespace est une filiale du CNES spécialisée dans les transferts de technologies développées pour le spatial et la promotion de la microgravité.  
Novespace :
  - analyse les technologies transférables ;
  - en publie une sélection dans sa revue *Mutation* ;
  - recense les PME-PMI potentiellement intéressées par des transferts ;
  - conseille les acquéreurs éventuels de technologies transférables.

### **2.1.2. Des retombées qui ne doivent pas être surestimées**

«Ce serait trop attendre de l'espace, estime notre expert, M. Marc GIGET, qu'il entraîne technologiquement l'ensemble du reste de l'industrie»

«Le rôle du secteur spatial - affirme-t-il - est moins universel et plus fondamental».

«Si les programmes spatiaux - affirme-t-il - devaient financer la base technologique des différents secteurs industriels qui le fournissent (composants, matériaux, équipements, etc.), leurs coûts deviendraient exorbitants. Et il y aurait un risque important à orienter les crédits de recherche relatifs aux différents domaines technologiques en fonction des besoins spécifiques des programmes spatiaux, compte tenu de leur extrême spécificité et de la taille réduite du marché.»

«L'argument des retombées économiques automatiques qu'auraient par nature les programmes spatiaux est démobilisateur - conclut-il - en ce sens qu'il ne porte pas l'attention sur toutes les conditions indispensables pour qu'il y ait transformation d'une avancée technique dans un domaine spécifique comme l'espace en un avantage technologique, industriel et commercial durable sur un marché concurrentiel.

«Le secteur spatial a besoin d'une solide base technologique et industrielle, en amont, en périphérie et en aval, pour se développer harmonieusement et participer au mieux à un échange technologique réciproque avec les autres secteurs de haute technologie. Si ce n'est pas le cas, il existe un risque de dépendance technologique croissante par rapport aux pays disposant de puissantes industries de composants, de matériaux, d'électronique, d'informatique et autres industries à forte diffusion technologique inter-sectorielle.»

Deux exemples opposés prouvent que les activités spatiales ne suffisent pas, à elles seules, à faire progresser le niveau technologique de l'ensemble de l'industrie :

- celui du Japon qui a atteint un niveau technologique très élevé avec un programme spatial jusqu'ici modeste ;

- celui de l'URSS où s'est créé un ghetto technologique militaro-industriel autour de l'espace.

L'argument de la locomotive technologique semble ainsi dépassé, mais votre rapporteur n'en estime pas moins que l'espace mérite la priorité dont il fait l'objet.

## 2.2. L'ESPACE MÉRITE NÉANMOINS LA PRIORITÉ DONT IL FAIT L'OBJET...

L'espace coûte cher, d'abord parce que le prix de l'accès à l'espace est élevé, ensuite, parce que les séries de satellites fabriquées ne permettent pas d'économies d'échelles significatives et, enfin, en raison des contraintes de l'environnement spatial qui nécessite des adaptations spécifiques et implique une durée de vie réduite des plates-formes et des instruments.

Mais l'espace mérite qu'un effort particulier lui soit consacré en raison :

- de son importance géostratégique ;
- des services qu'il rend à la science et à la collectivité ;
- de l'activité économique qu'il génère ;
- enfin, de ses retombées technologiques et qualitatives.

### 2.2.1. L'importance géostratégique de l'espace

Tous les membres permanents du conseil de sécurité de l'ONU sont des puissances spatiales.

L'espace donne accès à des services d'observation et de communication à couverture mondiale dont une grande puissance ne peut pas se passer.

Dans le domaine de la défense, il apparaît également qu'un État qui entend jouer un rôle diplomatique et stratégique essentiel dans le monde ne peut pas se passer de moyens spatiaux militaires.

À cet égard, l'espace militaire constitue un enjeu aussi important que l'était l'arme nucléaire dans le passé récent.

## **2.2.2. Les services rendus à la collectivité**

Les services rendus par l'espace à la collectivité peuvent se classer en services scientifiques, prestations de service public et services commerciaux.

### *2.2.2.1. Services rendus à la science*

- En science de l'univers, l'accès à l'espace permet de s'affranchir des turbulences de l'atmosphère atmosphérique (l'optique adaptative n'est opérationnelle aujourd'hui que dans l'infrarouge) afin de mieux observer l'univers.

- Dans le domaine de l'observation de la Terre et de la connaissance de la terre solide, l'espace donne le recul nécessaire pour comprendre les processus globaux qui affectent notre planète, en son sein, à sa surface, dans l'atmosphère.

L'espace constitue ainsi un observatoire scientifique dont il est impossible de se passer.

### *2.2.2.2. Les prestations de service public*

L'espace a permis à la météorologie d'effectuer des progrès considérables. L'imagerie à haute résolution des satellites optiques et radar constitue un instrument précieux de gestion pour l'agriculture, l'urbanisme, l'aménagement du territoire.

## **2.2.3. Les activités économiques induites**

### **2.2.3.1. Les télécommunications**

Si les télécommunications spatiales subissent la concurrence :

- de la fibre optique pour les liaisons point à point de longue distance à haut débit ;

- des infrastructures terrestres pour les usagers, fixes ou mobiles, qui leur sont reliés.

Elles n'en paraissent pas moins un instrument indispensable pour des raisons déjà évoquées qui tiennent à leurs possibilités de

couverture, à leur souplesse d'utilisation et à leur relative rapidité de déploiement.

Elles peuvent ainsi compléter les autres moyens et les suppléer en cas de défaillance ou d'insuffisance (on peut penser aux régions isolées, aux pays en voie de développement, aux liaisons avec les mobiles...).

Les télécommunications spatiales remplissent, d'ailleurs, dans une certaine mesure (cas d'INTELSAT) une mission de service public en même temps qu'une mission commerciale.

Mais, c'est surtout les activités induites au niveau du sol (antennes individuelles, terminaux, stations...) qui représentent le marché le plus important.

#### *2.2.3.2. L'observation de la terre*

Comme pour les télécommunications la mission des satellites d'observation de la Terre est à la fois liée au service public et à caractère commercial.

Le marché de traitement des données au sol est considéré comme potentiellement au moins aussi élevé que celui des télécommunications.

#### **2.2.4. Les retombées technologiques et qualitatives**

Les "retombées" des activités spatiales ont été déjà largement évoquées dans ce rapport.

S'il s'agit seulement des retombées industrielles, elles ne suffisent pas, on l'a vu, à justifier les dépenses spatiales. Il n'en reste pas moins que l'espace est un excellent moyen de valoriser des technologies (à condition de les adapter aux spécificités de l'environnement spatial).

C'est, en somme, une vitrine technologique qui permet de juger le niveau atteint par un pays dans des secteurs de pointe.

C'est aussi, pour la gestion des autres secteurs, une école d'organisation, de qualité et de rigueur.

En résumé, son importance stratégique, les services qu'il rend à la collectivité, et son intérêt scientifique justifient les activités spatiales sans qu'il soit besoin de recourir à l'argument des retombées

technologiques. Les retombées économiques de l'espace liées au segment sol des télécommunications spatiales et au traitement des données d'observation de la Terre ont un impact beaucoup plus important que son effet d'entraînement sur le reste de l'industrie.

### 2.3. L'HOMME DANS L'ESPACE EST UNE DÉCISION POLITIQUE

Votre rapporteur considère que la décision prise par l'Europe de se donner les moyens de maîtriser l'activité humaine dans l'espace ne s'impose, ni d'un point de vue technique, ni d'un point de vue scientifique.

#### 2.3.1. Les retombées techniques d'HERMÈS

Techniquement, HERMÈS constitue pour nos ingénieurs un défi stimulant. Il permettra des avancées significatives concernant :

- l'aérodynamique ;
- la protection thermique ;
- les piles à combustibles ;
- l'informatique embarquée.

Mais il ne faut pas confondre percée technologique et retombée technologique.

Il est difficile de prévoir maintenant quelles seront les retombées technologiques du programme en l'an 2005.

Le niveau de performance exigé des matériaux (passage de Mach 20 à Mach 0 en 35 minutes) ne semble pas prêt d'être celui requis dans l'aéronautique.

En considérant, d'autre part, HERMÈS comme un précurseur des avions spatiaux hypersoniques du futur, ne risque-t-il pas d'y avoir un décalage entre les progrès effectués dans le domaine aérothermodynamique et ceux qui restent à faire dans le domaine de la motorisation ?

### 2.3.2. Les retombées de COLUMBUS

- COLUMBUS permettra de réaliser un certain nombre d'expériences scientifiques pour lesquelles l'utilité de la présence humaine se limitera à la mise en place et à la récupération d'échantillons, l'exécution d'instructions données depuis le sol grâce à la téléscience.

M. DORDAIN reconnaît que beaucoup des activités scientifiques prévues ne nécessitent pas une station spatiale habitée. Celle-ci offrira, cependant, selon lui, certains avantages fonctionnels (permanence, volume et puissance électrique disponibles, débit de transmission de données, etc) ;

- l'un des principaux intérêts de la station COLUMBUS sera de faire appel à des robots qui pourront effectuer certaines manipulations assez fines.

Ces retombées ne justifient toutefois pas, à elles seules, le coût des programmes envisagés (du moins leur coût marginal, car en valeur absolue comme en pourcentage du budget spatial total, les sommes en cause ne sont pas déraisonnables).

Aussi, l'Office, considérant qu'il s'agit d'une décision plus politique que technique propose de s'en remettre, en ce qui concerne l'option "homme dans l'espace", à la sagesse du Parlement.

L'Office considère avoir rempli sur ce point sa mission qui est d'éclairer la décision des assemblées parlementaires sur les conséquences des choix scientifiques et technologiques.

Politiquement, le choix de l'homme dans l'espace peut se justifier comme un symbole de l'unité européenne et comme une démonstration de crédibilité, vis-à-vis des deux grandes puissances spatiales, en vue de faire participer l'Europe à des explorations plus lointaines.

Les objectifs de sa politique spatiale devant être ainsi équilibrés et mieux justifiés, l'Europe se doit de mobiliser, en même temps, plus efficacement ses moyens.

## B- DES MOYENS QUI DOIVENT ÊTRE PLUS EFFICACEMENT MOBILISÉS

Le contexte dans lequel évoluent les activités spatiales européennes est difficile, il n'en est que plus nécessaire pour les Européens d'accentuer leurs efforts, notamment leurs efforts de cohésion et de coopération.

### 1. UN CONTEXTE DIFFICILE

Les difficultés auxquelles l'Europe spatiale est confrontée tiennent :

- à la rapidité de l'évolution des technologies ;
- aux perspectives probables d'intensification de la concurrence ;
- enfin, aux contraintes budgétaires déjà évoquées.

#### 1.1. L'ÉVOLUTION RAPIDE DES TECHNOLOGIES

La rapidité de l'évolution des technologies nécessite - on l'a vu - de la part des Européens un effort :

- d'adaptation permanente ;
- d'anticipation de l'adéquation des nouvelles techniques aux besoins du marché.

- La volonté de la France et de certains pays européens de se doter de moyens spatiaux militaires ne fait que renforcer ce besoin de vigilance technologique.

Il ne faut pas, en effet, risquer de se trouver en situation de dépendance complète à l'égard de certains composants, équipements ou systèmes.

Ont été déjà cités, à cet égard, les composants hyperfréquences, les antennes actives...

D'autres dépendances ont été données en exemple en dehors de l'espace militaire et des télécommunications comme les générateurs radio-thermo-isotopiques, la propulsion satellite (domaine, semble-t-il abandonné par la France), etc.

- Comme le souligne le rapport précité de Satel Conseil et HCI sur l'évolution de l'industrie spatiale européenne : «en matière de mise en oeuvre de technologies nouvelles, l'instant de démarrage apparaît fondamental : si on investit trop tôt, le coût des programmes devient prohibitif car la technologie n'est pas mûre, si on investit trop tard, le marché est pris».

## 1.2. L'INTENSIFICATION PROBABLE DE LA CONCURRENCE

### 1.2.1. Dans le domaine des lanceurs

- Dans le domaine des lanceurs, la concurrence principale actuelle vient des fusées américaines classiques ATLAS CENTAUR, TITAN, et DELTA.

Concernant ATLAS CENTAUR, notre expert M. POGGI note que son constructeur, General Dynamics, fait preuve d'une grande agressivité commerciale, n'hésitant pas à développer sur ses fonds propres des versions de plus en plus performantes, couvrant pratiquement tout le marché accessible d'ARIANE 4.

La concurrence d'une nouvelle fusée ATLAS 2 A S est l'une des raisons avancées par l'Europe, avec l'excès de poids d'HERMÈS, pour développer une version plus puissante d'ARIANE 5 (ARIANE 5 MARK 2).

- Les Chinois, avec le lanceur LONGUE MARCHE, tentent de percer sur le marché international et ont lancé en 1990, le satellite ASIAT 1.

- Les Japonais éprouvent quelques difficultés pour développer le moteur cryogénique à flux intégré de leur fusée H 2 qui vise la performance de 3,8 tonnes sur orbite de transfert géostationnaire mais ne sera disponible, au mieux, qu'en 1993.

- Le lanceur soviétique PROTON, proposé depuis maintenant quatre ans sur le marché, n'a toujours pas reçu de commande occidentale mais n'en constitue pas moins, selon M. POGGI, un concurrent potentiel pour ARIANE.

### 1.2.2. Dans le domaine des satellites de télécommunication

- Le problème de la compétitivité de l'industrie européenne des satellites de télécommunication a déjà été largement évoqué dans ce rapport.

Le niveau technologique des Européens est bon mais leurs coûts à l'exportation sont plus élevés que ceux de leurs concurrents américains.

Les causes en ont été analysées :

- insuffisantes économies d'échelles liées à un morcellement industriel excessif ,

- dispersion des efforts nationaux en ce qui concerne le développement de satellites pré-opérationnels ;

- utilisation par les Européens, pour leurs besoins internes, de la bande Ku alors que les besoins, à l'exportation en bande C sont encore importants.

Une nouvelle concurrence se profile à l'horizon, celle des Japonais qui pénètrent sur le marché par les composants et les équipements (dans le secteur sol en particulier).

La progression technologique japonaise dans le domaine spatial a probablement été limitée par une très grande dépendance à l'égard de la coopération américaine.

Les Japonais n'ont pas encore de capacités industrielles d'intégration de satellites.

Mais ils développent un programme ambitieux de satellites d'expérimentation technologique.

Le prochain de la série, ETS 6, devrait tester notamment :

- des antennes multifaisceaux ;
- des systèmes de commutation à bord ;
- des systèmes de communication optique ;
- des systèmes de relais de données ;
- de nouveaux moteurs à propulsion ionique (une première au niveau international).

### 1.2.3. Dans le domaine de l'observation de la terre

Dans le domaine des applications commerciales de l'observation de la terre (imagerie radar et optique à haute résolution) la concurrence la plus dangereuse paraît être plutôt japonaise qu'américaine (il s'agit d'une des priorités du MITI...).

M. LEBEAU évoque, en effet, en ces termes les deux prochains satellites japonais d'observation de la terre :

«JERS (Japan Earth Resources Satellite), dont le lancement est prévu au printemps 1992, comportera un radar imageur à ouverture synthétique fonctionnant en bande L et un instrument optique possédant comme SPOT une résolution au sol de 18 m, mais disposant de nombreuses bandes spectrales d'observation dans l'infrarouge moyen. Ce dernier point est significatif d'une **avance technologique réelle dans les systèmes de détection à l'état solide par rapport aux détecteurs de ce type disponibles en Europe et aux États-Unis.**

Un satellite d'observation encore plus avancé (ADEOS) est prévu par les Japonais pour la période 1995-1996. Ses performances sur le plan résolution au sol-richesse spectrale pourraient en faire un concurrent redoutable sur le marché si une politique d'exploitation commerciale est mise en oeuvre. Car c'est là que se situe la principale incertitude sur le programme japonais : au-delà d'un effort technologique considérable, se traduisant par des satellites aux performances toujours plus avancées, une politique de valorisation commerciale de cet effort n'a pas encore été formellement décidée. De nombreuses informations en provenance du Japon, toutefois, confirment qu'elle est très sérieusement envisagée, mais avec une approche graduelle et prudente. **Il est donc probable que la vraie concurrence à attendre pour la fin de la décennie et le début du XXI<sup>e</sup> siècle viendra du Japon».**

### 1.3. LES CONTRAINTES BUDGÉTAIRES

Les contraintes budgétaires européennes ont déjà été évoquées dans la partie de ce rapport consacrée à l'analyse des hésitations de l'Europe, face à l'accroissement d'ambitions qui lui est proposé.

De fait, les dettes publiques des pays européens sont importantes (5 % du PIB de nos six principaux partenaires en 1991) et la croissance allemande devrait se ralentir en 1992 (+ 2,3 % au lieu de + 3,5 %).

L'adaptation à l'évolution des technologies, les perspectives d'intensification de la concurrence et les difficultés budgétaires rendent nécessaires une accentuation des efforts européens d'un point de vue qualitatif.

## 2. LA NÉCESSITÉ D'UNE ACCENTUATION DES EFFORTS EUROPÉENS

La principale priorité, pour votre rapporteur, est la recherche d'une meilleure cohésion entre tous les acteurs de la politique spatiale, en France et en Europe.

### 2.1. LA RECHERCHE D'UNE MEILLEURE COHÉSION ENTRE TOUS LES ACTEURS DE LA POLITIQUE SPATIALE

#### 2.1.1. En France

Les principaux problèmes que votre rapporteur a entendu évoquer durant ses investigations ou qui lui ont été signalés par les experts de l'Office concernent :

- la concertation interministérielle ;
- les relations entre le CNES et France Télécom ;
- les responsabilités du CNRS ;
- et les rôles respectifs des laboratoires et de l'industrie (problème évoqué par Mme PRADERIE).

Votre rapporteur s'est également soucié des possibilités de développement de synergies entre le spatial et d'autres activités d'une part, et entre le spatial civil et le spatial militaire d'autre part.

##### 2.1.1.1. *La concertation interministérielle*

Les activités spatiales sont, par nature, interministérielles puisqu'elles concernent à la fois :

- la recherche et la technologie ;
- les télécommunications ;
- la météorologie ;
- l'industrie
- la défense, etc.

Il existe bien un comité de l'espace auquel participent les ministres concernés mais il s'agit plus, selon certaines personnes

recontrées par votre rapporteur, d'une instance de réflexion que d'une instance de concertation, de décision et d'arbitrage.

À propos de concertation, M. LEBEAU déplore plus particulièrement l'absence persistante, en France, malgré les recommandations d'un récent rapport de la DGE, d'une enceinte nationale où l'ensemble des problèmes d'observation spatiale de la Terre puisse être débattue en présence des principaux acteurs intéressés.

La création d'un secrétariat d'Etat auprès du Premier Ministre chargé de l'Espace ou la promotion de la Délégation Générale à l'Espace au rang de Délégation Interministérielle chargée d'assurer la coordination des initiatives spatiales gouvernementales, a été envisagée par certains des interlocuteurs de votre rapporteur.

Le double problème qui risque de se poser un jour est celui :

- de la nécessité d'éventuels arbitrages entre Ministères et administrations ;

- de doter l'administration d'un interlocuteur qui "fasse le poids" face à l'éminente institution qu'est le CNES.

Cependant, la double tutelle à laquelle est soumise le CNES n'empêche pas cet établissement, comme on le verra, de fonctionner efficacement.

#### *2.1.1.2. Les relations entre le CNES et France Télécom*

Les relations, déjà évoquées dans ce rapport, entre le CNES et France Télécom tendent à s'améliorer après leur dégradation consécutive à l'affaire Locstar (cf. infra).

