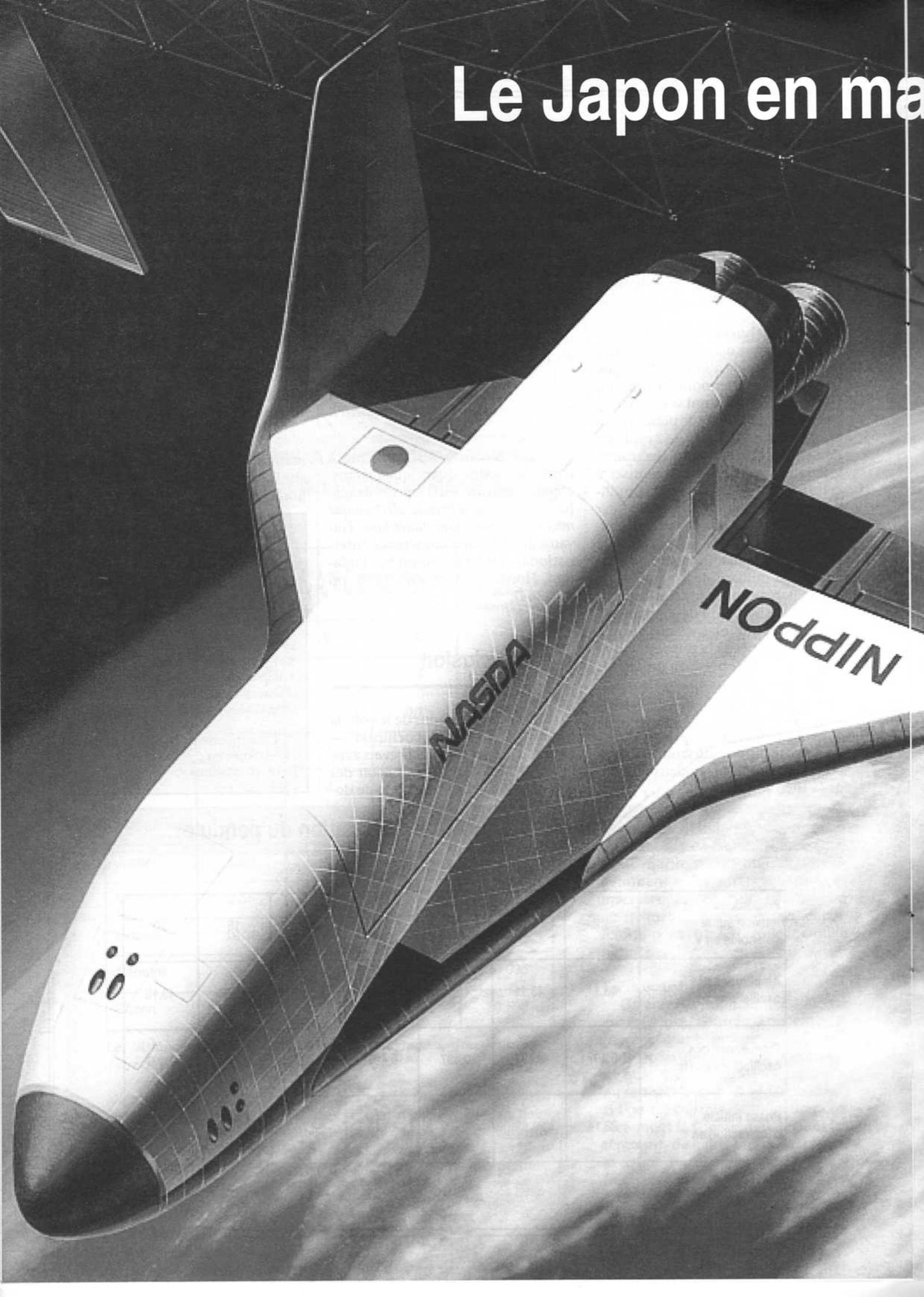