Il faut éviter principalement que chacun ne s'en remette à l'autre du soin de définir et de poursuivre une politique de recherche et développement en matière de télécommunications spatiales.

Le CNET<sup>1</sup> qui subventionne dans ce domaine certaines études industrielles menées dans le cadre de programmes européens se plaint d'être court-circuité par le CNES, dans le rôle d'intermédiaire qu'il estime devoir jouer entre les entreprises concernées et l'ASE.

1. CNET: Centre National d'Etudes des Télécommunications.

### 2.1.1.3. Les responsabilités du CNRS

Selon Mme PRADERIE, la conduite des projets spatiaux souffre de ce que le CNRS n'est pas associé au processus de prise de décision correspondant alors que :

- cet établissement est pourtant le principal pourvoyeur de personnel et de crédits de soutien aux laboratoires spatiaux (qui, à l'exclusion du service d'Astrophysique du CEA, lui sont presque tous rattachés, en ce qui concerne les sciences de l'univers) ;

- il est censé soutenir l'exploitation des données spatiales.

### 2.1.1.4. Les rôles respectifs des laboratoires et de l'industrie

Notre expert, Mme PRADERIE, formule à cet égard les recommandations suivantes :

*« Une redéfinition du rôle des laboratoires spatiaux français s'impose : davantage d'expériences devraient se réaliser dans l'industrie (c'est déjà la situation en Allemagne). Les laboratoires, implantés en milieu universitaire et enrichis par l'échange d'idées qui en résulte devraient se consacrer à des tâches spécifiques : préparer la définition scientifique des expériences, puis une fois la décision de réalisation prise, assurer le lien entre industries et laboratoires, enfin prendre la complète responsabilité des opérations d'étalonnage et la responsabilité partielle des opérations en vol.*

Les laboratoires devraient être impliqués dans la formation des ingénieurs du spatial, en liaison avec les écoles et IUT. Leur déficit chronique en personnel qualifié (et de qualification pointue) serait en partie comblé par la présence de jeunes ingénieurs en formation. Le financement de la rémunération de ces jeunes ingénieurs doit être étudié. Le CNRS et les universités devraient se préoccuper de maintenir le niveau des recrutements pour le personnel permanent nécessaire, ce que les grilles de salaire actuelles ne permettent en aucune façon. »

### *2.1.1.5. Le développement de synergies*

#### 2.1.1.5.1. Synergies entre le secteur spatial et d'autres activités

Il s'agit de développer des synergies en amont, dans le cadre des programmes de recherche et technologie du CNES, en ce qui concerne, par exemple, les composants électroniques, l'informatique embarquée (intelligence de bord...).

Des synergies doivent aussi être créées en parallèle, entre le secteur spatial et d'autres secteurs industriels. La robotique en fournit un bon exemple.

Dans son rapport, précité, de mars 1988, le comité de la recherche spatiale de l'Académie des Sciences recommandait ainsi que «d'importantes actions de recherche coordonnées accompagnent le programme de l'homme dans l'espace, dans les domaines de l'informatique et de la robotique.

Le comité proclamait, par ailleurs, que «l'envoi d'hommes dans l'espace ne saurait dispenser notre pays d'un effort considérable en automatique et en robotique. Le développement de la robotique devra être accompli au service de toutes les activités de la Nation, pour que cette dernière en tire tous les bénéfices qu'elle peut en escompter».

La création d'une telle synergie ne va pas de soi. Le président du CNES, M. LIONS a, par exemple, cité à votre rapporteur l'exemple d'un des meilleurs laboratoires de robotique français (le LAST du CNRS) qui bien qu'implanté à Toulouse n'avait encore jamais, à une date récente, travaillé pour l'espace.

#### 2.1.1.5.2. Synergies entre activités spatiales civiles et militaires

Votre rapporteur est très attaché à ce qu'une collaboration étroite entre civils et militaires permette d'optimiser les dépenses relatives aux actions que les uns et les autres peuvent mener en commun.

Or, selon notre expert, M. LATRON, les applications militaires de l'espace et les applications civiles correspondantes ont de nombreux caractères voisins (même environnement spatial, technologies de base et méthodes de développement identiques, modes d'utilisation assez proches).

Certaines missions ou caractéristiques des satellites militaires sont, certes, vraiment très particulières (écoute électronique, durcissement aux agressions nucléaires) mais d'autres spécificités

militaires peuvent contribuer à faire progresser les technologies civiles (amélioration de la résolution au sol des images de satellites d'observation de la terre, par exemple). Les techniques tendant à protéger la confidentialité des communications par satellite dans les réseaux d'entreprise américains sont, par exemple, dérivées de technologies militaires.

Mme PRADERIE évoque également dans son rapport d'expertise, le rôle important joué par les programmes militaires dans l'amélioration des détecteurs infrarouges encore qu'il ne soit pas facile - dit-elle - aux astronomes d'en bénéficier pour des raisons tenant à la règle du "secret défense".

La spécificité ou le caractère secret des applications de défense peuvent donc être un prétexte pour ne pas développer toute la synergie souhaitable entre activités spatiales civiles et militaires.

Les choses en France avaient à cet égard, mal commencé avec le démarrage en parallèle, en 1977, des études SAMRO (Satellite militaire de reconnaissance optique) et du programme SPOT.

Mais la Défense a ensuite participé au financement de SPOT 1 et la collaboration avec le CNES, dans le cadre des programmes HÉLIOS et SPOT 4, qui sont développés conjointement, est très bonne.

L'embarquement des charges militaires SYRACUSE à bord des satellites TELECOM 1 et 2 n'a pas soulevé de problème particulier de coopération.

La seule difficulté dont votre rapporteur ait entendu parler est liée à un certain isolement de la DRET (Direction des Recherches Etudes et Techniques), la situation de la DGE (Direction Générale des Engins) étant très différente.

Votre rapporteur se félicite, à cet égard, du protocole qui vient d'être conclu entre la DGA (Délégation Générale à l'Armement) et le CNES, bien qu'il ne s'agisse que d'un accord cadre dont le contenu peut sembler insuffisamment précis.

Il tient à ce que l'effort technologique important que nécessite le développement de systèmes spatiaux militaires suscite des actions de R & D et de R & T concertées.

Il espère que l'utilisation des 450 MF de crédits, consacrés à la recherche spatiale par le Ministère de la Défense, sera optimisée dans ce sens.

Une cohésion efficace est également souhaitable au niveau européen.

### 2.1.1.5.3. Synergies entre différentes activités spatiales civiles

Votre rapporteur constate qu'il existe des thèmes communs de recherche, non seulement à l'espace civil et militaire, mais aussi à différentes applications de l'espace civil.

Peuvent être, notamment cités, à cet égard, les études relatives :

- aux liaisons intersatellites (télécommunications, transmission de données relatives à l'observation de la terre) ;

- ou aux antennes (antennes de radar, de satellites astronomiques, de télécommunication ou d'observation de la Terre).

Toutefois, les technologies peuvent différer selon les besoins.

Concernant les liaisons intersatellites, par exemple, les micro-ondes pourront être employées entre les satellites de télécommunication, et l'optique, pour la transmission à haut débit, par l'intermédiaire de satellites géostationnaires, de données recueillies par des satellites défilants d'observation de la terre, civils ou militaires.

Chaque type d'antennes a, d'autre part, ses propres spécificités et les fréquences utilisées varient, même au sein d'un même domaine d'application (bande C et bandes Ku et Ka pour les satellites de télécommunication, fréquences différentes, pour l'observation de la terre par radar, selon qu'il s'agit des océans ou des terres émergées).

Votre rapporteur suppose, cependant, qu'il doit être possible de développer en amont des technologies de base communes à un certain nombre d'activités spatiales (technologies hyperfréquences, par exemple).

Il souhaite donc là aussi que le maximum de synergies soient mises en oeuvre, notamment dans le cadre des programmes de recherche et technologies du CNES (voir plus loin).

Sa préoccupation rejoint en cela celle de notre expert, Mme PRADERIE, qui fait valoir que :

- «s'agissant de l'observation de la terre, de nombreuses techniques (radiométrie, imagerie, spectroscopie...) sont disponibles chez les astronomes. Il serait malencontreux de redévelopper à grands frais des instruments qui ont fait leurs preuves ailleurs, dans le système solaire» ;

- «à l'avenir, certaines techniques seront vraisemblablement communes à l'astronomie et à l'observation de la terre (caméras, spectro-imageurs, capteurs bidimensionnels, jonctions SIS<sup>1</sup>)».

Mme PRADERIE rappelle, d'autre part, que les antennes spatialisables à haute fréquence se sont développées sous la pression des astronomes auxquels elles permettent d'observer le rayonnement émis par les objets les plus froids de l'univers dans le domaine des ondes submillimétriques.

Cette technologie est susceptible d'applications, à long terme, en ce qui concerne :

- les télécommunications spatiales (liasons intersatellites notamment) ;
- et la météorologie.

Il importe aussi de souligner ce que la planétologie peut apporter à l'observation de la Terre :

- Ce rapport a déjà noté l'intérêt, à cet égard, de la sonde européenne HUYGENS qui sera destinée à l'étude de l'atmosphère, assez proche de celle de la terre primitive, du satellite de Saturne, Titan.

- Dans une interview au journal *Libération*<sup>2</sup>, Carl SAGAN a, par ailleurs, fait valoir quelle pouvait être la contribution de l'observation de Vénus ou de Mars, à la compréhension des conséquences éventuelles de l'effet de serre ou de la disparition de la couche d'ozone.

\*

\*           \*

Cette recherche d'une cohésion efficace entre tous les acteurs de la politique spatiale est souhaitable non seulement en France mais aussi en Europe.

1. SIS : Supraconducteur/Isolant/Supraconducteur.

2. Numéro du mercredi 18 septembre 1991.

## 2.1.2. En Europe

En Europe, comme en France, se posent un certain nombre de problèmes politiques et institutionnels.

### 2.1.2.1. *La prédominance française et la crise d'identité du CNES*

#### 2.1.2.1.1. La prédominance française

Il est vrai que la position de la France dans le domaine spatial est dominante dans la majorité des secteurs, même en ce qui concerne des applications comme les télécommunications, qui, a priori, devaient constituer le point fort de la Grande-Bretagne, dans le partage des tâches initialement prévu par l'ASE.

Il était, toutefois, inévitable que certains transferts de technologies et qu'une certaine spécialisation des rôles entre la France et les autres pays européens soient effectuées.

Nous n'avions pas, en effet, seuls, les moyens de nos ambitions spatiales et si nous voulions y associer des partenaires voisins, il devait y avoir des contreparties.

La prédominance de la France a, cependant, été souvent un facteur d'efficacité pour l'Europe.

Le programme ARIANE, par exemple, aurait-il été couronné d'autant de succès, sans la maîtrise d'oeuvre du CNES pendant la phase de développement puis celle d'un architecte et d'un motoriste français (l'Aérospatiale et la SEP) pendant la phase d'industrialisation ?

Il faut, néanmoins, modérer nos discours du style «la France, c'est la voie de l'ambition pour l'Europe spatiale». Ces propos risquent de paraître prétentieux, voire cocardier, à nos partenaires, même s'ils correspondent à une certaine réalité.

En vérité, chacun doit faire preuve de pragmatisme :

- nos partenaires, en reconnaissant que notre avance est une chance pour l'Europe et que nous avons le droit de valoriser nos investissements et d'être récompensés de nos efforts et des risques que nous avons pris (par exemple, en décidant de mener, seuls, le programme SPOT).

- nous-mêmes, en admettant que nous avons besoin des autres pays européens pour concrétiser nos ambitions, ce qui implique des transferts de technologie, un partage de compétences, une répartition des rôles (nous ne pouvons pas être les premiers partout) et un leadership, conçu comme un service, qui s'exerce de façon non directive, par la persuasion, au prix d'un effort de modestie et de concessions réciproques.

À cet effet, nous avons déjà abandonné à nos partenaires européens certains créneaux technologiques importants tels que la propulsion satellite (MBB) ou les cellules solaires dont le développement a été confié aux Allemands.

L'effet multiplicateur pour la France de la coopération européenne s'est accompagné - il est vrai - de certaines pertes d'efficacité liées aux effets pervers de la règle du juste retour (cf. infra).

#### 2.1.2.1.2. La crise d'identité du CNES

Le CNES est une institution que les autres pays européens nous envient. La preuve en est la mise en place récente, chez nos partenaires, d'agences plus ou moins inspirées de ce modèle : la DARA, en Allemagne ; l'ASI, en Italie ; le BNSC (qui n'a cependant pas de budget propre), en Grande-Bretagne. Aucune d'elles ne possède toutefois, le capital d'expériences et la capacité d'expertises de l'établissement public français qui, depuis 1962, a eu le temps de faire ses preuves.

Le CNES est à la fois un agent de liaison et un agent d'exécution, une instance de réflexion et d'action.

- Le CNES assure un rôle de liaison entre l'ASE, les industriels français, la communauté scientifique, l'administration et le gouvernement (auprès duquel il se fait l'interprète de tous ceux qui participent aux activités spatiales). Il est également chargé des relations avec les agences et institutions spatiales étrangères dans le cadre des coopérations bilatérales ou multilatérales poursuivies dans différents domaines.

- C'est en même temps un agent d'exécution en ce sens qu'il se voit souvent déléguer la maîtrise d'oeuvre du développement de programmes importants de l'ASE (ARIANE, par exemple).

Il joue, ensuite, un rôle important de conseiller et d'expert pendant la phase d'industrialisation des programmes (pour la

définition d'une politique de contrôle de la qualité et l'analyse des incidents qui peuvent se produire).

- Le CNES est aussi une instance de réflexion. Il doit analyser les enjeux à long terme en matière spatiale et soumettre au gouvernement, en conséquence, des propositions correspondantes d'actions et de moyens à mettre en oeuvre.

Il n'est pas seulement un agent d'exécution, comme cela a été souligné plus haut, mais un instrument d'impulsion doté de capacités d'initiative.

Il assure ainsi à travers ses filiales, la diffusion dans l'industrie des acquis des technologies développées pour le spatial ainsi que la promotion et la commercialisation d'applications naissantes (microgravité, traitement des données des satellites d'observation de la Terre...).

Beaucoup de programmes qu'il met en oeuvre correspondent en fait non pas à l'exécution de décisions prises à l'extérieur, mais à celle de ses propres propositions.

L'espace est au carrefour des sciences et de la technologie, de la recherche et de ses applications. Une des caractéristiques des activités spatiales tient aux liens très étroits qui existent entre ces différentes fonctions et à la rapidité relative du passage de l'une à l'autre. À cet égard, le CNES est un élément d'intégration essentiel, un point de passage obligé.

On entend dire parfois que le CNES n'est pas assez ouvert sur l'extérieur, trop sûr de lui et dominateur. Ce n'est pas, en tout cas, l'impression laissée à votre rapporteur par les excellents contacts qu'il a entretenus avec l'établissement tout au long de ses investigations.

L'ouverture sur l'extérieur est assurée par :

- l'appel à des conseillers (MM. BLAMONT et PELLAT) qui s'expriment - votre rapporteur a pu le constater - en toute franchise ;

- les actions menées en coopération avec le Ministère de la Défense et France Télécom (en dépit des quelques problèmes déjà évoqués) ;

- la façon dont sont menés et évalués<sup>1</sup> les programmes de recherche et technologie ;

1. Évaluation par cinq commissions sectorielles présidées par des personnalités extérieures au CNES.

- enfin, par la politique du personnel (et c'est là, peut-être, que le bât blesse car le taux de mobilité externe n'est que de 3,6 % et le taux de mobilité interne de 2,3 %).

En résumé, les points forts du CNES sont :

- sa capacité de mener à bien le développement des programmes grâce à sa capacité d'expertise et à de bonnes relations avec la communauté scientifique et l'industrie ;

- ses méthodes de contrôle de la qualité.

D'où vient, alors, la crise d'identité du CNES ? Essentiellement de l'évolution de son statut vis-à-vis de l'ASE.

Le CNES a joué un peu, dans l'espace européen, le rôle de la France, fille aînée de l'église, dans la chrétienté médiévale. Il a été, et est encore, le bras séculier de l'ASE. Mais, aux termes de la convention du 30 mai 1975, l'ASE a vocation à «intégrer les programmes nationaux progressivement et aussi complètement que possible dans le programme spatial européen, notamment en ce qui concerne le développement de satellites d'applications».

Fer de lance de l'Europe spatiale, le CNES dispose d'un budget qui correspond aux trois quarts de celui de l'ASE (mais dont presque la moitié est versé à cette dernière au titre de la contribution de la France aux programmes européens).

Le CNES dispose ainsi de ressources importantes, mais son poids au sein de l'ASE (dont la France finance 30 % du budget) n'est pas proportionnel à l'effort que lui demande sa participation aux programmes européens (43 % de sa dotation).

Les transferts de technologie de la France à d'autres pays, la mise en commun des "bonnes idées"<sup>1</sup>, le choix, au titre du juste retour, d'instruments et d'équipements étrangers présumés moins bons que ceux des Français, nécessitent une abnégation parfois difficile.

S'ajoute à ce sentiment de frustration, une sensation d'injustice provoquée par la comparaison des salaires des personnels de l'ASE et de ceux du CNES travaillant en commun sur les mêmes projets.

Quel doit être le rôle du CNES dans la future Europe spatiale ? Est-il appelé à être davantage intégré dans un ensemble européen ?

Comme l'a très bien fait valoir à votre rapporteur le Président du CNES, M. LIONS, la meilleure façon pour le CNES de résoudre

1. En fait, cette mise en commun n'est obligatoire que pour les résultats des travaux de recherche menés dans le cadre de programmes de l'ASE.

cette crise d'identité est de veiller à maintenir son excellence dans tous les domaines.

Il faut aussi valoriser, pas seulement pour la France, mais aussi pour l'Europe le potentiel exceptionnel que représente le pôle toulousain intégré ; il s'agit en ce qui concerne notamment l'observation de la Terre, d'un des tous premiers centres de compétences mondiaux.

D'autres problèmes, signalés à votre rapporteur en ce qui concerne le CNES concernent :

- la fonction de synthèse autrefois assurée par la Direction des programmes qui incombe désormais au seul Directeur Général de l'établissement ;

- la division parfois critiquée, en ce qui concerne l'observation de la Terre, entre recherches et applications.

Enfin, votre rapporteur a signalé le problème de la coordination de la tutelle des activités spatiales au niveau interministériel. Cela ne veut pas dire que le gouvernement ou l'administration doit se substituer au CNES pour la définition des programmes. Il s'agit pour votre rapporteur :

- d'arbitrer certains conflits de compétences (par exemple en matière de télécommunications spatiales) ;

- de renforcer le poids des interlocuteurs du CNES au niveau gouvernemental, compte tenu du caractère politique de certaines décisions.

La crise d'identité du CNES traduit la nécessité de dépasser les rivalités nationales dans le développement des activités spatiales en Europe.

#### *2.1.2.2. Des rivalités nationales qui doivent être dépassées*

La comparaison entre l'échec de la fusée EUROPA et le succès d'ARIANE, montre que la politique spatiale européenne court à la catastrophe si elle se contente de n'être qu'une juxtaposition de politiques nationales.

La prédominance française a été, pour l'Europe, un élément de cohésion. Dans le cas d'ARIANE, le CNES, dans la phase de développement, puis les industriels français, pendant la phase d'industrialisation, ont joué un rôle fédérateur.

Tant que le CNES et l'industrie française continueront à posséder une certaine avance en Europe et tant que la France persistera à être le premier contributeur de l'ASE, il faudra que les Européens admettent cette situation, considèrent l'excellence française comme un atout et essayent d'en tirer le meilleur parti.

La France, de son côté, devra concevoir son leadership comme un service et non comme une source de prestige et consentir à abandonner certains créneaux ou à transférer certaines technologies.

En outre, le progrès des ambitions spatiales de certains de nos partenaires doit être perçu comme une chance pour l'Europe.

Mais en aucun cas, il ne doit être envisagé de substituer la prédominance d'un autre pays à celle de la France, qui est un legs de l'histoire de l'Europe spatiale.

Il faut également éviter à tout prix que l'Europe spatiale ne devienne le champ clos d'affrontements stériles entre ambitions nationales rivales.

L'approche qui consiste à concevoir d'abord un projet dans un cadre national, à tenter de prendre de l'avance, dans la phase d'étude préalable, pour s'en assurer la conduite, puis à proposer son européanisation pour le financer, n'est pas satisfaisante.

Il n'est pas bon, non plus, qu'il y ait des disproportions excessives (comme dans le cas d'HERMES) entre les niveaux de participation des différents partenaires.

Enfin, votre rapporteur a déjà déploré la dispersion des efforts qui règne dans le domaine des satellites de télécommunications, chaque pays développant séparément, pour ses propres besoins, des satellites qui nécessitent des plates-formes fabriquées seulement en deux ou trois exemplaires.

La politique spatiale européenne doit être beaucoup plus intégrée.

### *2.1.2.3. Les relations entre l'ASE et ses membres*

- Concernant les relations entre l'ASE et le CNES, elles ne sont pas les meilleures possibles, comme cela a été évoqué à propos de la crise d'identité de l'établissement français, bien que le CNES puisse être à plus d'un titre considéré comme le "bras séculier" de l'agence européenne.

Mais cela tient à ces considérations plus liées à l'avenir qu'au présent.

Selon le rapport au conseil d'administration du CNES, du 5 avril 1990, sur la recherche et technologie, des problèmes de coordination entre l'ASE et ses membres existent dans ce domaine.

Ce rapport note ainsi que :

«La multiplication des programmes facultatifs de soutien technologique répondant en partie à l'impossibilité pour l'ASE d'obtenir de ses membres une croissance satisfaisante du programme R et T de base (TRP), a conduit à une quasi impossibilité d'harmonisation et à une anti-politique de spécialisation en raison des règles de fonctionnement spécifiques pour ces programmes.

«Ainsi, pour l'ASTP<sup>1</sup>, les États participants définissent unilatéralement le montant de leur contribution. Après appel d'offres de l'ASE et sélection d'un industriel, la délégation est libre de sa décision de financement du contrat. Mais, ce qui est beaucoup plus grave, tout pays dont l'industrie n'est pas retenue peut néanmoins demander à l'ASE la multiplication des concurrences sur les mêmes créneaux.

«Il semble donc à ce jour qu'il soit très difficile, voire utopique, de penser que ce cadre peut permettre l'élaboration d'une politique de spécialisation.»

#### *2.1.2.4. Les relations entre l'ASE et les opérateurs*

- Il est de notoriété publique que les relations entre l'ASE et Eumetsat (opérateur des satellites de télécommunications) sont médiocres. Eumetsat n'est pas représenté aux réunions du conseil de l'agence alors que l'ASE l'est, à celles du conseil d'administration d'Eumetsat.

Ce problème est évoqué par notre expert, M. LEBEAU, qui recommande de définir clairement les rôles respectifs de l'ASE et d'Eumetsat en ce qui concerne :

- la définition et la réalisation, en général, des projets opérationnels et préopérationnels ;
- la mise en oeuvre et le financement, en particulier, des MÉTÉOSATS de seconde génération.

1. ASTP : Advanced System and Technology Program for Telecommunications.

En revanche, il ne semble pas exister de problème particulier entre Eutelsat et l'ASE qui ont financé en commun le programme EUTELSAT 2 (la participation d'Eutelsat étant couverte à 80 % par l'emprunt et des émissions d'obligations...).

#### *2.1.2.5. Le rôle de la CEE*

L'implication de la CEE dans les activités spatiales européennes est inévitable, ne serait-ce que pour des raisons liées à :

- l'utilisation des données des satellites d'imagerie à haute résolution (pour la politique agricole, la politique d'aménagement du territoire...);

- les liens entre les activités spatiales et certains programmes communautaires de recherche (Eurêka pour la TVHD, Jessi pour les composants...);

- l'importance des besoins concernant les équipements sol au développement desquels la communauté pourrait participer ;

- enfin, la nécessité pour les réseaux terrestres de relayer les données ou les communications transmises par satellite (ce qui suppose de prévoir leur intégration dans les futurs réseaux à large bande, RNIS, etc, qui font l'objet de programmes de recherche communautaires tels que RACE ou ESPRIT).

Par ailleurs, la communauté fait valoir qu'elle seule est susceptible de représenter l'Europe dans d'éventuelles négociations au sein du GATT sur les marchés spatiaux et de mener une véritable politique industrielle.

L'intervention éventuelle de la CEE pose, toutefois, un problème à l'égard des pays membres de l'ASE qui ne font pas partie du marché commun (Suisse, Norvège...).

Ces velléités suscitent souvent des réactions de septicisme, de réserves et de craintes dans la communauté spatiale :

- septicisme quant à leur efficacité, compte tenu, par exemple de ce qui se passe dans le domaine de la télévision à haute définition.

- réserves, en raison du risque de compliquer encore davantage une situation qui exige déjà la coordination des actions de très nombreux intervenants ;

- craintes, enfin, qu'un libéralisme naïf ne conduise :

- à faire cadeau du marché des VSAT à l'industrie américaine, par une déréglementation hâtive, sans action compensatrice de soutien à notre industrie ;

- à soumettre le commerce international des activités spatiales aux procédures complexes du GATT alors que les négociations bilatérales avec les Etats-Unis posent déjà suffisamment de problèmes ;

- à contrarier les restructurations en cours dans l'industrie spatiale européenne (une intégration plus poussée, pourtant souhaitable, de l'ensemble Loral-Aérospatiale-Alcatel-Alenia-DASA ne risque-t-elle pas d'être jugée contraire aux principes de la libre concurrence ?)

Néanmoins, une participation de la CEE au financement et à la mise en oeuvre d'une politique relative au segment sol serait la bienvenue.

#### *2.1.2.6. Les problèmes de politique industrielle*

Les problèmes de politique spatiale industrielle qui se posent en Europe ont déjà été largement évoqués dans ce rapport. Ils ne sont donc rappelés ici que pour mémoire. Il s'agit bien d'un domaine dans lequel la cohésion des participants aux activités spatiales est essentielles.

Ont déjà été ainsi traités les problèmes liés :

- au morcellement excessif des structures industrielles européennes ;

- à certains effets pervers de la règle du juste retour ;

- aux difficultés éprouvées par l'ASE, du fait notamment de cette règle, pour définir et mener une véritable politique industrielle ;

- aux inconvénients qui résultent de l'attitude de la France tendant à privilégier la recherche de maîtrises d'oeuvre dans sa participation aux programmes européens.

Votre rapporteur tient, cependant, à souligner qu'à certains égards, la cohésion des industriels en matière spatiale paraît supérieure à celle des Etats, notamment en ce qui concerne l'exécution des programmes HERMÈS-COLUMBUS à laquelle tous paraissent attachés.

\*

\* \*

Ainsi, deux principales catégories d'obstacles à une amélioration de la cohésion des actions spatiales paraissent exister :

- des obstacles politiques et institutionnels ;
- des obstacles industriels.

Votre rapporteur propose, afin de les surmonter et de mieux intégrer les différentes actions spatiales :

- la création d'instances d'arbitrage, de concertation et de dialogue : pour définir, par exemple, les rôles respectifs des différents intervenants (gouvernements, agences, opérateurs, usagers) dans la mise en oeuvre des moyens spatiaux, en ce qui concerne, plus particulièrement les télécommunications et surtout l'observation de la terre (relation entre l'ASE et Eumetsat notamment) ;

- de réunir plus fréquemment le conseil de l'ASE au niveau ministériel ;

- de réfléchir aux moyens d'améliorer les relations entre les agences nationales, d'une part, et entre ces agences et l'ASE, d'autre part, (on pourrait imaginer d'institutionnaliser la représentation des agences au sein de l'ASE...);

- les petites missions peuvent jouer un rôle intéressant à cet égard.

- il paraît important à votre rapporteur d'intégrer le plus loin possible en amont les études de définition de projets et de programmes, afin d'éviter ensuite des divergences comme celles qui risquent d'apparaître en matière d'avions hypersoniques. Cela nécessite un effort de sélection relativement précoce qui devrait, toutefois, stimuler plutôt qu'étouffer l'imagination des chercheurs, une certaine émulation demeurant souhaitable au niveau des propositions exprimées en réponse aux "appels à idées" préalables.

- enfin, les regroupements industriels en cours devraient être poursuivis au niveau des maîtres d'oeuvre et des équipementiers sans que cela nuise aux échanges réciproques de technologie occasionnés par les activités spatiales au sein du tissu de PME-PMI.

Parallèlement au renforcement de la cohésion des acteurs, il faut aboutir à une amélioration de la coordination des systèmes.

## 2.2. ABOUTIR À UNE APPROCHE SYSTÈME COORDONNÉE

### 2.2.1. La cohérence entre besoins et missions, entre missions, projets et programmes

Une approche rationnelle en matière spatiale consiste à partir des besoins des utilisateurs, et non de l'offre de technologies nouvelles, pour définir les missions. Ceci est valable bien sûr d'abord pour les satellites d'application ; mais même les satellites expérimentaux ne peuvent être conçus en faisant abstraction de leurs possibles applications.

Ceci est valable aussi dans le domaine des sciences de l'univers ou des sciences de la terre où le concept de "l'art pour l'art" doit être également écarté, les instruments étant, autant que possible, conçus en fonction des missions (lidars spatialisables, par exemple) et non l'inverse (ce qui n'empêche pas de réfléchir au meilleur moyen d'utiliser des instruments préexistants au service des missions envisagées).

Il importe ensuite que les projets et programmes soient conçus à partir des missions.

De ce point de vue la plate-forme polaire COLUMBUS est, de l'avis de notre expert M. LEBEAU, l'exemple même d'une démarche programmatique conduite à rebours, à partir d'un a priori technologique profondément erroné.

«- La satisfaction des besoins d'observation de la Terre - écrit-il - requiert le développement et la mise en place de satellites de taille moyenne et non de grosse plate-forme regroupant des missions composites sans démarche logique de conception d'un programme à partir de la mission.»

### 2.2.2. La coordination entre segment spatial et segment sol

Il est nécessaire de concevoir un système spatial comme un tout en accordant une particulière attention aux moyens de réception et de traitement des données au sol.

Cela est à la fois vrai :

- pour des raisons commerciales (le marché des équipements sol représente cinq fois celui des satellites eux-mêmes, dans le secteur des télécommunications. Les applications de la télédétection se développent très rapidement et paraissent riches de potentialités économiques) ;

- pour des raisons d'efficacité.

L'espace militaire, par exemple, représente un "système de systèmes" dont le bon fonctionnement repose non seulement sur la rapidité et le débit des informations transmises mais aussi sur leur dissémination, jusqu'au niveau du simple fantassin, et sur la capacité de les traiter au sol.

D'un point de vue scientifique, également, l'utilisation des satellites d'observation de la Terre suppose, plus encore que dans le domaine militaire, des moyens de transmission et de traitement au sol performants, car le débit des données à exploiter sera considérable.

Il est nécessaire de s'y préparer activement en attendant le lancement de la plate-forme polaire européenne en 1998.

En matière de télécommunications, l'optimisation du coût de l'ensemble satellite-équipements sol doit faire l'objet d'une attention approfondie.

Les satellites de relais de données ou les satellites avec traitement à bord sont coûteux mais entraînent une simplification du réseau des stations terriennes de réception.

Il faut également réfléchir aux conditions de raccordement des communications transmises par satellite aux réseaux terrestres (réseaux téléphoniques ou réseaux numériques de transmission de données).

Dans les projets américains actuels de constellations de satellites de liaisons entre les mobiles, on distingue ceux qui comme IRRIDIUM (soixante-dix-sept satellites) prévoient un système complètement indépendant et ceux comme GLOBSTAR (quarante-huit satellites) qui sont des projets hybrides utilisant les réseaux terrestres.

Votre rapporteur voudrait, enfin, souligner l'importance de l'encombrement :

- dans l'espace, de l'orbite géostationnaire ;
- à terre, de l'espace hertzien.

À cet égard, la technologie des satellites de télécommunications est tributaire de contraintes réglementaires que les ingénieurs ne peuvent que subir.

D'autres contraintes sont liées aux spécifications et aux normes qui sont souvent une forme de protectionnisme déguisé.

### **2.2.3. Des services de plus en plus diversifiés**

Les prestations offertes à leurs clients par les compagnies américaines couvrent une large gamme de possibilités allant de la simple location de transpondeurs à la fourniture de systèmes spatiaux complets "clé en main" comprenant la livraison de satellite en orbite.

Cette évolution s'accompagne d'une intégration verticale des sociétés de télécommunications .

Ainsi Hughes Aircraft, et sa filiale Hughes Communication sont spécialisés dans la fourniture de systèmes complets de télécommunications par satellite comprenant, outre les satellites, les stations sol, la gestion du réseau et l'assistance technique.

En outre, Hughes Aircraft n'est lui-même qu'une filiale de General Motors qui est en train de mettre en place aux États-Unis un vaste réseau privé de télécommunications par satellite.

Il va de soi que General Motors commandera à Hughes les satellites nécessaires.

Votre rapporteur suggère que les principales entreprises européennes de télécommunications spatiales étudient dans quelle mesure elles ne pourraient pas s'inspirer du modèle américain en créant, par exemple, un holding ou une filiale commune spécialisée dans la commercialisation de systèmes spatiaux complets, "services compris".

## 2.3. ÊTRE SUFFISAMMENT PROSPECTIF

### 2.3.1. Les transports spatiaux du futur

Deux pistes de recherche principales apparaissent :

- celle des engins orbitaux hypersoniques ;
- celle des fusées destinées aux conquêtes lointaines.

Dans le premier cas, la propulsion aérobie apparaît nécessaire tandis que dans le deuxième le recours à des moteurs nucléaires semble difficilement évitable.

#### 2.3.1.1. Le programme *FESTIP*

Les deux principales priorités du programme *FESTIP*<sup>1</sup> de l'ASE sont :

- pour le moyen terme, l'étude de moteurs réutilisables ;
- pour le long terme, la propulsion aérobie<sup>2</sup>.

- La récupération des deux propulseurs d'appoint liquide du successeur d'ARIANE 5, afin de les réutiliser, suppose de les munir de voilures et d'un empennage leur permettant d'atterrir comme des avions. Il faudra également mettre au point un système de guidage approprié.

- L'avantage du moteur aérobie est, en utilisant l'oxygène de l'air, de n'avoir qu'un carburant à emporter et pas de comburant.

À masse égale au décollage, le lanceur aérobie pourrait donc emporter une charge utile plus importante que le lanceur fusée. Il reste à vérifier, cependant, que le poids de l'ensemble du système propulsif ne réduise pas cet avantage.

Mais, pour des expéditions lointaines (conquête de la Lune ou de Mars), la phase de traversée de l'atmosphère pendant laquelle la propulsion aérobie est envisageable serait très courte.

Dans cette perspective, votre rapporteur suggère que l'ASE étudie la possibilité d'utiliser la propulsion nucléaire<sup>3</sup>.

1. *FESTIP* : Programme d'Etude d'un Futur Système de Transport Spatial Européen.

2. Aérobie : propulseurs qui ont besoin de l'oxygène de l'air pour fonctionner.

3. Un réacteur nucléaire peut être utilisé pour chauffer directement un propulseur ou bien pour produire de l'électricité destinée à divers types de moteurs.

### 2.3.1.2. Les avions hypersoniques

L'Allemagne, a lancé l'idée d'un système de transport spatial à deux étages (SÄNGER), dont le premier, réutilisable, décollerait et atterrirait comme n'importe quel avion. Le second, propulsé comme ARIANE par un moteur cryogénique se serait appelé HORUS dans sa version entièrement récupérable et pilotée, et CARGUS dans sa version consommable.

220 millions de deutschmark ont déjà été investis dans ce programme par le ministère allemand de la recherche et de la technologie. Mais la sous-estimation de certaines difficultés techniques relatives à la séparation à grande vitesse des deux étages de l'engin a conduit, semble-t-il, à revoir à la baisse ce programme, qui avait été proposé à l'Agence spatiale européenne pour succéder à ARIANE 5 après 2006. Désormais, les Allemands se contenteraient du développement d'un démonstrateur expérimental volant à Mach 5 surnommé HYTEX.

De son côté, la France s'est lancée, en juin 1991, dans le programme PREPHA de recherche et de technologie sur la propulsion hypersonique avancée qui devrait coûter, au total, 500 MF.

Les principaux axes de recherche de ce projet seront :

- la propulsion à base de superstatoréacteur<sup>1</sup> ;
- les méthodes de calcul prédictive nécessaires.

Votre rapporteur approuve ce projet :

- dans la mesure où il se situe dans la logique de l'exploitation des acquis du programme HERMÈS ;

- et à la condition qu'il soit conçu comme un moyen de renforcer la coopération franco-allemande par une discussion d'égal à égal sur la suite commune à donner aux propositions des deux Etats.

Face à l'ambitieux projet américain NASP (National Aero-Space-Plane) de 6 milliards de dollars, pour lequel les Américains ont déjà dépensé des centaines de millions de dollars<sup>2</sup>, les Européens donnent, cependant, une fois de plus, l'impression de disperser leurs efforts. En plus des projets SÄNGER allemands et PREPHA français, la Grande-Bretagne s'était, en effet, lancée de son côté dans un ambitieux projet HOTOL qui semble aujourd'hui au point mort.

1. Réacteur dans lequel le comburant, c'est-à-dire l'oxygène de l'air, est brûlé à vitesse supersonique.

2. 800 millions de dollars en septembre 1989, selon un article du journal *Le Monde*, pour le véhicule expérimental X 30 destiné à démontrer la faisabilité d'un vol soutenu hypersonique (plus de Mach 5). Cependant, le Congrès a réduit les crédits du NASP pour 1992 à 5 millions de dollars (au lieu de 95 millions en 1991).

### 2.3.2. La propulsion des satellites

Les perspectives d'utilisation de la propulsion électrique, ou propulsion ionique, sont intéressantes au regard des impulsions spécifiques élevées et de l'allègement de charge utile qui pourraient en résulter<sup>1</sup>. Cependant :

- la poussée délivrée serait faible ;
- la durée de vie possible des moteurs ioniques demeure indéterminée ;
- la pollution éventuelle du satellite lui-même par les ions non parfaitement neutralisés de ses moteurs pose - selon notre expert, M. BLACHIER - un délicat problème.

La propulsion ionique n'a pas encore été utilisée sur des satellites opérationnels mais devrait être testée par le satellite technologique japonais ETS-6 en 1993 et - selon M. BLACHIER - par le satellite expérimental ARTEMIS de l'ASE.

Des moteurs ioniques sont en cours de développement en Allemagne (chez MBB) et aux Etats-Unis, dans le cadre du programme Elite (Electric Insertion Transfer Experiment).

L'Aérospatiale a mené des études relatives à l'utilisation de ce mode de propulsion non pas pour le transfert vers l'orbite géostationnaire mais plus modestement, pour le maintien à poste du satellite.

### 2.3.3. Les perspectives dans les principaux secteurs d'application

- Dans le domaine de l'observation de la Terre, le principal effort doit porter - selon notre expert, M. LEBEAU - sur la définition de nouveaux instruments (lidars spatialisables, mesure de la couleur des océans, etc), l'état de l'art pouvant être considéré comme satisfaisant en matière de plate-forme.