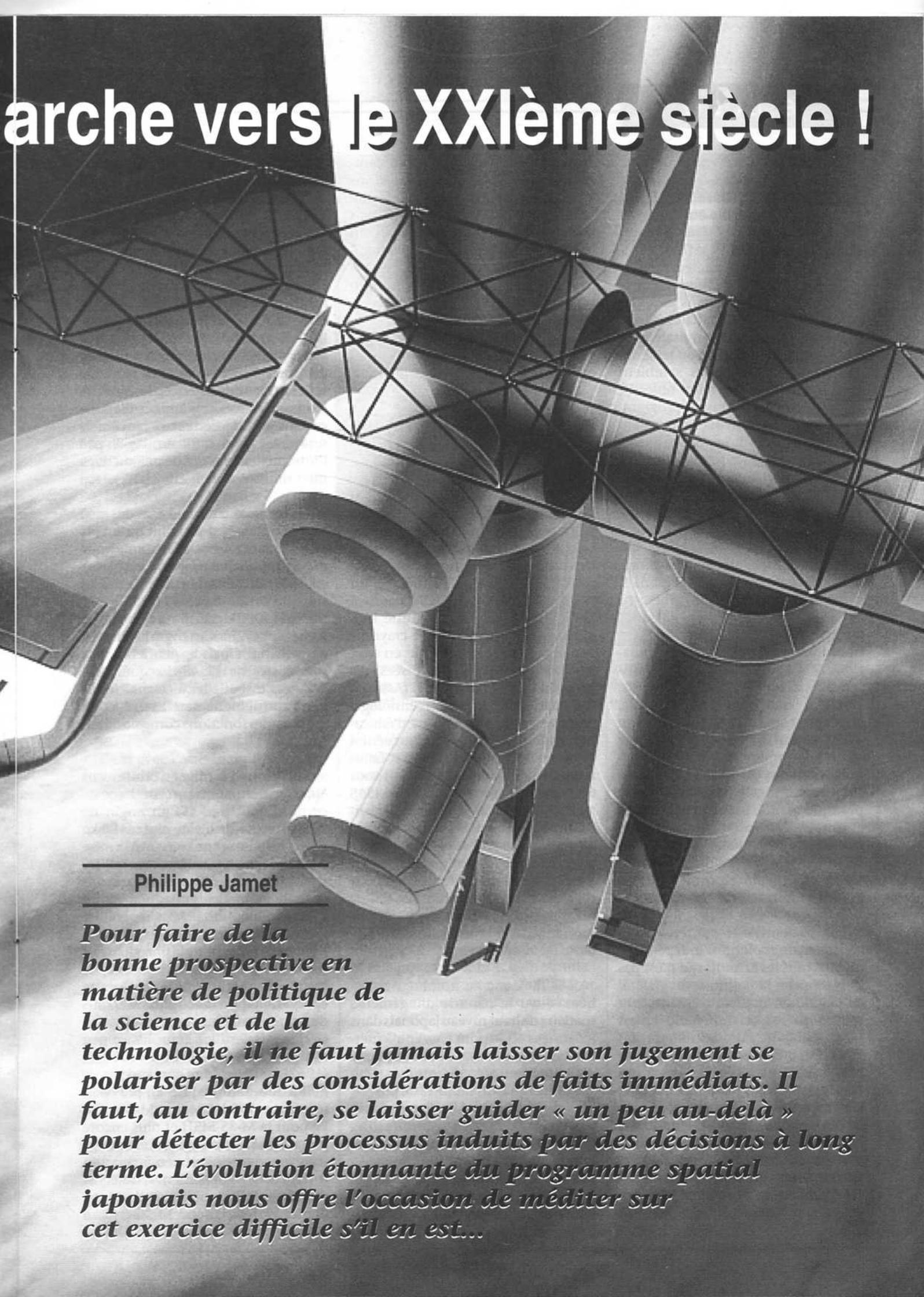