- Concernant les télécommunications, les besoins de recherche et développement ont déjà été largement évoqués dans ce rapport.

1. La propulsion électrique consiste à accélérer jusqu'à une vitesse d'éjection suffisante :  
- soit un fluide neutre, par chauffage (hydrazine, ammoniac, hydrogène) ;  
- soit un plasma (produit à partir de téflon, d'argon ou d'hydrozine) à travers un champ électromagnétique ;  
- soit des particules ionisées (c'est-à-dire dans lesquelles les électrons ont été arrachés aux atomes) de césium, de mercure ou de xénon, à travers un champ électrique.  
Il en résulte un allègement de charge utile dû à l'économie de poids d'ergols.

On rappellera ici, pour mémoire seulement, que la préparation de l'avenir dans ce secteur suppose :

- de faire preuve d'une vigilance particulière en ce qui concerne le développement de technologies nouvelles relatives :

- aux antennes (antennes multifaisceaux, antennes actives),
- aux liaisons intersatellites (micro-ondes et optiques),
- au traitement à bord et à la numérisation des transmissions,

- d'être paré à toute éventualité, malgré les incertitudes qui demeurent, en ce qui concerne le déploiement possible de constellations de satellites de liaisons entre les mobiles.

Les constellations sont susceptibles de permettre la constitution de réseaux téléphoniques mondiaux par satellite :

- soit relayés par les infrastructures terrestres (réseaux hybrides comme celui de quarante-huit satellites proposé par le projet GLOBAL STAR) ;

- soit totalement indépendants (projet IRRIDIUM d'un réseau de soixante-dix-sept satellites).

Le principal défi technologique à relever est celui des liaisons entre satellites défilants qui suppose la commutation à bord.

M. BLANCHIER estime que l'Europe pourrait concevoir, dans cette perspective, un programme préopérationnel limité tendant à étudier la faisabilité d'un tel système.

#### **2.3.4. La conquête de la Lune et de Mars**

L'initiative d'exploration lunaire proposée par le Président BUSH en 1989 a ouvert la perspective d'une présence humaine dans l'espace qui, au-delà des stations habitées en orbite terrestre basse, aboutisse successivement à un retour de l'homme sur la Lune, puis à une exploration humaine de Mars.

\*Si l'exploration de Mars a été placée en première priorité par la communauté de planétologie, il s'agit - précise notre expert Mme PRADERIE - d'une exploration **robotique**, conduite à partir de réseaux de stations au sol et de véhicules automatiques, et débouchant sur un retour d'échantillons du sol de Mars vers la terre. L'ensemble

de ce programme peut se dérouler avant la mise en place des moyens d'une exploration lunaire.»

La Lune représente pour la communauté des sciences de l'univers un objectif autrement plus motivant que la station spatiale, à la fois d'un point de vue sélénophysique (étude géophysique de ce satellite) et en raison de son intérêt astronomique.

Beaucoup de questions restent posées concernant l'origine de cet astre, le déroulement de son histoire primitive et l'existence éventuelle en son sein de réservoirs de corps volatils piégés (glaces d'eau, hélium, oxygène et hydrogène à l'état combiné...). Les missions APOLLO ayant déjà révélé l'abondance sur la Lune du silicium, de l'aluminium et du calcium, on peut réfléchir à l'intérêt que représenterait une implantation humaine pour l'extraction de certains matériaux (notamment l'hélium 3 qui pourrait être utilisé pour la production d'énergie par réaction de fusion, avec le deutérium).

Dans l'hypothèse d'un programme international d'exploration scientifique du satellite de la Terre, le savoir-faire instrumental français - nous dit Mme PRADERIE - pourrait être valorisé (gravimétrie, spectroscopie, infrarouge et gamma, programme VAP de Véhicule Automatique Planétaire du CNES...).

La Lune présente, d'autre part, un intérêt indiscutable en tant que base d'observation astronomique, pour des raisons très bien expliquées par Mme PRADERIE (absence d'atmosphère, sismicité réduite, faible gravité, intérêt de la face cachée de cet astre, etc.).

L'avance prise par les Américains dans l'étude des objectifs et des scénarios de l'exploration de la Lune puis de Mars ont suscité un effort de réflexion spécifique de la part du CNES (et, en parallèle, de l'ASE).

Cet effort a débouché sur la rédaction d'un document intitulé «Initiative Lune : rapport préliminaire d'orientation», suggérant un scénario d'exploration scientifique de la Lune et identifiant les projets qui devraient faire l'objet d'une priorité d'un point de vue astronomique (interférométrie<sup>1</sup> optique, ultraviolet, infrarouge et submillimétrique, réseau radio à très basse fréquence, télescopes astrométrique et gamma...).

La question de savoir si la Lune représente une étape intermédiaire appropriée pour les vols habités vers Mars ne paraît pas avoir été abordée dans cette étude.

1. Le principe des interféromètres consiste à combiner la lumière reçue par deux ou plusieurs télescopes de façon à augmenter leur pouvoir de résolution et leur sensibilité. Le pouvoir de résolution et la perception des détails angulaires peuvent être augmentés de façon inversement proportionnelle à la distance qui sépare deux des télescopes entre eux ou par rapport à l'ensemble des autres télescopes.

\*

\*            \*

Préparer l'avenir dans le domaine spatial suppose des travaux de recherche portant non seulement sur des projets de grande envergure mais aussi sur les technologies de base.

L'Europe doit donc aussi se donner les moyens technologiques de ses ambitions.

### **2.3.5. L'Europe doit se donner les moyens technologiques de ses ambitions**

Indispensable à la préparation des programmes spatiaux futurs, la recherche et technologie s'appuie en même temps sur la création et l'entretien de compétences et technologies de base

C'est à ce dernier titre qu'elle permet d'associer - comme il a été souligné - les PME-PMI aux activités concernant l'espace en général, et à la recherche spatiale en particulier.

Il existe donc, dans la recherche et technologie spatiale, deux aspects indissociables :

- l'un prospectif ;
- l'autre qui concerne l'entretien du substrat scientifique et technique sans lequel il n'y a pas de progrès technologique possible.

La recherche et technologie orientée vers la préparation des programmes futurs, qui repose ainsi sur la mise à jour d'un fonds d'études fondamentales, comprend :

- tout d'abord, des analyses thématiques ;
- ensuite, l'identification des techniques critiques sur chaque thème ;
- enfin, le lancement des études exploratoires correspondantes.

Telle qu'elle est menée au CNES, la recherche et technologie a l'avantage non seulement d'être un instrument de préparation de l'avenir et d'association des PME-PMI aux activités spatiales, mais également d'assurer :

- l'ouverture de l'agence spatiale française sur l'extérieur (à travers les procédures d'évaluation des programmes qui ont déjà été présentées) ;

- une concertation entre les différents acteurs intéressés (France-Télécom, la Délégation Générale à l'Armement...), susceptibles de renforcer entre eux les synergies souhaitables.

Concernant la synergie entre recherches militaires et civiles, notre expert, M. René PELLAT, constate un certain rééquilibrage qui se traduit par l'obligation pour les budgets civils de prendre en charge une part plus importante des recherches fondamentales dans les disciplines de base (domaine de la propulsion, par exemple).

«Le décalage entre utilisations militaires et civiles de certaines techniques de pointe -note-t-il - s'est estompé, sinon parfois inversé».

Le rapport de M. PELLAT souligne également des difficultés d'harmonisation, déjà signalées, entre les efforts respectifs du CNES et de l'ASE.

L'ASE tente, en effet, de compenser l'insuffisante croissance de ses programmes technologiques obligatoires de base (TRP) par une prolifération, au profit des petits pays, de ses programmes facultatifs de soutien (STP).

Ceci - selon notre expert - va à l'encontre de la spécialisation qui serait souhaitable en Europe et de la politique sélective de "créneaux" que le CNES tente, à cet effet, de concilier avec l'effort de "veille" technologique, par ailleurs indispensable.

Une telle sélectivité a conduit la France<sup>1</sup> à renoncer, par exemple, à financer des travaux de développement concernant un certain nombre de techniques abandonnées à d'autres pays européens comme celles relatives aux cellules solaires ou à la propulsion satellite (MBB) qui ont été délaissées au profit de l'Allemagne.

On peut citer également la cession à l'Italie d'un certain nombre d'activités dans le cadre du programme ARIANE 5 et, notamment, les transferts à ce pays de technologies concernant les grands propulseurs à poudre.

Cette politique de créneaux est conciliée par le CNES avec un effort de veille technologique destiné à permettre à notre pays :

- d'examiner, même de façon limitée, toute technique prometteuse ;

1. Cf. rapport précité au conseil d'administration du CNES du 5 avril 1990 sur le programme pluriannuel de recherche et technologie 1990-1992.

- de "revenir" sur toute technologie qui se révélerait majeure dans l'avenir ;
- de préserver nos positions dans les secteurs stratégiques ;
- de maintenir les compétences qui constituent notre patrimoine technologique.

S'agissant des relations entre le CNES et l'ASE, on peut, enfin, rappeler ici les doléances, déjà évoquées, du CNET (Centre National d'Etude des Télécommunications) qui estime que c'est lui qui devrait être l'interlocuteur de l'Agence européenne pour tout ce qui concerne la participation des entreprises, qu'il a subventionnées aux programmes technologiques de télécommunications spatiales ASTP (Advanced Telecommunications System and Technology Program).

Pour M. PELLAT, les programmes de R& T permettent donc ainsi :

- de préparer le futur tout en préservant les acquis du présent ;
- de tenter d'associer harmonieusement à cet effort les principaux intéressés (ASE, CNES, France Télécom, DGA, PME-PMI...);
- de concilier répartition des tâches en Europe et veille technologique en France.

Mais, ce faisant, la R& T présente, en outre, l'avantage de prévenir des incidents ultérieurs.

M. PELLAT cite ainsi les problèmes rencontrés sur :

- les tubes à onde progressive de TVSAT-TDF 1 ;
- les micropropulseurs des satellites TELECOM 1 ;
- et, surtout, les incidents de propulsion d'ARIANE (vol 18) qui ont révélé une insuffisante compréhension des mécanismes de combustion et des problèmes d'allumage des moteurs cryogéniques. Il en est résulté un programme de consolidation d'un coût sans commune mesure avec celui des recherches en amont qui auraient permis de l'éviter.

Les difficultés données en exemple par notre expert sont la conséquence, selon lui, de l'insuffisance des programmes de recherche et technologie durant la période 1975-1983.

L'effort de remise à niveau qui s'en est suivi en 1983-1989 a permis, en revanche, de résoudre rapidement des problèmes rencontrés ultérieurement au cours du développement du programme SPOT 4-HÉLIOS.

M. PELLAT conclut que :

- «il est primordial d'assurer un effort de R & T indépendamment des grands programmes» (l'absence de travaux sur l'infrarouge thermique et le radar pourrait ainsi faire perdre à la France sa prédominance en Europe dans le domaine de l'observation de la Terre).

- «la continuité de l'effort de R & T est une nécessité pour son efficacité» (les travaux relatifs à la combustion dans les moteurs fusée supposent, par exemple, après les études de base, une phase d'expérimentation, suivie de la mise en place de «démonstrateurs technologiques», destinés à valider avant leur introduction dans un système opérationnel, les nouveaux composants des sous-ensembles de moteurs).

Concernant plus particulièrement les programmes HERMÈS et COLUMBUS, il fait valoir que :

- la percée technologique réalisée dans certains domaines (hypersonique, matériaux, avionique, logiciels) risque d'avoir très peu de retombées et d'être effectués au détriment du maintien de nos compétences traditionnelles (dans les télécommunications, par exemple).

- peu de place est laissée aux équipementiers dont plusieurs voient actuellement leurs activités menacées.

- «s'il existe un marché ouvert de l'espace utile, il n'en existe pas pour les vols habités».

La nécessité d'un fort programme de Recherche et Technologie est très largement reconnue en France (si ce n'est pas une faible minorité de personnes qui pensent que les grands programmes permettent de s'en passer).

Le financement correspondant est cependant beaucoup plus difficile à garantir, étant donné que :

- l'émiettement des programmes de R & T en font une proie facile des mesures d'économie ou de régulation budgétaire.

- les bases de référence par rapport auxquelles le niveau de crédits nécessaires doit être déterminé ne sont pas faciles à établir.

Faut-il calculer l'effort financier souhaitable par rapport au budget du CNES (et quelle base faut-il alors exactement retenir ?) ou par rapport au volume d'activité industrielle générée (marchés d'étude ou total des marchés et commandes passées par le CNES à l'industrie française) ?

La DGE (Direction Générale des Engins) de la Délégation Générale à l'Armement retient, pour sa part, la proportion de 6 % du total de ses marchés d'études, comme représentant le niveau de financement souhaitable de son effort de R & T.

C'est ce même pourcentage (6 %) que M. PELLAT propose d'appliquer au budget spatial français pour déterminer le "minimum raisonnable" qui devrait être consacré aux crédits de R & T du CNES (y compris la participation aux programmes correspondants de l'ASE).

Il reste à déterminer si cette base devrait inclure :

- les crédits de fonctionnement versés au CNES par le Ministère de la Recherche et Technologie ou seulement la dotation pour investissement qui lui vient du Ministère chargé de l'Espace ;

- les ressources propres de l'établissement (dont la moitié provient du Ministère de la Défense) ;

- les dépenses relatives aux vols habités (programmes HERMÈS-COLUMBUS) qui, si elles étaient prises en considération, augmenteraient fortement "l'assiette" du "prélèvement" en question.

Quoi qu'il en soit, les crédits actuellement affectés à la R & T en France sont presque unanimement jugés insuffisants.

Il représentent, en effet, actuellement 4 % du budget spatial français, soit une proportion nettement moindre<sup>1</sup> que celle rencontrée - selon M. PELLAT - à la NASA (7,5 %) ou à l'ASE (8 %).

Notre expert fait valoir, par ailleurs, que dans les industries de pointe, les dépenses de recherche et développement se montent couramment à 10 % du chiffre d'affaires et qu'il semble raisonnable, dans ces conditions, de consacrer à la R & T une proportion équivalente du volume d'activité industrielle concerné.

1. - France : 4 %, contribution à l'ASE comprise, dont un peu plus de 3 % pour le programme du CNES ;  
- ASE : 8 % (programmes obligatoires + facultatifs)  
10 % y compris les programmes de démonstration en orbite.

### 2.3.6. Une nouvelle architecture des satellites

Lors de son intervention au séminaire programmatique et stratégique de la Direction du CNES du 20 mars 1989, M. BLAMONT<sup>1</sup> a proposé un projet baptisé "satellite 2000" consistant à étudier, par extrapolation des évolutions actuelles de l'électronique, ce que sera dans dix ans l'architecture des satellites.

Après avoir rappelé la rapidité des progrès en cours dans le domaine des composants et de la logique de bord<sup>2</sup>, il a fait valoir que le rôle dominant exercé par l'électronique dans l'évolution des techniques spatiales ne manquerait pas d'avoir des conséquences majeures auxquelles il importait de se préparer dès maintenant, en ce qui concerne l'architecture des satellites.

Selon lui, le satellite de l'an 2000 sera caractérisé par son caractère à la fois :

- de plus en plus décentralisé (en raison de l'autonomie croissante des sous-systèmes qui entraînera le recours à une architecture de type modulaire) ;

- de plus en plus reconfigurable (possibilités de reconfiguration des missions, de la gestion de bord et du traitement du signal).

M. BLAMONT<sup>1</sup> proposait que ce programme soit à horizon glissant.

Il s'agissait en résumé, selon lui, de donner à la France un outil pour lui permettre d'adapter l'architecture spatiale à l'évolution rapide de la technique et de conférer en même temps à nos industriels un avantage de compétitivité.

\*

\*           \*

En même temps qu'il convient ainsi de donner à l'Europe les moyens technologiques de ses ambitions et de réfléchir à la meilleure façon de préparer son avenir, il faut aussi veiller à faire preuve d'encore plus de rigueur dans le contrôle de la qualité des produits ainsi que dans la gestion des crédits de l'espace.

1. Le Professeur Blamont, déjà cité dans ce rapport, est conseiller du CNES.

2. - Décuplement du nombre de composants par satellite tous les dix ans, gain en masse et en puissance ;

- décuplement tous les sept ans des capacités de traitement des systèmes de logique de bord en millions d'informations par secondes (MIPS).

## 2.4. ÊTRE PLUS RIGOUREUX

### 2.4.1. Dans le contrôle de la qualité

En ce qui concerne les lanceurs, des incidents tels que ceux qui ont affecté les vols 18 et 36 d'ARIANE 4 pourraient fâcheusement remettre en cause la crédibilité, donc la compétitivité européenne, dans ce secteur très concurrentiel.

S'agissant des satellites, des défauts telles que celles du miroir du télescope IUBBLE ou des moteurs d'apogée d'HIPPARCOS peuvent occasionner - on l'a vu - des suppléments de dépenses importants, voire provoquer l'échec total de la mission.

Il n'en est que plus nécessaire de mener une politique de qualité rigoureuse et ambitieuse, comportant un aspect préventif et un aspect expérimental.

La prévention des incidents repose en partie, comme cela a été montré, sur un effort de recherche et technologie en amont du développement des programmes.

Mais toute politique de qualité comporte également une composante expérimentale basée sur l'analyse des incidents survenus et l'exploitation des résultats des expériences acquises<sup>1</sup>.

Une volonté de qualité, tendant vers l'objectif "zéro défaut" et cherchant à influencer la conception même des projets, ne suffit pas.

Il faut également des instruments indépendants d'évaluation et de contrôle.

C'est à cet effet que le CNES a créé en 1984 une Direction centrale de la qualité ou que l'équipe intégrée CNES-ASE chargée du développement d'HERMÈS s'est dotée d'un service Qualité qui s'est efforcé d'harmoniser les procédures françaises et européennes en la matière.

L'engagement de programmes de vols habités conduit à viser un niveau supérieur de sûreté de fonctionnement qui repose sur :

la définition rigoureuse de l'organisation à suivre, des matériels, méthodes et outils à utiliser ;

- un effort de prévention, durant la phase préliminaire, impliquant, notamment, l'établissement de scénarios d'incidents ;

1. Le CNES est en train de développer, avec l'industrie, un projet "Retour d'expériences" destiné à tester une base de données multiprojets construite à partir des enseignements tirés des incidents les plus marquants.

- enfin, un contrôle de la qualité des fournitures et du respect des objectifs ainsi qu'une validation des méthodes employées.

Au niveau mondial, l'amélioration de la fiabilité des activités spatiales concernant les satellites de télécommunications reste à l'ordre du jour, si l'on en croit les assureurs qui font état de taux d'échec stables ou même aggravés par rapport aux années quatre-vingts<sup>1</sup>.

En tout cas, l'effort exemplaire du CNES en matière de qualité fait l'objet, en France, d'une diffusion dans d'autres secteurs de technologie avancée (Aéronautique, EDF, SNCF, RATP...). Le GIFAS<sup>2</sup>, pour sa part, a constitué en son sein un groupe de travail qui a rédigé un rapport proposant un nombre important de recommandations sur le développement des satellites.

#### 2.4.2. Dans la gestion des crédits

Afin de mobiliser plus efficacement leurs moyens, la France et l'Europe se doivent de faire preuve de plus de rigueur non seulement en ce qui concerne la qualité de leurs produits et de leurs prestations mais aussi dans la gestion des crédits consacrés à l'espace.

Ceci passe par une meilleure prévision du rythme d'engagement des dépenses et par un mode de consommation plus satisfaisant des crédits.

Des progrès restent à faire, en effet, à cet égard.