Le Japon en ma



Arche vers le XXIème siècle !



Philippe Jamet

Pour faire de la bonne prospective en matière de politique de la science et de la technologie, il ne faut jamais laisser son jugement se polariser par des considérations de faits immédiats. Il faut, au contraire, se laisser guider « un peu au-delà » pour détecter les processus induits par des décisions à long terme. L'évolution étonnante du programme spatial japonais nous offre l'occasion de méditer sur cet exercice difficile s'il en est...

« **M**ieux vaut regarder vers les cimes que vers les abîmes », telle semble être la devise des responsables des deux agences spatiales japonaises, NASDA et ISAS, et également celle des acteurs industriels de ce pays, de plus en plus nombreux à s'engager dans les divers secteurs d'activités spatiales. Situation paradoxale, mais moralement fort décourageante, à l'heure où les grandes puissances spatiales semblent mettre un frein sur leurs objectifs passés et où les « grands programmes » sont soit renvoyés aux calendes grecques (cas de la « Space Exploration Initiative »), soit voient leur devenir s'inscrire en pointillé, plutôt que dans un objectif ferme et bien structuré (cas du projet de station spatiale internationale R-Alpha).

Ce qui frappe, au premier abord, dans le programme spatial japonais, c'est avant tout le fait que l'émergence du Japon en tant que puissance spatiale majeure est le fruit d'un extraordinaire renversement de situation. Alors que la plupart des puissances spatiales établies (Etats-Unis, ex-URSS, France en tant que telle, sans tenir compte de sa participation à l'ESA), ont bâti leur programme spatial en grande partie sur des acquis antérieurs (programmes de missiles militaires), le Japon a démarré pratiquement à partir de rien, sans aucune expérience technologique des disciplines impliquées, formant au fur et à mesure de ses diverses avancées les ingénieurs et techniciens dont il avait besoin.

Fait également très intéressant à constater, une volonté d'indépendance dans tous les azimuts qui n'est pas sans rappeler la politique du général de Gaulle en matière militaire, nucléaire et aérospatiale. Quand il n'est pas possible de faire autrement, on fait appel à des technologies importées (à coût élevé et souvent à des conditions restrictives) mais, parallèlement, on investit massivement dans le développement de technologies permettant de déboucher sur une indépendance totale. Plus étonnant encore, alors que les autres puissances spatiales ont développé leurs objectifs sans introduire de disconti-

nuité technologique (les programmes successifs s'imbriquant les uns dans les autres sans rupture majeure sur le plan technique), les Japonais n'hésitent pas à sauter les étapes, en évitant de se positionner systématiquement sur les stratégies développées ailleurs. Le pari qu'ils sont en train de réussir avec leur moteur cryotechnique à flux intégré LE-7 et la suite qu'ils entendent donner à leur programme de lanceur H-II sont des exemples éclatants de cette attitude.

Un programme spatial qui revient de loin

C'est en 1957 que « débute », si l'on peut dire, le programme spatial japonais, dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale, avec le lancement d'une minuscule fusée-sonde ressemblant davantage à un jouet qu'à une fusée (elle pesait à peine 190 grammes pour une longueur de 22,8 cm). La « fusée-crayon » Pencil japonaise ressemblait en effet beaucoup plus aux petites fusées, utilisées en France par l'ANSTJ (Association nationale Science Technologie Jeunesse) pour ses séances d'éducation auprès des lycéens qu'à un véritable lanceur. Après la Pencil, il fallut attendre pratiquement 15 ans (!) pour que l'agence spatiale japonaise ISAS (agence chargée des programmes scientifiques), réussisse à mettre sur une orbite basse, le 11 février 1970, un tout petit satellite scientifique de 24 kg, dénommé Oshumi. Ils utilisèrent pour cela un lanceur à combustible solide, le Lambda-4S-5, pas vraiment très performant, dont la capacité en orbite basse était seulement de 27 kg.

Il fallut donc de nombreuses années — vu la pénurie d'ingénieurs spatiaux de haut niveau japonais dans les années 60 — pour parvenir à mettre au point des lanceurs à capacité plus intéressante, dénommés Mu, structurés en trois familles de plus en plus performantes. Elles furent développées sur le site du Noshiro Testing Center (NTC), créé en 1962, et subirent préalablement de nombreux essais au sol à la base de Kagoshima (Kagoshima Space Center), créée également en 1962 par le pionnier japo-

nais Itokawa, ingénieur et promoteur de travaux de recherche en médecine spatiale, travaillant aux Etats-Unis après la Seconde Guerre mondiale. Itokawa formera les premières équipes japonaises de recherche spatiale au sein de l'Université de Tokyo. Ultérieurement, et grâce à l'appui du ministre de l'Education, de la Science et de la Culture, les petites équipes inspirées par Itokawa allaient former le noyau de l'ISAS (1962) la première des deux agences spatiales japonaises. La seconde agence, la NASDA (consacrée aux programmes d'applications et à de nouveaux lanceurs), sera créée plus tard, en 1969, par l'intermédiaire d'un décret du Premier ministre.

Grâce aux technologies de moteurs à poudres, il ne fallut qu'un an après le lancement d'Oshumi, pour que les Japonais parviennent à placer en orbite un véritable satellite (63 kg sur une orbite basse 1110/990 km, inclinée à 30 degrés) avec Tansai-1, le 16 février 1971. Cet engin avait pour objectif principal de permettre aux spécialistes de l'ISAS d'acquiescer les données essentielles à connaître sur l'environnement satellitaire et la maîtrise des fonctions correspondantes.

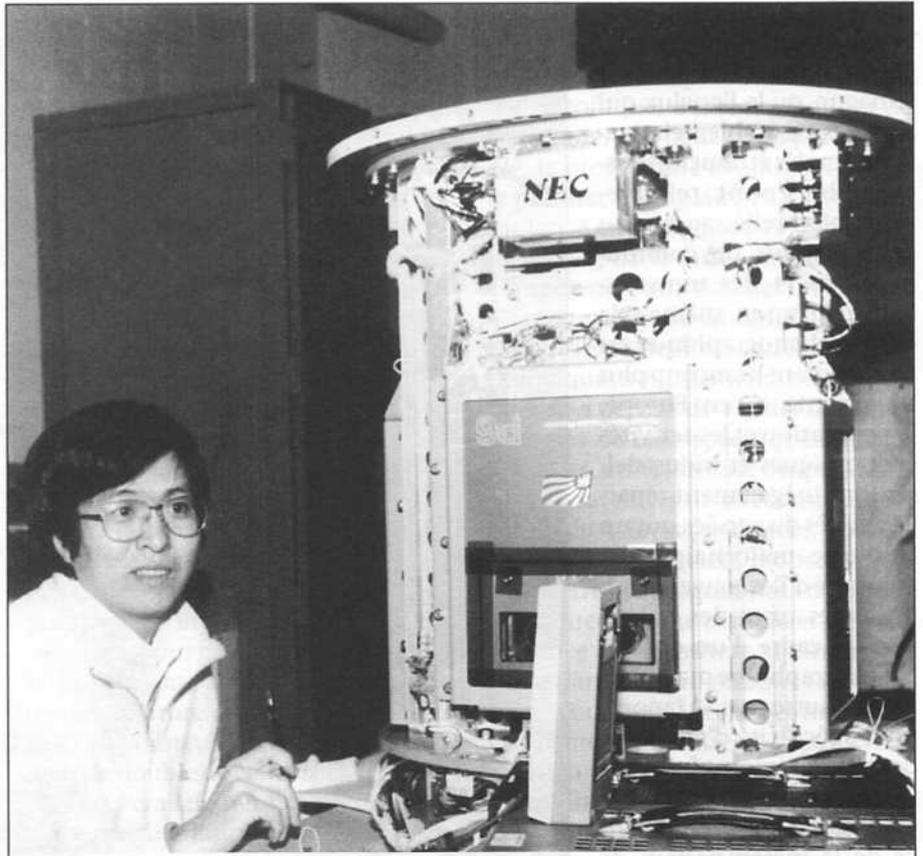
Cette fois-ci la mise en orbite avait été effectuée par un lanceur digne de ce nom, le Mu-M-4S, un engin de 43,6 tonnes capable de placer 180 kg en orbite basse et qui servira à la mise à poste, la même année, des satellites scientifiques Shinsei (étude des rayons cosmiques et des émissions radiosolaires) puis, en 1972, du satellite Denpa (75 kg), consacré à l'observation des ondes de plasma du vent solaire et à leur interaction avec le champ magnétique terrestre. A cette époque le Japon (avec plus de 10 ans de retard) ne fait ni plus ni moins que ce que faisaient les Français un peu avant et après la création du CNES (1962) mais, la filière des lanceurs de l'ISAS devenant de plus en plus performante (195 kg pour la M-3C, 300 kg pour la M-3S-M3H et plus encore pour la M-3S2), la capacité en charge utile croissante allait peu à peu permettre le développement d'objectifs de plus en plus ambitieux. Ainsi, en février 1975, le lanceur M-3C-2 plaça

sur une orbite 3140/260 km le satellite Taiyo (86 kg), spécialisé dans l'étude des rayons X solaires, puis, en 1979, le satellite Hakucho encore plus lourd (96 kg), du même type et plus performant, tandis que le lanceur M-3S (M3-H) plaçait, en 1977, sur orbite 3970/630 km, le satellite scientifique Kyokko.