Ainsi, une sous-estimation par le CNES de l'accélération des dépenses liées à la montée en régime du programme ARIANE 5 a nécessité le recours à différents expédients :

- emprunts de l'ASE ;
- préfinancements industriels (retards de paiement) ouvrant droit à des compensations.

Il en est résulté, pour la France, en 1990, des frais financiers (intérêts d'emprunts et agios versés aux industriels) qui se sont montés, d'après la Direction du budget, à 260 MF.

La couverture des charges correspondantes devrait être étalée jusqu'en 1995-1996, mais le budget du CNES s'en trouvera grevé, d'ici là, à due concurrence.

1. Cf. n° 32 de septembre 1991 de *Space News*.

2. GIFAS : Groupement des industries françaises aéronautiques spatiales.

L'ASE a eu à supporter, pour sa part, des frais financiers d'un montant de 80 MUC. Cependant :

son règlement lui permet d'emprunter dans la limite de la marge d'aléas autorisée qui correspond à 20 % des prévisions de dépenses initiales.

- il lui a sans doute été possible, pour couvrir cette dépense, de puiser dans sa trésorerie que l'on dit abondante.

Selon certaines sources, l'ASE disposerait, en effet, en permanence, d'une trésorerie équivalente à un mois et demi ou deux mois de dépenses.

L'ASE fait valoir que le placement des sommes correspondantes permet au total de réduire ses besoins financiers.

Il n'en demeure pas moins qu'une telle aisance témoigne d'une gestion des crédits qui n'est sans doute pas aussi rigoureuse qu'il serait souhaitable.

Les reports importants qui sont - paraît-il - constatés d'un exercice à l'autre traduisent également une insuffisante adéquation de la consommation des crédits aux prévisions d'engagement.

Votre rapporteur voudrait également rappeler ici les recommandations de deux des experts de l'Office :

- tout d'abord, celle de M. DORDAIN visant une diminution des coûts d'exploitation des infrastructures orbitales habitées ;

- ensuite, celles de Mme PRADERIE tendant à ce que la participation de la France aux programmes obligatoires de sciences de l'univers de l'ASE fasse l'objet d'un budget consolidé, comprenant les prévisions de financement des instruments concernés, dans un double souci de réalisme budgétaire et d'accroissement de la contribution des laboratoires et des entreprises françaises.

Votre rapporteur souhaite, en conclusion :

- une réforme du règlement financier de l'ASE que beaucoup jugent trop compliqué et dont certaines règles paraissent curieuses (règle du "non couvert" par exemple qui consiste à exagérer les demandes puisqu'il est prévu qu'une partie n'en sera pas satisfaite...);

- une présentation plus claire et plus transparente du budget du CNES (avec, notamment, une meilleure identification des ressources et, à l'avenir, une récapitulation complète et sincère des dépenses liées

à l'homme dans l'espace, sans camouflage à des fins de sous-estimation) ;

- pour les entreprises dont le principal client est l'Etat (celles travaillant pour la défense nationale, notamment), le "système de l'enquête", qui fixe leur rémunération par référence à un ratio dans lequel sont pris en compte leurs frais généraux, devrait être remis en cause.

Ce système, en effet, n'incite pas à une bonne gestion et n'aboutit pas à des prix économiquement réalistes.

Il faudrait réfléchir également, au regard de l'intérêt du contribuable et de la nécessaire amélioration de la compétitivité de nos entreprises, au bien-fondé de la pratique tendant à majorer le coût des prestations effectuées pour le compte de clients institutionnels (agences, opérateurs de télécommunications...).

Sans doute cela permet-il de faire, par ailleurs, de meilleures offres sur les marchés d'exportation, mais n'y a-t-il pas là une sorte de facilité à laquelle il pourrait être dangereux de s'habituer à céder trop complaisamment ?

\*

\*           \*

Au cours d'un colloque sur les enjeux économiques de l'Europe spatiale<sup>1</sup>, l'actuel Directeur Général de l'ASE, M. Jean-Marie LUTON suggérait de recourir plus largement à des experts extérieurs aux agences à des fins d'évaluation, d'enquête et de révision des projets. Il envisageait également la mise en place d'une méthodologie d'audits adaptée à l'activité spatiale et la formation, en conséquence, d'équipes d'auditeurs.

Votre rapporteur souhaiterait que ces excellentes intentions soient un jour suivies d'effets.

Cette rigueur, appliquée à la gestion des crédits de l'espace, comme au contrôle de la qualité des prestations spatiales, doit s'accompagner d'un effort d'imagination tendant à recourir à de nouvelles formules de financement des activités considérées.

1. Colloque du 18 mai 1989 organisé par la Commission de la production et des échanges de l'Assemblée nationale.

### 3. RECOURIR À DE NOUVEAUX MOYENS DE FINANCEMENT

Au fur et à mesure que se développent et se diversifient les activités spatiales et que les marchés correspondants arrivent à maturité, il est naturel d'envisager un moindre recours aux finances publiques et des formules de financement plus variées.

#### 3.1. LES EXEMPLES AMÉRICAINS

Ce rapport a déjà souligné les tendances à la concentration et à l'intégration verticale qui se manifestent dans l'industrie privée américaine des télécommunications spatiales.

Ce mouvement peut se traduire de deux façons :

- par la diversification de l'offre de moyens spatiaux (livraisons en orbite, location de transpondeurs, systèmes complets "clés en main" segments sol compris...) et l'élargissement de la gamme de prestation de services correspondants (assurance, leasing...);

- par l'intégration de cette offre dans des systèmes de télécommunications hybrides multi-supports (satellites + câble + téléphone cellulaire...).

La première logique est celle, par exemple, de Hughes<sup>1</sup> et GE Americom, auxquels appartiennent la moitié des vingt-neuf satellites actuellement en service aux États-Unis.

La deuxième logique est celle d'ATT ou de GTE Spacenet.

La NASA a, de son côté, fait appel à des formules originales pour le financement de certains de ses satellites de télécommunications :

- sollicitation de cofinancements auprès d'utilisateurs tant publics que privés pour les équipements au sol permettant de tester le satellite ACTS (Advanced Communications Technologies Satellite);

- location par la NASA des satellites de relais de données TDRS à la société Spacecom, qui en est le propriétaire et l'exploitant, les loyers étant versés directement à la Federal Financing Bank à laquelle ont été empruntés les fonds nécessaires à la mise en œuvre du système.

1. On assiste, dans le cas de Hughes, à une "autoconsommation" plus ou moins développée, par la société mère General Motors, des capacités de télécommunications spatiales offertes en orbite.

La société Columbia Communication a, par ailleurs, obtenu pour six ans l'accès à vingt-quatre transpondeurs de deux des satellites considérés.

### 3.2. LES PERSPECTIVES EN EUROPE

En Europe, on assiste seulement, pour le moment à un recours accru à l'autofinancement et à l'emprunt, ainsi qu'au développement de certains cofinancements associant des fonds publics et privés.

- Le Président directeur général de Spot Images, M. BRACHET envisage ainsi, dans un avenir plus ou moins rapproché, non seulement que sa société prenne entièrement en charge ses frais d'exploitation mais qu'elle puisse financer le coût récurrent des prochains satellites qu'elle utilisera, la puissance publique se contentant d'assumer les dépenses résultant des améliorations apportées aux systèmes antérieurs ;

- dans le domaine de la télédiffusion, la société européenne des satellites (SES), dont le capital est détenu par des actionnaires publics ou privés, a eu recours, par ailleurs, à des emprunts bancaires, garantis par le gouvernement luxembourgeois, pour le financement du système ASTRA.

La SES a également innové en louant des transpondeurs avant le lancement des satellites correspondants, et en demandant le paiement d'avance des locations à long terme, ce qui lui a permis de clore par un bénéfice d'exploitation son premier exercice en 1989.

- Le coût total du programme de première génération du système communautaire Eutelsat a été pris en charge conjointement par l'ASE et par l'opérateur lui-même qui a dû recourir à l'emprunt.

80 % de l'investissement total ont été couverts, en définitive, par des prêts de la Banque européenne d'investissement et par des émissions d'obligations.

Il n'est pas interdit d'imaginer à l'avenir une participation croissante des utilisateurs éventuels (opérateurs, usagers, entreprises publiques ou privées) au financement de la mise en oeuvre de nouveaux services par satellite ou de la R & D correspondante.

Le budget annexe de l'aviation civile, par exemple, pourrait être sollicité pour les études relatives aux systèmes spatiaux de guidage et de communication à bord des avions.

Si ses charges financières le lui permettent, Eutelsat, actuellement bénéficiaire, pourrait contribuer à des travaux de recherche en matière de satellites de télécommunications et poursuivre l'effort de couverture de l'Europe de l'Est qu'elle vient d'entreprendre.

Comme votre rapporteur l'a déjà laissé entendre, un grand programme de la CEE, consacré au rattrapage des retards européens en matière d'équipements au sol serait, enfin, le bienvenu.

\*

\*           \*

Cet appel grandissant à de nouvelles sources de financement, tant privées que publiques, des activités spatiales suppose évidemment que l'essor des marchés correspondants ne soit pas freiné.

Mais la levée des obstacles réglementaires au développement du marché des applications de l'espace doit être progressive et prudente, sous peine que le remède soit pire que le mal.

#### 4. UTILISER À BON ESCIENT LES FORCES DU MARCHÉ

##### 4.1. EN EUROPE

##### 4.1.1. Les objectifs louables du livre vert de la CCE

Le livre vert de la commission des Communautés européennes (CCE) sur les communications par satellites<sup>1</sup> constate que les principaux obstacles au développement du marché des applications de l'espace en Europe proviennent :

- de la compartimentation du marché européen ;
- des entraves à la liberté d'accès des utilisateurs aux services concernés et à la libre prestation de ces services par les fournisseurs.

Sur le premier point, la commission suggère une série de mesures tendant à harmoniser les normes européennes<sup>2</sup>, à coordonner les fréquences<sup>3</sup>, à favoriser la connexion des satellites aux réseaux terrestres et "l'interopérabilité" des réseaux et des équipements nationaux.

Il devrait en résulter une offre harmonisée de services à l'échelle européenne, qui passe par une reconnaissance mutuelle des procédures d'autorisation et d'agrément et suppose l'adoption de règles communes vis-à-vis des prestataires de pays tiers.

En ce qui concerne le deuxième point, la commission préconise la libéralisation complète :

▶ du segment spatial (libre accès à des services librement fournis<sup>4</sup>) ;

▶ du segment terrien (stations de réception et d'émission). Cette dernière déréglementation concernerait aussi bien :

- les réseaux privés non reliés aux réseaux publics (y compris pour la téléphonie vocale interactive) ;
- les communications d'affaires spécialisées ;
- la télédiffusion directe à domicile.

1. Livre vert : "Vers des systèmes et des services à l'échelle de l'Europe" sur une approche commune dans le domaine des communications par satellites dans la Communauté européenne.

2. Tâche confiée à l'ETSI (Institut Européen des normes de Télécommunications concernant les équipements par satellite).

3. En liaison avec les organisations internationales (Intelsat, Inmarsat) et conformément à la réglementation internationale à l'application de laquelle veille l'UIT (Union Internationale des Télécommunications).

4. Cela suppose, notamment, que tout utilisateur puisse avoir accès aux services de l'organisation communautaire Intelsat, sans passer par son administration nationale de télécommunications, ce que seule l'UER (Union européenne de radiodiffusion) est susceptible de faire actuellement.

Pour mettre en oeuvre une telle politique, le livre vert de Bruxelles recommande d'établir une distinction entre les fonctions de réglementation et les fonctions d'exploitation de réseaux de télécommunication.

Les seules exceptions à cette libéralisation qui seraient admises tiendraient :

- à des contraintes techniques (respect de la réglementation internationale et nécessité d'éviter les interférences) ;

- au souci de ne pas porter atteinte au service public de téléphonie ni aux prestations de services d'intérêt économique général fournies par les organisations de télécommunications actuelles.

L'objectif poursuivi est de concilier, à travers la création d'un véritable marché unique européen, la satisfaction des besoins (notamment ceux des entreprises et des pays de l'Est) et le développement de l'industrie des satellites, de celle des équipements terriens, et de tous les services connexes.

De telles intentions sont louables, mais leur mise en oeuvre exige certaines précautions, étant donné la fragilité des positions européennes dans certains des secteurs concernés.

Il ne faut pas "jeter le bébé avec l'eau du bain".

#### **4.1.2. Les précautions à prendre**

Les craintes que peut éveiller la perspective d'une déréglementation hâtive et maladroite en Europe ont trait aux composantes les plus faibles du segment terrien européen, c'est-à-dire les équipements individuels de réception d'émission de télévision (TVRO) ou de communication d'affaires (VSAT).

Ces deux types d'équipements représentent ensemble<sup>1</sup>, on l'a vu, plus de 60 % du marché mondial des équipements au sol.

L'émergence des marchés correspondants est liée, indéniablement, à la levée de certains obstacles réglementaires.

1. TVRO (TV receivers only) = 50 % ;  
VSAT (Very small aperture terminals) = 14 %.

C'est ainsi qu'aux Etats-Unis :

- le décollage des ventes de petites antennes de réception communautaires ou individuelles (TVRO) a coïncidé avec la suppression, en 1980, de l'obligation de licence exigée par la FCC (Federal Communication Commission). Le parc installé en Amérique correspond à 3,3 millions d'unités en 1991 ;

L'essor des réseaux privés de communication d'entreprise par satellite a été d'autre part, facilité par l'assouplissement des conditions d'autorisation par la FCC (une autorisation par réseau depuis 1986, au lieu d'une par station auparavant)

60 000 terminaux VSAT étaient en service aux Etats-Unis au début de 1991.

Les principaux utilisateurs sont les secteurs de la distribution, de la finance, des assurances et de la construction automobile.

Les usages essentiels consistent en la transmission de données (40 %), souvent associée à l'emploi de moyens de vidéo-communication (30 %).

La faiblesse des positions européennes dans ces secteurs des petits terminaux de réseaux d'entreprise ou de télédiffusion directe les expose particulièrement à la concurrence étrangère en cas de dérégulation et d'ouverture des marchés précipitées.

Les exemples de la Grande-Bretagne et de l'Allemagne<sup>1</sup>, qui sont les pays d'Europe dans lesquels la déréglementation est la plus avancée, confirment ces présomptions.

Votre rapporteur demande donc que :

- la création d'un marché unique européen des télécommunications spatiales et l'ouverture de ce marché à la concurrence internationale soient effectuées progressivement et prudemment ;

- des mesures d'accompagnement et de soutien à notre industrie soient préalablement mises en oeuvre (programme de R & D concernant notamment les composants et le segment terrien) ;

1. - Toute société peut offrir, depuis août 1991, en Grande-Bretagne, des services bidirectionnels par satellite, sans connexion, toutefois, avec les réseaux terrestres publics, et sous réserve d'une autorisation de British Telecom en ce qui concerne la fourniture de capacités permanentes.

En Allemagne, onze sociétés ont été autorisées, depuis juin 1990, à fournir des services bidirectionnels de télécommunications par satellite pour faire face aux besoins de l'ex-RDA. Il en est résulté l'émergence d'un marché des VSAT et la création de la société Teleport Europe qui propose des services paneuropéens de communications par satellite.

- la stratégie préconisée par le rapport à la CCE<sup>1</sup> de M. GIBSON, en ce qui concerne les petits équipements de réception au sol, devrait être soumise à un examen attentif et à une contre-expertise (le rapport part du principe qu'il vaut mieux se concentrer sur la mise au point des terminaux de prochaine génération, la bataille étant perdue d'avance pour ce qui est de la génération actuelle...).

#### 4.2. DANS LE MONDE

En même temps que l'unification et l'ouverture du marché européen, la concurrence sur les marchés extérieurs peut être un bon stimulant pour accroître l'efficacité de la mobilisation des moyens spatiaux européens.

Déjà très forte dans le domaine des télécommunications spatiales (où 40 % des ventes de satellites ont lieu en-dehors des États-Unis et de l'Europe), la compétition internationale devrait s'intensifier durant les années à venir dans d'autres secteurs comme celui de la télédétection ou des lanceurs.

Concernant les lancements commerciaux de satellites, l'Europe aura à subir la concurrence de pays qui, ne pratiquant pas les règles de l'économie de marché, risquent de fixer leurs prix à un niveau artificiellement bas (Chine, URSS). Mais il est difficile même à des pays capitalistes, de se laisser entièrement guider, en la matière, par les principes de l'orthodoxie libérale, étant donné que le coût du développement des lanceurs y est, comme partout, pris en charge par les finances publiques. Dans un ensemble de pays comme l'Europe, le marché institutionnel (Agences spatiales, opérateurs publics de télécommunications ou de télédiffusion) représente, en outre, l'équivalent du marché commercial proprement dit.

Il est toujours difficile, dans ces conditions, de se plaindre d'une concurrence déloyale et le GATT n'est pas nécessairement l'enceinte la plus appropriée pour régler les différends commerciaux concernant l'espace, étant donné le petit nombre de puissances spatiales dans le monde, la relative étroitesse du marché<sup>2</sup> et l'imbrication des aspects commerciaux et politiques des problèmes.

1. Rapport à la commission des Communautés européennes d'octobre 1991 : "La communauté européenne à la croisée des chemins en ce qui concerne l'espace".

2. Quarante lancements par an, dont vingt-cinq dans le monde occidental, correspondant à la mise en orbite d'une soixantaine de satellites ;  
le marché des télécommunications spatiales, lancements et équipements sol compris, ne représente que 2,5 % du marché total des équipements de télécommunication.

Les Américains ayant consenti, à une époque, des rabais importants pour les lancement du Shuttle, l'Europe a demandé aux Etats-Unis l'ouverture de négociations au sujet des subsides gouvernementaux accordés dans ce secteur.

Des discussions ont été entamées entre le Ministre du commerce extérieur américain (USTR : US Trade Representative) et une délégation de l'ASE mais les Européens ont retiré leur plainte à la suite de l'accident de Challenger.

Plus récemment, les Etats-Unis ont exigé l'ouverture du marché spatial japonais en invoquant le principe selon lequel seuls les satellites expérimentaux entièrement financés par des fonds publics peuvent être mis en orbite exclusivement par des lanceurs nationaux.

Aérospatiale et Alcatel, d'un côté, et Matra, d'un autre côté, ont d'ailleurs répondu à deux appels d'offres japonais lancés par NTT (Nippon Telegraph and Telephone) et par SJC (Satellite Japan Corporation). Ce dernier a, cependant, de grandes chances de choisir un satellite fabriqué par l'américain Hughes qui détient un tiers de son capital.

Comme cela a déjà été souligné dans le présent rapport, les succès à l'exportation des industries européennes de satellites de télécommunications sont plutôt rares. L'Europe se voit même contester le contrôle de son propre marché, avec, par exemple, la commande par la SES (Astra) de satellites de télédiffusions américains (General Electric puis Hughes). En revanche, la compétitivité européenne est très bonne dans le domaine des lancements commerciaux, la moitié du carnet d'Arianespace correspondant à des commandes non européennes et près de 80 % à des ordres émanant de clients privés.

Cependant, la concurrence américaine se ravive, avec le lancement, tout dernièrement, de deux satellites européens par des fusées ATLAS américaines (DFS KOPERNIKUS et EUTELSAT H F3).

Réciproquement, le prochain lancement de trois satellites américains figure sur le carnet de commandes d'Arianespace.

L'exemple de DFS KOPERNIKUS et d'EUTELSAT n'en montre pas moins que la privatisation des opérateurs européens de télécommunications peut conduire au choix de fusées étrangères pour le lancement de satellites européens pourtant financés par des crédits en grande partie d'origine publique.