Ces performances pouvaient paraître fort modestes en comparaison des lanceurs américains, soviétiques et même européens contemporains puisqu'à cette époque, l'Ariane-1 de première génération était déjà capable de placer 4,9 tonnes en orbite équatoriale et 2,4 tonnes en orbite basse. Mais, dès le début des années 80, les lanceurs de l'agence scientifique japonaise commencent à franchir avec succès la course d'obstacle leur permettant de mettre en orbite, pour leur pays, des satellites de plus en plus performants et de plus en plus lourds : Tansei-4 (« satellite test » de 185 kg) en février 1980, avec un lanceur M-3S ; Hinotori (satellite solaire de 188 kg) en 1981, avec un lanceur 3MS qui placera également en orbite en 1982 et 1984 les satellites scientifiques Tenma (216 kg) et Ohzora (207 kg).

C'est avec l'arrivée du lanceur tri-étage M-3S2 (auquel il est possible d'ajouter un quatrième étage), que les fusées de l'ISAS vont peu à peu sortir de leur rôle de « seconds couteaux ». Dès 1985, un lanceur de ce type place sur une orbite « cométaire » deux sondes (Sakigake et Suisei) qui iront observer la comète de Halley. Leurs informations obtenues (en complément des sondes soviétiques Vega) contribueront considérablement au succès triomphal de la sonde européenne Giotto. Ce même lanceur placera en orbite quelques satellites scientifiques d'un poids non négligeable : le satellite X Ginga (420 kg), en 1987 ; Akebono (295 kg), en 1989 ; la sonde lunaire Hiten-Muses-A, en 1990 ; le satellite d'études solaires Yokkoh, en 1991...

Toutefois, pour un spécialiste quelque peu averti des techniques spatiales, l'examen du programme de lanceurs de l'ISAS laisse immédiatement entrevoir un certain nombre de limi-



Le Japon a toujours eu comme objectif de former des équipes scientifiques de haut niveau, afin de ne plus dépendre des technologies extérieures. Aujourd'hui, on peut constater que les Japonais ont gagné leur indépendance en politique spatiale.

tes. Même si ces lanceurs permettent de mettre à poste de petites sondes cométaires et des satellites scientifiques dont l'apogée orbital peut se situer parfois à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de la Terre (cas de Jihiken), leur périégée (point de leur orbite le plus proche de la Terre) correspond toujours à une orbite basse terrestre ou à une orbite héliocentrique. D'ailleurs, la plupart de ces satellites scientifiques orbitent toujours à grande proximité de la Terre, et cela pour une raison bien simple : la capacité des lanceurs de l'ISAS ne permettent guère de faire mieux.

Cette situation, jusqu'à un certain niveau, pouvait rester acceptable pour des satellites scientifiques astrophysiques, pouvant travailler efficacement et avoir accès à toutes les variantes du spectre électromagnétique, dès qu'ils se trouvent hors de l'atmosphère, ou même pour de petites installations en microgravité. Il n'en était cependant pas de même pour d'autres éléments nécessaires du dé-

veloppement spatial et le lancement d'autres satellites absolument indispensables (télécommunications et satellites de télévision directe, satellites-météo, observation de la Terre, protection et étude de l'environnement, télédétection des ressources terrestres). La faiblesse des capacités des lanceurs de l'ISAS en rendait l'accès totalement impossible au Japon, ou bien le plaçait dans une situation de totale dépendance vis-à-vis des Etats-Unis

Dans tous ces domaines sur lesquels se sont positionnés depuis longtemps les grands acteurs traditionnels de l'aventure spatiale, les Japonais avaient perçu la nécessité d'être présents. Cependant, le Japon avait une justification supplémentaire, allant bien au-delà de simples visées commerciales : la création de systèmes spatiaux totalement indépendants. Pourquoi ? Tout simplement du fait des dimensions géo-économiques et géostratégiques du Japon : le Pays du Soleil Levant n'a rien à voir,

du point de vue de sa structure géographique, avec des pays comme la France, l'Allemagne, ou le Benelux qui sont des ensembles relativement soudés et dont les sous-ensembles sont relativement bien reliés au niveau des transports, des communications et des transmissions. Au Japon, même si la densité démographique est relativement beaucoup plus importante qu'en Europe, la population et les activités économiques et industrielles sont inégalement réparties et très dispersées, sur un territoire majoritairement composé d'îles souvent éloignées les unes des autres, dans le cadre d'un ensemble géographique mal structuré. D'autre part, le Japon a pour spécificité d'être situé dans une région où les caprices du climat nécessitent un système de connaissance de la météo parfait, de disposer d'activités de pêche importantes pour lesquelles les renseignements apportés par les techniques spatiales sont d'un grand secours de même qu'elles le sont, également, pour l'agriculture et la gestion des ressources terrestres nippones. Sur le plan des télécommunications, la dispersion des populations sur des zones géographiques différentes ou accidentées rend malaisé et coûteux l'apport des techniques de relais conventionnelles, d'où l'intérêt de la retransmission télévisuelle directe.

Tout ceci explique le développement, depuis longtemps, de programmes japonais de satellites océanographiques, de satellites-météo, de télécommunications puis, plus récemment, de télédétection (Jers-1, lancé en 1992), et leur implication dans des programmes internationaux (Intelsat, Inmarsat). Pendant longtemps, les Japonais durent faire appel à des opérateurs américains (cas de certains satellites des séries Himawari et Sakura, de Ume ou des deux Ayame qui furent victimes d'une défaillance de lanceurs américains), pour lancer ce type de satellites.



***Au mois de février
1994, malgré
quelques problèmes
techniques,
les Japonais
réussissent,
dès la première
tentative,
à mettre en orbite
leur tout nouveau
lanceur H-II***

Il faudra attendre 1979 pour que les Japonais réussissent à placer en orbite un satellite de télécommunications expérimental par leurs moyens propres. En fait, c'est dès la fin des années 60 que de nombreux spécialistes japonais jugent impératif de développer des lanceurs plus compétitifs que ceux de l'ISAS. Ceci explique la création de la deuxième agence spatiale nipponne, la NASDA, en 1969, à la suite d'une décision des autorités de développer un programme de lanceurs plus puissants compatibles avec, entre autres, des possibilités de transfert vers l'orbite géostationnaire et un programme de recherches en matière de nouvelles technologies satellitaires.

Parallèlement, les Japonais construisaient la base de Tanegashima (sur l'île du même nom), plusieurs stations de poursuite des satellites, un centre de recherches sur les techniques d'observation de la Terre à partir de l'espace, un centre de recherches sur les techniques spatiales à Tsukuba et un centre de recherches et d'essais sur les moteurs spatiaux à Kakuda. Cette volonté d'indépendance à tout prix, notamment en matière de lanceurs, allait déboucher sur la création d'un Rocket Design Group autour des ingénieurs Takashi Matsuda, Masafumi Mitazawa et Shingi Nio, en collaboration avec un certain nombre de laboratoires universitaires et des industriels comme Ishikawajima-Harima Heavy Industries (Space Development Division) ou Nissan Aerospace. En 1990, cette structure allait déboucher sur le groupe Rocket System Corporation, regroupant 90 industriels pour le développement et la commercialisation de l'actuel lanceur H-II et la promotion de dérivés plus performants. Cette volonté apparaissait toutefois bien difficile à mettre en œuvre au début des années 70, et la situation des techniques spatiales locales de cette époque allait condamner pendant un certain temps le Japon à dépendre des opérateurs américains...

Un système spatial autonome

Pour illustrer la montée en puissance du système spatial japonais, nous centrerons notre raisonnement sur trois faits historiques d'importance :

- Le 11 février 1970, le médiocre lanceur L-4S5 met en orbite le premier satellite japonais, en fait un « lilliputien » de 24 kg, qui va orbiter sur une ellipse de 5140/350 km, inclinée à 31 degrés. Le fait passe pratiquement inaperçu au niveau de la presse mondiale qui n'y consacre que quelques lignes.