De telles décisions pourraient avoir pour effet de remettre en cause la pratique, déjà signalée, tendant à faire payer plus cher les clients institutionnels européens d'Arianespace, pour consentir de meilleures offres à la clientèle privée sur les marchés d'exportation.

Au total les exportations de l'industrie spatiale française ont avoisiné, en 1990, 5 milliards de francs (cf. tableau n° 18 du rapport de M. GIGET) dont 60 % au titre des contrats d'ARIANE, 30 % pour les satellites et 10 % seulement pour la vente d'instruments et d'équipements sol, l'ingénierie, etc.

L'absence de statistique permettant de mesurer, en contrepartie, le flux des importations (composantes et équipements sol notamment), et donc le solde commercial des activités spatiales, apparaît regrettable.

Les relations avec les autres puissances spatiales ne doivent pas être seulement considérées en termes de compétition commerciale mais aussi au regard de possibilités de coopération internationale qu'elles offrent.

## 5. RECOURIR À LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

### 5.1. UN IMPÉRATIF GRANDISSANT

Le coût très important des missions spatiales oblige à recourir de façon accrue à la coopération internationale dans les domaines qui ne sont pas, ou du moins pas encore, susceptibles d'applications commerciales concurrentielles, c'est-à-dire essentiellement :

- les activités scientifiques (sciences de l'univers et observation de la Terre) ;

- et les vols habités (infrastructures orbitales circum-terrestres et préparation d'explorations lointaines).

Dans chaque cas, l'intérêt de ce renforcement inéluctable de la coopération spatiale internationale est de permettre une réduction des dépenses par :

- une meilleure coordination des différentes initiatives (harmonisation des missions et exploitation coordonnée des données) ;

- la réalisation en commun de certains projets.

#### 5.1.1. La coordination des différentes initiatives

- Dans le domaine des sciences de l'univers, notre expert Mme PRADERIE estime qu' «une vigilance extrême doit s'exercer afin d'éviter des doubles emplois entre les missions de l'ASE et les programmes nationaux».

Elle souligne que le problème se pose, notamment, en ce qui concerne les rayons X, domaine dans lequel plusieurs missions semblent se faire concurrence et où certains programmes européens semblent même rivaliser avec l'une des "pierres angulaires" du programme "horizon 2000", de l'ASE, la mission XMM (X-Ray Multi-mirror Mission)<sup>1</sup>.

- En ce qui concerne l'observation de la Terre, il importe non seulement d'harmoniser les missions mais également de coordonner le traitement des données (accès en temps réel, archivage, distribution...).

Notre expert, M. LEBEAU, note qu' «il n'existe pas de système coordonné à l'échelle mondiale pour un accès aux données de tous les satellites contribuant à l'observation de l'atmosphère et des océans, et

1. Spectroscopie et imagerie dans le domaine X mou à très haute sensibilité.

les politiques de distribution et de tarification de ces données sont de plus en plus hétérogènes. C'est une source de difficultés, tout particulièrement pour les laboratoires scientifiques qui ont du mal à constituer les jeux de données nécessaires aux recherches qu'ils conduisent».

C'est à résoudre ce problème que s'emploie le bureau "Data and Information System" (DIS) que dirige l'un des pères de l'IGPB, M. Itchiaque RASOOL.

L'ICSU (Conseil international des unions scientifiques) a conçu, en 1986, un très ambitieux programme international d'étude de l'environnement global baptisé "Global Change".

"Global Change" est constitué de deux sous-programmes complémentaires :

- le programme international géosphère-biosphère (PIGB en français, IGPB en anglais) qui s'intéresse aux changements à long terme de l'état de la biosphère et de ses interactions avec l'atmosphère et le climat.

- Le programme mondial de recherche sur le climat (PMRC en français, WCRP en anglais) qui, sous l'égide de l'organisation météorologique mondiale (OMM ou WMO), se consacre plutôt à l'étude physique des changements climatiques à court terme (température de la mer, humidité de l'air, nébulosité...).

### 5.1.2. Les actions communes

La plupart des coopérations actuelles consistent à associer au sein d'une même plate-forme des instruments de diverses origines nationales (projets multilatéraux européens comme la plate-forme polaire POEM 1) ou à embarquer dans un satellite d'un pays, des "passagers" ou des "expériences", réalisés par un autre pays (exemple de l'altimètre radar POSEIDON sur le satellite TOPEX de la NASA ou du télescope SIGMA à bord du satellite soviétique GRANAT).

À l'issue de la conférence de Munich, le Président du conseil ministériel de l'ASE, M. Francesco CARASSA, a parlé d' «examiner les possibilités de coopérations futures pour avoir plus d'efficacité et minimiser les coûts».

S'agissant plus particulièrement d'HERMÈS, le Directeur général du CNES a évoqué, à mots couverts, la possibilité pour les Européens de mener certaines études techniques en commun avec les

Américains, les Soviétiques et les Japonais qui songent, eux aussi, à développer une petite navette spatiale.

## 5.2. LES CADRES DE COOPÉRATION POSSIBLES

### 5.2.1. La coopération avec les Etats-Unis

Malgré certaines erreurs stratégiques (le "tout navette" en matière de lancement, notamment) et des déboires, déjà évoqués dans ce rapport (HUBBLE, GALILEO, GOES NEXT...), dont nul n'est du reste à l'abri (cf. HIPPARCOS, PHOBOS, GAMMA 1...), les Etats-Unis jouent, sans conteste, un rôle dominant dans le monde spatial occidental.

L'effet d'entraînement de la politique spatiale américaine sur l'Europe provient :

- de la fascination qu'exercent les Etats-Unis en raison de leurs exploits passés (missions APOLLO, PIONEER, VOYAGER...);

- de la supériorité très nette de leurs moyens budgétaires (deux fois ceux de l'Europe en autorisation de programme, trois fois les moyens européens pour le total des dépenses spatiales civiles);

- enfin, d'une propension des Américains à se montrer très prospectifs pour des raisons liées à leur passé historique (notions de "nouvelle frontière", attrait de la conquête de nouveaux territoires...).

De nombreux pays européens ont, dans ces conditions, privilégié leurs relations avec la NASA dans leur politique de coopération spatiale bilatérale, notamment l'Allemagne et l'Italie<sup>1</sup>.

Plus de 40 % des crédits de coopération bilatérale du CNES sont consacrés à des participations françaises à des projets américains (altimètre POSEIDON sur le satellite TOPEX surtout, mais aussi expériences dans le cadre des missions Mars Observer et CRAF<sup>2</sup>).

Ce pourcentage ne permet, toutefois, pas d'apprécier l'intérêt scientifique, d'un ordre relativement équivalent, que représentait jusqu'ici, malgré son coût beaucoup plus faible, la coopération spatiale franco-soviétique.

Pour sa part, l'ASE a dû longtemps s'en remettre aux moyens américains (Spacelab) pour ses études dans les domaines de la microgravité et des sciences de la vie. L'agence européenne s'est

1. Allemagne : projets GRO (Gamma Ray Observatory), Rosat, Galileo, Orfeus ;  
Italie : TSS (Tethered satellite), Schmidt X Ray.

2. CRAF : Comet Rendez-vous Asteroid Flyby.

associée, dans le domaine des sciences de l'univers, à plusieurs projets américains d'astronomie (télescope HUBBLE HST, International Ultraviolet Explorer IUE) ou d'exploration du système solaire (mission CASSINI-HUYGENS d'étude de Saturne, projet MARSNET...). Les participations européennes étaient, dans le passé, souvent minoritaires (15 % pour le projet HUBBLE, par exemple...).

Mais de futures missions menées en commun par les Américains et les Européens, telles que SOHO ou ROSETTA, qui sont des "pierres angulaires" de l'ASE, ou comme ULYSSES, témoignent d'un certain rééquilibrage de la coopération entre l'Europe et les États-Unis.

L'Europe semble, par ailleurs, s'être fait un domaine d'excellence de l'étude des comètes et des astéroïdes (notamment depuis le succès de la sonde GIOTTO...) et prouve sa maîtrise à cet égard, en collaborant avec les États-Unis à d'ambitieux projets (missions CRAF et CASSINI...).

Toutefois, la NASA envisage de se lancer dans un vaste programme d'étude de planètes du système solaire qui n'ont pas encore été survolées ou visitées par des engins spatiaux (Mercure, Jupiter, Uranus, Neptune...).

Il est encore trop tôt pour savoir dans quelle mesure l'Europe sera associée à ces projets qui témoignent, cependant, d'une capacité d'initiative et d'un niveau d'ambition des Américains supérieurs à ceux des Européens.

Dans le domaine des vols habités l'effet d'entraînement de la politique spatiale américaine est encore plus évident. Tout le monde s'aligne, en effet, plus ou moins, sur la stratégie américaine de progression par étape qui prévoit d'abord le développement d'infrastructures orbitales, puis le retour à la Lune, puis la conquête de Mars. Seuls les Soviétiques paraissaient jusqu'ici capables d'envisager une autre démarche consistant à aller directement sur Mars sans intermède lunaire.

Le projet américain de station internationale "FREEDOM" a suscité, dans ces conditions, la participation du Canada et du Japon ainsi que celle de l'Europe, à travers le laboratoire rattaché COLUMBUS qui pourra être desservi par HERMÈS, en même temps que par le Shuttle (un ravitaillement de la station par un cargo spatial européen lancé par ARIANE 5 est également envisagé).

L'Europe ne disposera, au total, que de 12,8 % de l'ensemble des ressources offertes par FREEDOM (y compris la part de charge utile emportée par le Shuttle à l'occasion de chaque vol de ravitaillement).

C'est un peu un paradoxe de la politique spatiale européenne que de tenter de s'affranchir des moyens américains, tout en se contentant d'un certain "suivisme" en matière stratégique, faute, sans doute, de ressources budgétaires suffisantes.

Il est clair, en tout cas, que les Américains, de leur côté, sont contents de pouvoir partager les frais de certaines de leurs missions mais que leur principal objectif est le maintien de leur prédominance spatiale ("leadership through cooperation").

De ce point de vue, les Etats-Unis se trouvent, à l'égard des autres puissances spatiales, un peu dans la même situation que la France vis-à-vis de ses partenaires européens.

Un rééquilibrage, débouchant sur un partage du pouvoir d'initiative et de décision entre les Etats-Unis et l'Europe, paraît souhaitable.

Mais cet objectif ne peut être atteint sans un effort budgétaire européen conséquent.

L'Europe ne peut prétendre "jouer dans la cour des grands" sans s'en donner les moyens.

## 5.2.2. Les relations avec l'URSS

Les considérations suivantes de votre rapporteur s'inspirent à la fois du compte rendu de la mission de M. VALADE<sup>1</sup> en avril dernier, et d'entretiens avec Mme BOURLAKOFF, chargée, au CNES, des relations avec l'ex-URSS, d'une part, et avec différents industriels français d'autre part.

### 5.2.2.1. Un potentiel menacé

Le remarquable potentiel spatial soviétique représente actuellement un "chef d'oeuvre en péril" dont la préservation est menacée par :

- l'éclatement de l'URSS ;

1. M. VALADE est Sénateur de la Gironde, membre de l'Office et ancien Ministre de la Recherche. Il a effectué, en tant que rapporteur spécial des crédits de la recherche à la commission des Finances du Sénat, une mission en URSS, en avril 1971, sur "la nouvelle offre soviétique de coopération scientifique et technique en matière spatiale."

- les difficultés économiques des Républiques soviétiques qui conduisent à une réduction des dépenses spatiales, au demeurant de plus en plus impopulaires.

L'effort budgétaire soviétique était, en valeur relative, le plus élevé du monde. Il est passé de 1,07 % du PIB (dont 0,47 % pour les programmes civils), en 1989, à environ 1 % du PIB (dont 0,43 % pour l'espace civil), en 1990.

En valeur absolue la contraction est très nette : 6,9 milliards de roubles en 1989 ; 6,3 milliards en 1990 ; cette baisse - selon Euroconsult - s'est poursuivie en 1991.

Comme votre rapporteur l'a déjà souligné, le protocole général de la dernière réunion franco-soviétique sur la coopération spatiale entre les deux pays, qui s'est tenue à Tours à l'automne 1991, reflétait bien la situation financière très tendue de l'URSS.

La France vient, d'ailleurs, selon *Space News* d'accepter de contribuer au financement des installations au sol qui permettent l'exploitation des données fournies par le satellite soviétique GRANAT, à bord duquel se trouve le télescope français SIGMA.

Mais les puissances spatiales susceptibles de venir en aide à l'ex-URSS ont aussi leurs propres problèmes financiers. Aussi, ne s'agit-il pas pour elles de se lancer dans une sorte de mécénat, ni d'encourager les Républiques soviétiques à leur faire concurrence sur le marché, mais bien plutôt d'exploiter les complémentarités qui peuvent exister entre les potentiels spatiaux en présence.

La conservation du patrimoine spatial soviétique dépend en premier lieu d'un sursaut et d'un réflexe d'union des Républiques concernées. Mais cette préservation peut se trouver favorisée par la coopération internationale qui constitue le meilleur moyen de valoriser le potentiel de l'ex-URSS.

Une telle coopération est à la fois difficile et attractive.

#### 5.2.2.2. Une coopération difficile

Elle est difficile car :

- L'offre soviétique (qui porte souvent sur des systèmes "clés en main", des prestations complètes ou des produits finis) ne correspond pas nécessairement aux besoins européens (qui tendent en grande partie vers l'acquisition de savoir-faire...).

- Le marché spatial soviétique et le monde spatial occidental sont très différents, ce qui ne facilite pas entre eux les transferts de technologie.

Alors que les Occidentaux s'efforcent d'alléger, dans toute la mesure du possible, le poids des différents composants des satellites, les Soviétiques disposent de lanceurs surpuissants et n'attachent pas la même importance au prix du kilo mis en orbite.

Les redondances introduites pour prévenir les défaillances de composants électroniques insuffisamment fiables et la pressurisation des satellites qui nécessite des blindages épais, conduisent à la réalisation de satellites plus lourds, à performances égales, que ceux de l'Occident. La durée de vie des satellites soviétiques est également plus courte, généralement, que celle des satellites occidentaux, du fait, notamment, d'une moins bonne qualité des équipements électroniques. Il en résulte un remplacement plus fréquent des satellites en orbite, donc une cadence de lancement supérieure.

Les industries spatiales soviétiques - qui se sont, toutefois, affranchies récemment de la tutelle de Glavcosmos - constituent des sortes d'immenses "Konzern" fonctionnant pratiquement en autarcie. On est loin du morcellement et de l'émiettement des tâches européennes.

Les systèmes spatiaux soviétiques et occidentaux constituent donc deux entités différentes qui doivent s'appriivoiser et apprendre à se connaître avant d'approfondir leurs relations. L'obstacle de la langue, les besoins de devises soviétiques qui se heurtent aux difficultés budgétaires des autres puissances spatiales, ne facilitent pas les rapprochements.

#### *5.2.2.3. Une coopération attractive*

Pourtant, l'idée d'une accentuation de la coopération entre les Républiques soviétiques et l'Europe paraît attractive, pour des raisons qui tiennent essentiellement :

- à certaines complémentarités entre les moyens spatiaux en présence ;
- à l'expérience soviétique en matière de vols habités.

- Les Soviétiques disposent, avec la fusée ENERGIA, d'un moyen de lancement extrêmement puissant qui pourrait dispenser l'Europe de mettre au point un lanceur lourd, dérivé d'ARIANE 5, pour des expéditions lunaires.

Lors de sa visite au Centre spatial de Toulouse, en mai 1991, certains interlocuteurs de votre rapporteur lui ont fait, en outre, valoir qu'il existait entre Soviétiques et Français une très bonne complémentarité dans les domaines de la robotique et des systèmes automatiques.

L'URSS compense, ainsi, certaines faiblesses en matière électronique par une grande imagination concernant l'utilisation de la mécanique. Une coopération franco-soviétique pour la mise au point de véhicules automatiques planétaires pourrait ainsi s'avérer très fructueuse. Concernant l'exploration robotisée de la planète Mars, les délais de transmission des signaux de télécommande constituent - on l'a vu - un obstacle à l'utilisation de l'intelligence artificielle et de la télésience. L'exploitation des travaux soviétiques relatifs à la mise au point de systèmes réflexes autonomes pourrait présenter, à cet égard, un grand intérêt.

On peut souligner aussi que la différence, évoquée plus haut, entre les contraintes économiques et techniques des systèmes spatiaux occidentaux et soviétiques n'a pas empêché que :

- des instruments français soient embarqués sur des satellites soviétiques (GAMMA et GRANAT) et que des expériences françaises se déroulent à leur bord ;

- la France participe activement à la préparation des missions soviétiques Mars 94-96 (voir première partie de ce rapport) avec notamment la réalisation en commun d'un aérostat.

- L'expérience soviétique en matière de vols habités peut être, par ailleurs, mise à profit par l'Europe, étant entendu que l'acquisition par les Européens d'un savoir-faire leur permettant d'accéder à une réelle autonomie, constitue leur objectif essentiel.

En dehors de la continuation des vols préparatoires de cosmonautes français à bord de vaisseaux spatiaux soviétiques, dans le cadre du programme ANTARÈS, on pourrait envisager :

- une sorte de monitorat rétribué consistant à solliciter les conseils des Soviétiques pour le développement d'HERMÈS et de COLUMBUS.

- l'achat de codes de calcul ou la location de moyens d'essais qui pourraient être utiles à la résolution des problèmes d'aérodynamique que soulève la réalisation d'HERMÈS.

Il faut, toutefois, rappeler que ses dimensions, beaucoup plus réduites que celles de la navette BOURANE, rendent plus ardues les obstacles aérothermodynamiques au développement de l'avion spatial européen.

\*

\* \* \*

En résumé, la coopération avec les Républiques soviétiques ne saurait constituer une échappatoire, face aux problèmes que pose à l'Europe sa prétention à vouloir maîtriser les activités humaines dans l'espace.

Les relations spatiales avec l'ex-URSS paraissent à la fois riches de potentialités à long terme mais assez difficiles à court terme, bien que la préservation et l'utilisation de leur potentiel spatial soit sans doute, pour l'Europe, l'un des meilleurs moyens d'aider les Républiques soviétiques. Les industriels français rencontrés par votre rapporteur estiment, généralement, qu'ils ne sont en mesure de passer, actuellement, aux entreprises soviétiques travaillant dans le secteur spatial, que des contrats d'un montant limité (quelques dizaines de millions de francs).

### 5.2.3. Les relations avec le Japon

Restés longtemps très dépendants des Etats-Unis dans ce domaine, et ne consacrant à l'espace qu'un budget relativement limité (0,04 %) du PNB), les Japonais disposent d'un potentiel spatial qui n'est pas à la hauteur de leur situation de puissance technologique mondiale de premier rang.

Par une coopération exclusive et étroitement verrouillée, les Etats-Unis ont bridé le développement technologique de l'industrie spatiale japonaise.

Le lanceur nippon H 1, opérationnel depuis 1987, ne peut mettre actuellement, en orbite géostationnaire de transfert, qu'une charge utile de 550 kg, et n'est pas compétitif sur le marché international.

C'est, d'autre part, sous licence américaine que les trois firmes privées japonaises JC SAT, SCC et SJC<sup>1</sup> fabriquent leurs satellites opérationnels de télécommunications.

Cependant, le niveau des réalisations et des ambitions japonaises s'accroît progressivement :

Le Japon poursuit, en effet, depuis plusieurs années trois programmes de développement de filières de satellites expérimentaux :

- les séries CS de satellites de communication et BS de satellites de télédiffusion ;
- la série ETS de satellites technologiques.