- Vingt ans plus tard, le 24 juillet 1992, le satellite sophistiqué Geotail, de taille moyenne (1008 kg), en forme de cylindre tronqué (coupé par la tranche), fait un « va-et-vient » entre la Terre et la Lune. L'attraction successive des deux corps l'amène à modifier chaque fois son orbite et sa vitesse pour lui permettre d'explorer les régions successives d'une zone imparfaitement connue des scientifiques, celle-là même où le fameux « vent solaire » (composé d'électrons et de protons extrêmement énergétiques) heurte frontalement, sous la forme d'une onde de choc étalée bien au-delà des orbites terrestres, le puissant champ magnétique terrestre. Cette « balle de ping-pong spatiale », dont l'apogée orbital se situe à 1.200.000 km de la Terre, dispose de réserves de carburant inhabituelles pour une sonde scientifique, en raison des nombreuses corrections que doivent effectuer ses moteurs d'attitude tout au long de la mission. Lancée par une fusée américaine Delta 2, Geotail est une sonde complexe, non pas japonaise mais issue d'une collaboration entre l'ISAS et la NASA. Cette fois le « maître » américain a reconnu la compétence de « l'élève » en matière de satellites scientifiques en lui confiant la responsabilité des deux tiers de la charge utile. Là encore le fait passe quasiment inaperçu aux yeux de la grande presse internationale mais n'échappe pas, toutefois, aux yeux des spécialistes avertis.

- Enfin, au mois de février 1994, après quelques déboires dus à la difficile mise au point du moteur cryotechnique LE-7 à flux intégré, les Japonais réussissent, dès la première tentative, à mettre en orbite leur tout nouveau lanceur H-II. Ce dernier devrait d'ailleurs constituer la base évolutive de leur futur programme spatial. Il faut savoir que ce moteur LE-7, aux performances comparables au HM-60 de la future Ariane-5, représente un pari technique plus difficile à réaliser. Contrairement à la solution européenne qui utilise un flux dérivé, les Japonais ont fait le choix — comme pour les moteurs SSME de la navette américaine et le lanceur lourd russe Energia — du « flux intégré », où les gaz actionnant les turbo-pompes ne sont pas éjectés mais « récupérés » pour participer, eux aussi, à la propulsion. D'où des conditions de température et de pression au niveau du moteur qui sont pratiquement le double de celles subies par un HM-60. Parallèlement, la NASDA, lors de ce premier lancement du H-II, en profitait pour valider les technologies de rentrée de sa future navette automatique Hope, par l'intermédiaire d'une curieuse capsule en forme de soucoupe dénommée Orex. Tout ceci dans le même temps où le programme spatial européen (décidé à La Haye en 1987), est tombé pour plus de la moitié en déliquescence, et où le programme de navette Hermes est tombé purement et simplement aux oubliettes... Cette fois-ci le succès japonais fait « la une » de nombreux journaux européens et américains.

L'effort japonais s'est développé sur une durée de 20 ans, selon une double stratégie qui sera appliquée aussi bien au niveau des lanceurs que des satellites : on achète (fort cher et parfois à des conditions restrictives d'utilisation) des licences américaines permettant d'aboutir rapidement à des systèmes opérationnels utilisables et, parallèlement, on développe des systèmes propres, prévus pour de futures étapes, au prix d'un énorme effort de recherche-développement, en réduisant à chaque étape le niveau de dépendance étrangère.