En outre, le Japon est d'ores et déjà très présent :

- dans le secteur des équipements sol (convertisseurs hyperfréquences des antennes, notamment ...)
- dans les composants hyperfréquence.

Selon le responsable des activités spatiales de Thomson, M. TRAZET, 70 % des composants électroniques des derniers satellites d'Intelsat sont ainsi d'origine japonaises.

Le Japon s'est désormais doté, sous l'autorité de la NASDA et de l'ISAS<sup>2</sup>, d'un programme spatial ambitieux et complet, avec notamment :

1. JC SAT : Japan Communication Satellite Corporation ;  
SCC : Space Communication Corporation ;  
SJC : Satellite Japan Corporation.
2. NASDA : National Space Development Agency , chargée des programmes d'application ;  
ISAS : Institut des Sciences Aérospatiales et Spatiales, chargé des programmes scientifiques.

- le développement d'un nouveau lanceur cryogénique à flux intégré H 2, de la classe d'ARIANE 4, dont la mise au point, prévue pour 1993, semble, toutefois, soulever certains problèmes ;

- la réalisation d'un satellite expérimental ETS 6 qui permettra de tester, cette même année, des technologies très évoluées (liaison optique intersatellite, antennes multifaisceaux, propulsion ionique).

Le MITI (Ministère japonais de l'industrie et du commerce extérieur) s'intéresse dorénavant de très près à la politique spatiale. Il s'est fixé deux priorités : les applications de la microgravité et l'observation de la Terre.

Concernant cette dernière, notre expert, M. LEBEAU souligne - comme l'a déjà rappelé votre rapporteur - les perspectives de percées technologiques japonaises ouvertes par les programmes JERS<sup>1</sup> et ADEOS<sup>2</sup>. Il affirme «qu'il est probable que la vraie concurrence à attendre pour la fin de la décennie et le début du XXI<sup>e</sup> siècle viendra du Japon».

Toutefois, les marges de manoeuvre budgétaires du Japon ne sont pas du tout aussi confortables que ce que la croissance de son économie et la prospérité de son industrie pourraient laisser penser.

L'Empire du Soleil levant se voit donc confronté, comme l'Europe, à un problème d'adéquation de ses dépenses à ses ambitions.

Il essaye de mener la politique de l'ASE avec le budget du CNES.

Il pourrait donc être tenté, dans ces conditions, de recourir davantage à la coopération internationale tout en cherchant à s'affranchir de la tutelle américaine.

Pour l'Europe, une coopération plus poussée avec le Japon apparaît à la fois dangereuse mais tentante.

Elle peut sembler dangereuse si elle s'accompagne de transferts de technologie en faveur du Japon dans des domaines où nous conservons une certaine avance et où la concurrence japonaise peut s'avérer menaçante (plates-formes de satellites, tubes à onde progressive, moteurs de fusées...).

Mais l'éventualité d'une collaboration avec le Japon, dans des domaines où les applications commerciales et les retombées

1. JERS (Japan Earth Resources Satellite) : satellite à la fois optique et radar disposant de nombreuses bandes spectrales d'observation dans l'infrarouge moyen.

2. ADEOS (Advanced Earth Observation Satellite) : encore plus performant par sa résolution au sol et sa richesse spectrale.

technologiques paraissent lointaines ou douteuses, mérite réflexion (infrastructures orbitales, navettes spatiales, microgravité).

Le projet d'avion spatial japonais HOPE, notamment, présente de nombreuses similarités avec HERMÈS (notamment sa position au lancement en tête de la fusée H 2).

Il s'agit, cependant, d'après les documents distribués à votre rapporteur lors de sa mission au Japon, d'un véhicule inhabité, environ deux fois plus léger qu'HERMÈS (10 tonnes), destiné à permettre l'acquisition d'un certain nombre de technologies clés pour la desserte des infrastructures orbitales (rendez-vous, accostage, désarrimage...).

La rentrée dans l'atmosphère se ferait en vol plané, comme pour HERMÈS, mais l'atterrissage serait entièrement automatique.

HOPE apparaît, ainsi, comme le précurseur d'un projet d'avion spatial motorisé plus ambitieux.

Il s'agirait d'un avion hypersonique monoétage susceptible de transporter du fret et un nombre réduit de passagers (inférieur à la dizaine), soit pour desservir des infrastructures orbitales, soit pour assurer des liaisons suborbitales entre deux points du globe.

Votre rapporteur ne voit personnellement aucune objection à une coopération entre l'Europe et le Japon en ce qui concerne les navettes spatiales et les avions hypersoniques (dont la rentabilité économique paraît douteuse et, en tout cas, très éloignée).

Il lui paraît également souhaitable de développer les relations entre l'Europe et le Japon dans le domaine des sciences de l'Univers (les efforts japonais dans cette discipline paraissent assez solitaires - d'après l'analyse des annexes du rapport de Mme PRADERIE - sans qu'il soit possible de déterminer si cet isolement est involontaire ou résulte, au contraire, d'un réel désir d'autonomie).

#### 5.2.4. Les relations avec la Chine

La Chine peut, globalement, être considérée, actuellement, comme la quatrième puissance spatiale mondiale (après les Etats-Unis, l'URSS et l'Europe, dans son ensemble, ou bien la France en particulier).

Ayant décidé dès la fin des années dix-neuf cent cinquante, de s'engager dans les activités spatiales, les Chinois ont testé, en 1964, leur premier lanceur et ont mis en orbite, en 1970, leur premier satellite artificiel. Une trentaine de charges utiles chinoises ont été à ce jour lancées autour de la Terre dont douze capsules récupérables, quatre satellites opérationnels de télécommunications et deux satellites météorologiques.

Les activités spatiales chinoises sont placées sous la responsabilité d'une troïka comprenant :

- la COSTIND, Commission des Sciences et Technologies et Industries pour la Défense Nationale ;
- la CAST (Chinese Academy of Space Technology) ;
- la CALT (China Academy of Launch Vehicle Technology).

La CAST et la CALT étant soumises à l'autorité du Ministre des Industries aérospatiales et la COSTIND, dépendant du secteur de la défense nationale, l'espace se trouve ainsi, en Chine, sous une double tutelle, civile et militaire.

Mais les interlocuteurs de votre rapporteur ont beaucoup insisté, tout au long de la mission qu'il a effectuée en Chine, sur la priorité donnée aux activités spatiales civiles.

La forte implication des militaires dans le développement initial de l'espace en Chine, qui n'est du reste pas une exclusivité de ce pays (la même chose pourrait être dite de la France), a des raisons historiques et techniques (la technologie des lanceurs est, en effet, là comme ailleurs, largement dérivée de celle des missiles balistiques).

Les Chinois se déclarent farouchement opposés à toute militarisation de l'espace, sans doute, pour vaincre les réticences des autres puissances spatiales qui craignent de faciliter, par des transferts de technologies, l'utilisation par la Chine, ou par d'autres pays du tiers monde, des activités spatiales, ou de leurs retombées, à des fins militaires (prolifération balistique, recueil de renseignement...).

Quelles peuvent être dans ces conditions, les perspectives de coopération dans le domaine de l'espace entre la France ou l'Europe, d'une part, et la Chine, d'autre part ?

On peut observer :

- en ce qui concerne les lanceurs, l'apparition d'une certaine concurrence qui n'exclut pas des complémentarités ;

- en matière de satellites, un besoin de coopération qui s'affirme non sans contradictions.

#### *5.2.4.1. Les lanceurs : concurrence mais complémentarité*

Ayant développé, avec succès, une famille complète de lanceurs "LONGUE MARCHE", les Chinois ont fait leur entrée sur le marché mondial des lancements commerciaux. Ils ont lancé, en avril 1990, le satellite ASIASAT 1, fabriqué par Hughes et appartenant à un consortium basé à Hong Kong. Les autres contrats portent sur le lancement de deux satellites AUSSAT, en 1992 et 1993. Panamsat a, par ailleurs, réservé trois lancements à partir de 1993.

Le potentiel chinois actuel de lancement se caractérise par un certain retard, en matière de technologie et de performances, compensé par une robustesse de bon aloi et des coûts très compétitifs.

La Chine maîtrise les techniques cryogéniques, qu'elle utilise pour la propulsion du troisième étage de sa fusée LONGUE MARCHE 3, mise au point en 1986.

Toutefois :

- la capacité de mise en orbite géostationnaire de transfert de cette fusée n'est que de 1,450 tonne au maximum (au lieu de 4,2 tonnes pour ARIANE 4) ;

- l'expert qui nous accompagnait en Chine, M. Thierry REYNAUD, de la Délégation Générale à l'Espace, estime que le volume réservé à la centrale inertielle dans la case à équipement des fusées chinoises<sup>1</sup> laisse présager un retard d'environ quinze ans sur les Occidentaux dans ce domaine ;

- Il a noté que le troisième étage cryotechnique de la fusée était équipé de cinq moteurs, ce qui témoigne d'une volonté de chercher une

1. Nous avons visité le hall d'intégration des fusées Longue Marche 3 de la CALT dans la banlieue de Pékin.

augmentation de poussée plutôt par la juxtaposition de propulseurs bien éprouvés que par la conception d'un système propulsif nouveau.

- Enfin, M. REYNAUD présume également une situation moins avancées des Chinois en ce qui concerne les mesures de l'environnement vibratoire des satellites lancés par leurs fusées, étant donné les dimensions anormalement grandes de la salle anéchoïde que nous avons vue à Xian<sup>1</sup>.

Il est probable, selon M. REYNAUD, que les satellites lancés par les fusées LONGUE MARCHE sont soumis à des vibrations plus fortes que ceux mis en orbite par ARIANE 4.

La Chine dispose d'un assez bon réseau de poursuite, de télémessure et de contrôle avec notamment :

- un centre de contrôle moderne, que nous avons visité, à Xian, qui permet de surveiller simultanément de six à dix satellites et dont la réalisation a fait l'objet d'une coopération exemplaire avec Matra ;

- deux stations côtières d'Inmarsat qui nous ont également été montrées.

Toutefois, il est nécessaire de recourir à des stations mobiles où à des installations embarquées sur des navires pour la poursuite de certains satellites, ce qui paraît un handicap.

Le CLTC (China Satellite Launch and Tracking Central General) qui supervise l'ensemble du système de contrôle est subordonné à la COSTIND.

L'infrastructure chinoise au sol comprend :

- trois bases de lancement de satellites (Taiyuan, Jiuquan et Xichang) ;

- un site pour le tir de fusées sondes ;

- cinq stations fixes et plusieurs stations mobiles de poursuite et de contrôle.

Comme le souligne Euroconsult dans son rapport annuel sur la situation de l'industrie spatiale dans le monde : «le principal avantage pour la commercialisation des lanceurs chinois tient aux conditions offertes aux niveaux des prix et de l'assurance».

1. Cette salle fait partie des installations d'essais du Xian Institute of Space Technology de la CAST.

La fiabilité des lanceurs chinois, liée à leur rusticité, semble, par ailleurs, assez bonne. Euroconsult souligne cependant, que la Chine n'a encore lancé, pour le moment, que six satellites géostationnaires, la première tentative s'étant soldée par un échec dû à des problèmes d'allumage du moteur cryogénique du troisième étage.

Pour l'avenir, nos interlocuteurs chinois ne nous ont pas paru disposés à faire preuve d'une grande agressivité commerciale sur le marché mondial des lancements commerciaux.

Les lanceurs en cours de développement<sup>1</sup> LONGUE MARCHÉ 3A et LONGUE MARCHÉ 2E, dont le troisième étage sera cryotechnique, auront une capacité de mise en orbite géostationnaire de transfert inférieure à celle d'ARIANE 5 (4,8 tonnes au lieu de 6,8 tonnes).

C'est la société de droit privé "Grande Muraille", dont nous avons rencontré les responsables, qui est chargée de la commercialisation des services de lancement chinois.

Les dirigeants de cette société ont fait valoir à votre rapporteur que l'infériorité des capacités de LONGUE MARCHÉ 2E, par rapport à celles d'ARIANE 5, résultait d'un choix délibéré, fondé sur une appréciation différente de l'évolution du poids de satellites géostationnaires dans les années à venir.

Il semble, ainsi, qu'il ne faille pas redouter à l'excès la concurrence chinoise dans le domaine des lanceurs. Les capacités de la Chine et de l'Europe peuvent paraître, en effet, plus complémentaires que rivales :

- pour les satellites géostationnaires de télécommunications, les Chinois pourraient se contenter d'être présents sur un marché de proximité (pays d'Asie, du Pacifique, et de l'Océan indien) comme cela a été le cas jusqu'à présent (ASIASAT, AUSSAT) ;

- disposant d'une panoplie complète de lanceurs, la Chine pourrait attaquer d'autres créneaux que ceux visés par ARIANE 5 qui s'intéresse surtout aux satellites de télécommunications géostationnaires très lourds (en lancement simple) ou moyens (en lancement double).

1. Longue Marche 3A (2,3 tonnes en GTO) doit être prêt en 1993 et Longue Marche 2E/110 (4,8 tonnes en GTO) en 1994.

On peut citer en exemple :

- les petits satellites, avec la fusée LONGUE MARCHE 1D, d'une capacité de 750 kg en orbite basse, qui sera disponible en 1992 ;

- les satellites défilants, la plupart héliosynchrones, en orbite polaire ou sur d'autres plans d'orbite, pour le lancement desquels la fusée LONGUE MARCHE 2C paraît optimisée et le site de lancement de Taiyuan semble bien approprié.

- Enfin, le créneau des capsules récupérables est sans doute très intéressant, d'un point de vue commercial, pour les Chinois.

Malgré sa population nombreuse, la Chine dispose, du fait de l'immensité de son territoire, de zones propices à la récupération de ce type de charges utiles.

Elle maîtrise bien l'ensemble des opérations que cela suppose.

Il existe certainement un marché dans ce domaine, que ce soit pour les expériences de microgravité ou pour tester des instruments (le lancement effectué, à cet effet, pour Matra en 1987 a été le premier service commercial spatial offert par la Chine à une société étrangère).

En résumé, les principales menaces que peut représenter pour l'Europe le potentiel spatial chinois en matière de lanceurs sont liées :

- au risque de prolifération balistique sur le plan militaire ;
- à la possibilité pour la Chine de pratiquer des prix très bas.

Néanmoins, l'abandon à la République chinoise de certains créneaux (marchés de proximité, petits satellites, orbites basses...) peut constituer la contrepartie d'une coopération plus poussée dans le domaine des satellites où l'Europe peut être perçue par les Chinois moins comme un concurrent et plus comme un partenaire.

#### *5.2.4.2. Les satellites : Un besoin de coopération qui s'affirme non sans contradictions*

Les besoins de coopération de la Chine en matière de satellites sont liés :

- à l'importance que représente pour elle les activités spatiales ;
- à son désir de disposer en conséquence, des moyens les plus performants dans ce domaine, alors que sa technologie, bien qu'étant relativement évoluée, ne se situe pas au meilleur niveau mondial.

L'espace peut rendre à la Chine des services particulièrement utiles en raison tant des caractéristiques géographiques que du niveau de développement de ce pays.

L'immensité de son territoire, la relative faiblesse de ses réseaux terrestres de télécommunications, et l'importance, pour son développement économique, de l'agriculture et de l'aménagement du territoire, rendent, en effet, spécialement avantageux l'emploi par la République chinoise de satellites de télécommunications ou d'observation de la Terre.

Les satellites météorologiques peuvent, en outre, jouer un rôle très précieux dans la prévention des catastrophes naturelles (inondations...) dont la Chine est, malheureusement, assez souvent affligée.

La maîtrise par les Chinois des techniques de stabilisation trois axes utilisées pour leurs capsules récupérables FSW, le fonctionnement satisfaisant de leurs satellites opérationnels de télécommunications DFII témoignent d'une certaine maturité technologique.

Cependant, notre expert accompagnateur, M. REYNAUD, a retiré de la visite de la CALT<sup>1</sup> (China Academy Launch Vehicle) ainsi que de celle du Xian Institute of Space Technology l'impression d'un certain retard, notamment dans le domaine des technologies hyperfréquences.

Cette impression de notre expert rejoint celle ressentie par des membres d'une équipe d'ingénieurs de Matra que votre rapporteur a rencontrés à Xian et qui évaluent à une dizaine d'années le décalage entre les technologies chinoises et occidentales en matière de composants et d'équipements électroniques.

1. Nous y avons vu un hall d'intégration des satellites.

Ce retard se traduit par une dépendance à l'égard de l'étranger d'autant plus mal vécue que les partenaires de la Chine, pour éviter des risques de concurrence commerciale ou d'applications militaires, ne consentent que des transferts de technologie limités.

Les Chinois entendent être traités d'égal à égal et coopérer avec les pays étrangers sur la base de la satisfaction de l'intérêt mutuel de chacune des parties, à travers le partage d'avantages réciproquement consentis.

La Chine se plaint d'être trop souvent considérée par les autres puissances spatiales comme un marché et non comme un partenaire.

Mais il existe néanmoins chez nos amis Chinois une contradiction certaine entre :

- leur prétention à être traité sur un pied d'égalité et leur situation de dépendance qui résulte des retards technologiques évoqués ci-dessus ;

- leur appel à la coopération et leur volonté d'autonomie en matière spatiale. Euroconsult note ainsi dans son rapport sur la situation de l'industrie spatiale mondiale en 1990-1991 qu' «il apparaît de moins en moins probable que la Chine se portera acquéreur de satellites étrangers de télécommunications compte tenu du succès de fonctionnement des satellites DFH-2». La Chine s'efforce, par ailleurs, de se suffire à elle-même en ce qui concerne les satellites de météorologie et les satellites d'observation de la terre à haute résolution.

De telles contradictions ne facilitent pas la coopération. L'évolution récente des relations spatiales entre la Chine et l'Occident a été, en outre, marquée par des événements qui ont éveillé chez les Chinois certains ressentiments :

- Par représaille contre des transferts de technologie militaire chinois, les Etats-Unis ont ainsi décrété un embargo en avril 1991, sur l'exportation de composants électroniques destinés au nouveau satellite de télécommunications et télédiffusion DFH 3. Hughes a, en outre, unilatéralement décidé de livrer à la Chine, pour ce satellite, des tubes à onde progressive (TOP) moins puissants que ceux initialement prévus (pour éviter, sans doute, de permettre aux Chinois d'accéder à des technologies sensibles sur le plan militaire ou à l'égard de possibles applications commerciales).

- La Chine nourrit, par ailleurs, deux griefs particuliers à l'encontre de la France.

Elle garde, tout d'abord, une certaine amertume à la suite de l'échec de négociations entamées avec le CNES pour l'acquisition de technologies optiques d'observation de la Terre à haute résolution. Les Chinois n'ont, semble-t-il, pas apprécié que notre agence spatiale n'envisage pas de les faire accéder à l'état le plus avancé de la technologie française dans ce domaine (pour des raisons vraisemblablement tant militaires que commerciales).

Une coopération avec le Brésil<sup>1</sup> a été, dans ces conditions, substituée à celle initialement projetée avec la France.

Le deuxième sujet de mécontentement chinois est lié aux conditions dans lesquelles Arianespace a arraché à la société précitée "Grande Muraille" le contrat de lancement du satellite ARABSAT.

La Chine reproche à la France d'avoir allongé intentionnellement les délais nécessaires à l'obtention de l'autorisation de sortie du territoire français du satellite fabriqué par l'Aérospatiale, puis d'avoir exigé des frais d'un montant exorbitant pour l'installation du satellite par des ingénieurs français sur la fusée chinoise.

\*

\*        \*

En résumé, le besoin de coopération de la Chine, lié à une dépendance incontestable concernant certaines technologies clés, est réel, mais il faut savoir y répondre avec tact. Les Chinois ne sont pas des partenaires faciles car ils veulent être traités d'égal à égal et souhaitent l'autonomie spatiale.

Une coopération entre la France et la Chine en matière spatiale est néanmoins possible et souhaitable, à condition :

- de ménager les susceptibilités chinoises ;
- de faire aux Chinois des concessions dans le domaine des lanceurs (petits satellites, orbites basses, marchés de proximité...) ;
- de se montrer prudents en ce qui concerne les transferts de technologie. Les précautions à prendre consistent tout d'abord à maintenir une marge d'avance suffisante pour éviter les risques de concurrence liées à d'éventuelles applications commerciales. Concernant les applications militaires de l'espace, la coopération peut être considérée comme le meilleur moyen de contrôler les

1. Un accord a été signé avec le Brésil, en juillet 1988, pour la construction de deux satellites CBERS (China Brazil Earth Resources Satellites) équipés d'une caméra de 20 mètres de résolution dans le visible et d'un scanner multispectral infrarouge de 80 mètres de résolution. Le premier de ces satellites devrait être lancé en 1993.

proliférations par la mise en place de verrous technologiques adéquats.

L'exemple de la coopération avec la Chine est intéressant car les conclusions qui peuvent en être tirées risquent de pouvoir s'appliquer également aux relations avec les autres futures puissances spatiales du tiers monde (Inde, Brésil...).

La collaboration spatiale avec ces pays peut constituer une forme d'aide au développement tout en présentant un certain intérêt commercial.

On notera que les relations avec le tiers monde correspondent à l'un des axes de la politique spatiale italienne et que l'Allemagne est très présente, sur le plan spatial, en Chine (MBB fournit une aide à la Chine pour le contrôle d'attitude et la réalisation des antennes et du générateur solaire des satellites de télécommunication précités DFH 3).

\*

\* \* \*

Au total, la coopération avec des puissances spatiales étrangères ne saurait dispenser l'Europe de rassembler ses propres forces et de faire preuve d'une plus grande cohésion dans la mobilisation de ses moyens.

- En effet, il reste aux Etats-Unis un long chemin à parcourir pour passer d'un comportement hégémonique en matière spatiale à une attitude qui soit celle d'un partenaire. Mais l'Europe a, de son côté, encore beaucoup d'efforts à accomplir pour "faire le poids" face aux Etats-Unis dans ce domaine. En attendant, certains pays européens comme l'Allemagne et l'Italie, paraissent s'enorgueillir d'être associés, isolément, à des projets de la NASA, dans le cadre d'une coopération bilatérale. Le blason européen ne serait-il pas davantage redoré par une participation accrue de l'ASE à un plus grand nombre de missions menées conjointement avec la prestigieuse agence américaine ?

- Quand aux relations de l'Europe avec les Républiques soviétiques, elles sont affectées d'une double incertitude politique et financière. Certes, il existe dans le patrimoine spatial soviétique des éléments susceptibles d'intéresser les Européens et la contribution des Républiques à des conquêtes lointaines pourrait être essentielle. Mais, l'Europe et l'ex-URSS constituent dans l'immédiat des mondes différents qui mettront du temps à se connaître et à se rapprocher.

- S'agissant des vols habités, l'Europe cherche essentiellement à acquérir par elle-même le savoir-faire nécessaire. Elle n'est donc intéressée, a priori, ni par l'achat de technologies étrangères ni par l'utilisation de moyens d'accès ou d'éléments d'infrastructures orbitales développés par d'autres pays. Cette situation limite les perspectives de coopération et de partage des dépenses entre les Européens et les puissances spatiales les plus expérimentées en la matière. Elle rapproche, en revanche, l'Europe du Japon, avec lequel une collaboration dans ce domaine pourrait donc s'avérer intéressante.

- Concernant les coopérations multilatérales au sein de l'Europe, l'analyse des annexes du rapport de Mme PRADERIE révèle l'existence d'un certain nombre de projets conçus en dehors de l'ASE. Ces missions peuvent présenter l'avantage de créer une sorte de convivialité entre les agences nationales des pays européens. Mais votre rapporteur estime, qu'il est temps maintenant de privilégier l'efficacité. L'Europe, en effet, lui paraît mûre désormais pour une intégration plus poussée de ses activités spatiales. Il souhaite donc :

- une bonne coordination entre les initiatives de l'ASE et celles des agences nationales ;

- l'élimination des doubles emplois (notamment dans le domaine de l'étude du rayonnement X<sup>1</sup>) ;

- une hiérarchisation et une spécialisation des missions (les agences nationales étant libres de mener des petites missions originales et l'ASE se réservant celles qui requièrent la mobilisation de moyens importants).

- Enfin, l'évolution de la situation de l'ex-URSS justifie bien sûr une attention particulière du CNES, ainsi qu'un réexamen stratégique des priorités de la politique française de coopération spatiale bilatérale et multilatérale. Cette politique privilégiait jusqu'ici le cadre multilatéral de l'ASE et les relations bilatérales avec la NASA (projet TOPEX-POSEIDON, notamment) et l'Union soviétique.

Une diversification doit elle être envisagée ?

Votre rapporteur a déjà soulevé dans son rapport l'hypothèse d'un renforcement de la coopération entre la France et les Etats-Unis, dans le domaine militaire, et avec le Japon, dans le domaine des sciences de l'Univers.

1. Rayons X : coexistence des missions ROSAT (NASA-Allemagne), XMM (ASE), SAX (Italie, Allemagne, Pays-Bas), Spectrum X (URSS NASA Europe).

## CONCLUSION

La politique de l'espace comporte deux principales difficultés :

1. Trouver un équilibre raisonnable entre les différentes composantes de l'activité spatiale ;
2. Résister à la tentation de considérer les prouesses technologiques comme une fin en soi.

1. Il y a trois raisons pour un État ou un ensemble d'États, comme l'Europe, de s'intéresser à l'espace :

- des raisons politiques et stratégiques (qui peuvent inclure des considérations de prestige) ;
- des raisons commerciales ;
- des raisons de service public (y compris les services que l'espace peut rendre à la science).

Par ailleurs, la conquête de l'espace, surtout dans sa composante des vols habités, correspond à un besoin humain profond de dépassement et d'aventure.

Mais ce côté mythique des activités spatiales ne saurait dispenser d'évaluer de façon objective l'ensemble de la politique spatiale, en accordant l'importance qui leur revient à ses autres justifications et à ses autres constituants.

Un équilibre, dont dépend le choix des priorités spatiales, doit donc être trouvé entre les missions qui correspondent à chacune des catégories de motivations évoquées ci-dessus.

Il faut, en outre, proscrire toute confusion des genres et éviter, en particulier, d'utiliser des arguments correspondant à un certain type d'objectifs et de missions pour justifier des activités qui sont d'une nature différente.

Il paraît exclu, par exemple, ou à tout le moins prématuré, de considérer la météorologie spatiale comme une activité commerciale.

L'homme dans l'espace, d'autre part, est avant tout un choix politique qui ne s'impose ni d'un point de vue scientifique, ni d'un point de vue technique.

L'Office insiste donc pour que le financement des vols habités ne s'effectue pas au détriment des autres activités spatiales et ne remette pas en cause, notamment :

- la priorité dont l'observation de la terre doit faire l'objet ;
- la préparation des futures générations de satellites de télécommunications et le rattrapage de notre retard dans le domaine des équipements terriens ;
- la constance de moyens nécessaire au développement des programmes de sciences de l'univers.

Certes, le prix annuel de l'homme dans l'espace n'apparaît pas inabordable, en valeur absolue comme en valeur relative, pour un pays comme la France, compte tenu de l'étalement des dépenses décidé à Darmstadt. Mais le coût budgétaire marginal de cette option n'en est pas moins important, eu égard à notre taux de prélèvements obligatoires et à la place qu'occupe déjà l'espace dans notre pays au sein du BCRD (Budget civil de Recherche et Développement).

S'il est vrai, cependant, qu'il ne semble pas devoir en résulter de risques sérieux de laminage des principaux autres programmes spatiaux, il n'est pas exclu, en revanche, que les petites missions ou les programmes de recherche et technologie, dont tout le monde reconnaît le caractère indispensable, puissent en pâtir.

Pour ces raisons, l'Office demande l'élaboration d'une loi de programmation spatiale tendant, par la prévision d'une répartition équitable des crédits, à garantir la poursuite des activités qui ne sont pas liées aux vols habités.

Le choix de l'homme dans l'espace lui paraît, au demeurant, nécessiter de toute évidence une ratification du Parlement.

2. Si le maintien d'un équilibre raisonnable entre les différents objectifs de la politique spatiale en constitue ainsi l'une des principales difficultés, il n'est pas aisé non plus de résister à la tentation, à laquelle succombent parfois les agences, qui consiste à considérer la technologie spatiale comme une fin en soi.

Or, il importe de concevoir les missions spatiales à partir des besoins des utilisateurs et des objectifs scientifiques et politiques choisis et non dans le seul but d'accomplir des prouesses technologiques éblouissantes.

Les composantes opérationnelles des programmes spatiaux, pour lesquelles une prudence élémentaire s'impose, doivent, notamment, être bien distinguées de leurs composantes expérimentales. Mais ces dernières ne sauraient, pour autant, être conçues d'une façon qui ne tienne aucun compte de leurs possibles applications ultérieures (notamment commerciales).

Il convient, en effet, d'exclure toute recherche de l' "art pour l'art" en matière de technologie spatiale.

Les programmes doivent être conçus en fonction des missions et présenter une certaine spécificité.

L'application de ce principe conduit ainsi à écarter, notamment dans le domaine de l'observation de la terre, le concept de grosses plates-formes multimissions qui aboutissent à de mauvais compromis techniques et politiques, effectués au détriment des finalités scientifiques souhaitables.

\*

\* \* \*

Étant donné, par ailleurs, le caractère multidisciplinaire des activités spatiales et la variété de leurs applications, votre rapporteur ne saurait trop recommander :

- le développement, d'une part, de toutes les synergies possibles au sein de ce secteur (entre espace civil et militaire, par exemple) et avec d'autres activités (robotique, informatique, micro-électronique...);

- la création, d'autre part, d'instances de concertation entre agences, industriels, opérateurs et utilisateurs.

Le développement des activités spatiales met en oeuvre des technologies sophistiquées. Pourtant, les déboires rencontrés dans ce domaine ne proviennent pas seulement de procédures de contrôle de qualité insuffisamment rigoureuses, mais souvent aussi d'un manque de bon sens élémentaire.

On peut citer, à cet égard, certaines décisions américaines témoignant soit d'une erreur stratégique (choix de la solution "tout navette" en matière de lancement, par exemple) soit d'un excès d'ambition technologique (programme de satellites météorologiques opérationnels GOES NEXT).

Il peut ne pas être inutile, de ce point de vue, que le Parlement s'intéresse à la politique spatiale, en tâchant, toutefois, d'éviter les incohérences dont fait parfois preuve le Congrès des Etats-Unis dans ce domaine<sup>1</sup> !

Concernant la coopération internationale, elle ne saurait constituer une échappatoire et dispenser l'Europe de l'effort de cohésion qui lui est indispensable pour mobiliser plus efficacement ses moyens au service d'objectifs plus ambitieux.

1. Alors qu'il est essentiel pour les Américains de s'affranchir de leur dépendance à l'égard du "Shuttle" en matière de lanceurs lourds, le Congrès des Etats-Unis n'a accordé à la NASA, en 1992, que 33 millions de dollars sur les 175 millions demandés pour le développement du NLS (National Launch System).

## MÉTHODE DE TRAVAIL SUIVIE PAR LE RAPPORTEUR

Ce rapport est l'aboutissement d'une année d'investigations (octobre 1990 à octobre 1991).

Le rapporteur s'est d'abord entouré des conseils d'un groupe de travail tripartite composé de représentants :

- de l'administration ;
- des agences (CNES et ESA) et organismes de recherche compétents ;
- et, enfin, des industries spatiales.

Ce groupe de travail informel a émis des recommandations auprès du rapporteur en ce qui concerne ;

- les thèmes à aborder dans son étude ;
- son programme d'auditions, de visites et de missions en France, en Europe et à l'étranger ;
- et, enfin, le choix des experts chargés d'éclairer l'Office.

Il s'est dégagé, parmi les membres de ce groupe, un consensus concernant l'internationalisation croissante des activités spatiales, l'importance du segment sol, l'insuffisance des efforts français et européens de recherche et technologie et la priorité à accorder à l'observation de la terre.

La présence de l'homme dans l'espace est apparue, en revanche, comme un sujet controversé faisant appel à des justifications qui ne sont pas toutes d'ordre rationnel.

Une autre révélation des travaux de ce groupe a été la diversité des approches philosophiques à partir desquelles les activités spatiales sont envisagées.

En schématisant, il est apparu qu'il y avait parmi les participants des volontaristes, qui veulent assigner des objectifs à la politique spatiale et s'y tenir, des existentialistes qui pensent que c'est en les réalisant que l'on découvre les véritables finalités des programmes spatiaux et enfin des pragmatiques, parmi lesquels figurent essentiellement les industriels, qui estiment que leur rôle est

avant tout de fournir, sans états d'âme, aux utilisateurs de l'espace, la panoplie diversifiée de moyens dont ils ont besoin.

Huit domaines d'expertises ont ensuite été définis et les experts correspondants choisis, il s'agit :

1. de l'accès à l'espace (M. POGGI) ;
2. des sciences de l'univers (Mme PRADERIE) ;
3. de l'observation de la terre (M. LEBEAU) ;
4. des télécommunications (MM. SCHIRMANN et BLACHIER) ;
5. de l'homme dans l'espace et de la microgravité (M. DORDAIN) ;
6. de l'espace militaire (M. LATRON) ;
7. de la recherche et technologie (M. PELLAT) ;
8. enfin, des enjeux économiques de l'espace et de la stratégie des industries spatiales (M. GIGET).

Les deux dernières expertises (recherche et technologie, enjeux économiques) étaient destinées à donner au rapporteur une vue globale des problèmes spatiaux dépassant le cloisonnement habituel des activités de ce secteur (lanceurs et satellites, satellites civils et militaires, satellites scientifiques et d'application, applications commerciales et de service public). Certains des précédents domaines étaient cependant si vastes et parfois aussi, si hybrides (cas de l'observation de la terre) que les experts désignés ont recouru à la collaboration de plusieurs collègues. En ce qui concerne les télécommunications, il paraissait indispensable que l'industrie puisse exprimer son point de vue. C'est la raison pour laquelle il a été fait appel à M. BLACHIER, ingénieur en chef chez Alcatel, à côté de M. SCHIRMANN, ingénieur conseil à Satel Conseil (GIE dont font partie France Télécom et le CNES).

Parallèlement au travail des experts et afin de pouvoir confronter ses vues avec les leurs, le rapporteur a mené à bien son propre programme de travail comportant :

plus de cent entretiens dont environ la moitié avec de hauts responsables de la politique spatiale en France et le restant avec des responsables étrangers ;

- des visites et missions en France (notamment à Toulouse et aux Mureaux) et en Europe (à l'ESTEC, centre de recherche et de technologie de l'ESA, et en Allemagne fédérale) ;

- des missions aux Etats-Unis, au Japon et en Chine.

Des circonstances imprévisibles ont empêché le rapporteur de se rendre en Italie et en URSS mais ceci a pu être compensé par l'obtention de documents et des entretiens avec le personnel des Ambassades concernées ainsi qu'avec des spécialistes du CNES. En outre, en ce qui concerne plus particulièrement l'Union soviétique, le rapporteur grâce à l'obligeance de M. VALADE, a pu bénéficier du compte rendu de la mission sur l'espace effectuée par ce dernier au printemps dernier.

Les experts ont été réunis à trois reprises en séance plénière, en début, milieu, puis fin d'étude, afin d'échanger leurs points de vue entre eux, d'une part, et avec le rapporteur, d'autre part.

Comme il est d'usage à l'Office, c'est seulement à la fin de ce programme de travail que le rapporteur a rencontré les deux Ministres chargés de la tutelle du CNES : MM. QUILÈS et CURIEN.

Cette pratique tend à rendre plus fructueux le dialogue avec les responsables de l'exécutif en permettant aux rapporteurs d'avoir pu rassembler au préalable suffisamment d'éléments de réflexion.

## REMERCIEMENTS

Le rapporteur tient à exprimer ses remerciements :

### En France :

- aux experts qui ont accepté de travailler pour l'Office, certains bénévolement ; (leurs travaux se trouvant publiés dans le Tome II du présent rapport) MM. Yves MALMEJAC du CEA et Denis MOURA, du CNES, ont été, en outre, invités à donner leur point de vue, en complément de l'expertise de M. DORDAIN, pour ce qui concerne la microgravité et la robotique spatiale.

- aux dirigeants et aux membres du CNES avec lesquels il a toujours eu des discussions franches et cordiales. Ceux-ci se sont constamment montrés courtois, disponibles, sincères et dévoués ;

- aux industriels qui l'ont très bien reçu et lui ont ouvert les portes de leurs installations ;

- à la Délégation générale à l'Espace qui a mis à sa disposition M. Thierry REYNAUD, ingénieur de l'armement, pour l'assister techniquement et l'accompagner en mission à l'étranger, et à ce dernier qui s'est acquitté de cette tâche avec amabilité et compétence ;

### En Europe :

- à M. Marius LEFÈVRE, Directeur de l'ESTEC (centre de recherches et de technologie de l'ESA) pour la qualité de son accueil à Noordwijk ;

- au Docteur HOLLSTEIN, Sous-Directeur de Dornier pour son aimable hospitalité à Friedrichshafen ;

- à MM. Pascal REVEL et Franck LEPROUX pour l'organisation de sa mission en Allemagne ;

- à toutes les personnes qui ont accepté de s'entretenir avec lui (administration DARA - Bundestag) ;

- à M. Roy GIBSON, Président d'un groupe d'experts de la Commission des Communautés européennes, qui s'est déplacé spécialement pour le rencontrer.

## À l'étranger, hors d'Europe

### Etats-Unis

- à l'USIA (United State Information Agency) et au VSP (visitor Program service of Meridian House International) pour les rendez-vous et les visites concernant l'espace organisés dans le cadre de sa mission d'étude générale effectuée aux Etats-Unis durant l'été 1990 ;

- à M. l'Ambassadeur Jacques ANDRÉANI, pour son hospitalité, et à M. Alain CHAPPE, attaché spatial, pour l'organisation de sa mission aux Etats-Unis en mai 1991 ;

- à toutes les personnes rencontrées (NASA, Pentagone, NOAA, National Space Council) ;

- au groupe Hughes Space and Communications pour le déjeuner de travail le mardi 28 mai ;

### JAPON

- à M. l'Ambassadeur Loïc HENNEKINE, pour son hospitalité, et à M. Serge PLATTARD, conseiller pour la science et la technologie pour l'organisation de sa mission de l'été 1991 ;

- au Président de la NASDA, M. MASATO YAMANO pour l'avoir reçu, avec l'état major de son agence, le mardi 2 juillet 1991.

### CHINE

- à M. l'Ambassadeur Claude MARTIN et à M. CHESNEL, premier conseiller, pour leur hospitalité ;

- à M. BIDAUD, conseiller scientifique, Mme Charling TAO, attachée scientifique de l'Ambassade de France et M. WANG Zhang Tsao de la COSTIND pour l'organisation de sa mission de juillet 1991 ;

- à la COSTIND (Commission des Sciences, Techniques et Industries pour la Défense Nationale), la CAST (Académie Chinoise de la Technologie Spatiale), le WAN YUAN Industry Group, la Société de la Grande Muraille et le Centre de contrôle de satellites de XIAN pour leur cordiale hospitalité.