Cette stratégie a été particulièrement développée au niveau des satel-

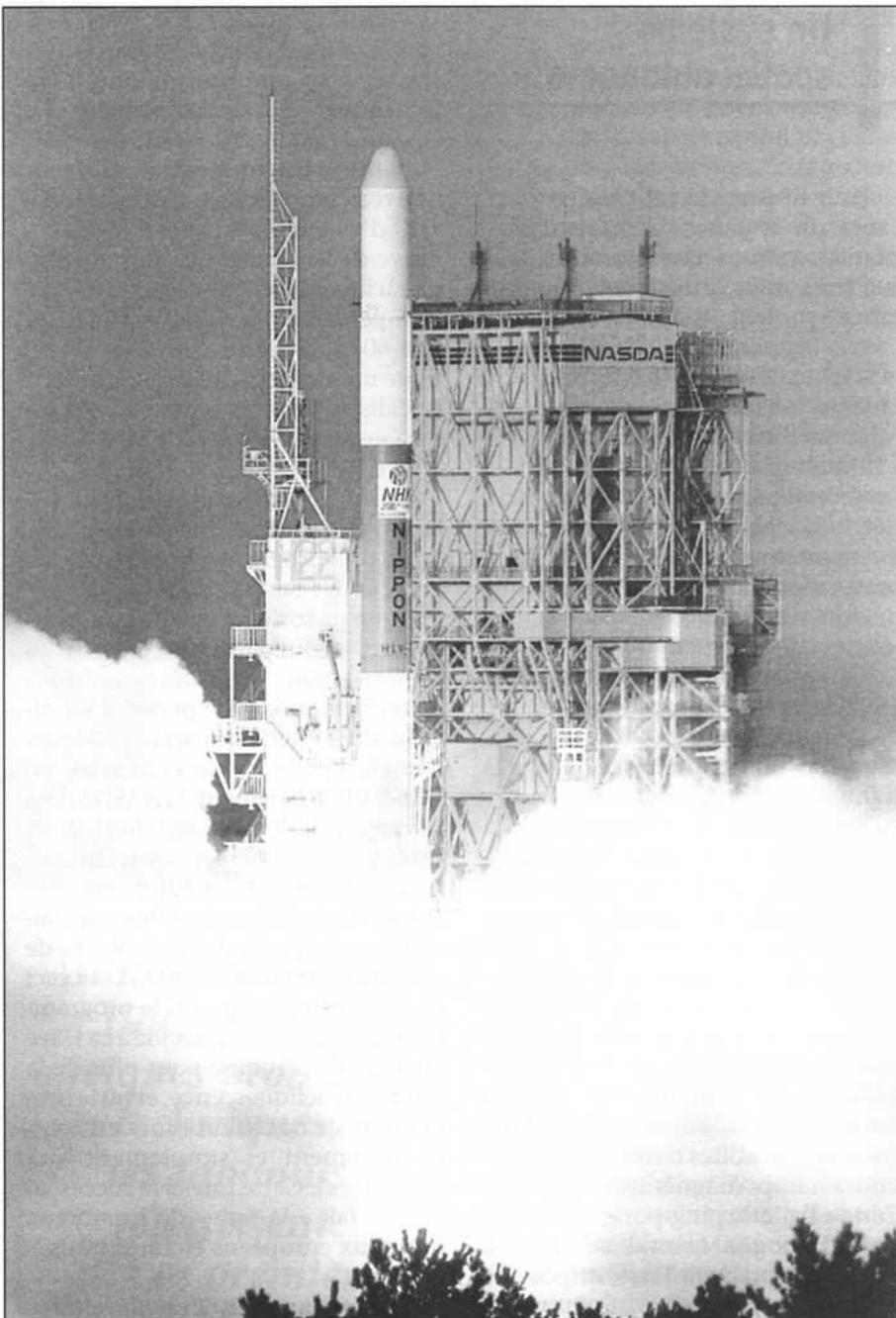
lites, où le Japon était de prime abord mieux armé que pour les lanceurs, en raison de ses compétences en matière d'électronique, d'informatique et de robotique. On peut citer, par exemple, le programme évolutif ETS dont le premier exemplaire ETS-1 (83 kg), fut lancé en septembre 1975 par une fusée N-1, bâtie uniquement sur des compétences américaines importées. Ce programme de satellite ETS (Experiment Test Satellite ou satellites technologiques à expérimentation de systèmes), a permis de valider des technologies de base spécifiquement japonaises, utilisables sur des programmes de satellites de télécommunications, de télévision directe, d'océanographie, de météo, d'observation de la Terre. Ce programme a d'ailleurs pu indirectement bénéficier de l'expérience d'industriels japonais, acquise dans des programmes internationaux comme Intelsat et Inmarsat. Les firmes japonaises comme NEC, Toshiba et Fujitsu's Space Development ont non seulement participé à la fourniture de sous-systèmes complexes pour les satellites Intelsat-4, Intelsat-4A, Intelsat-6 et Inmarsat-2, mais aussi pour des programmes étrangers comme Superbird-B ; les satellites australiens Aussat ; le satellite espagnol Hispasat ; le programme d'étude de satellites météo-environnement de la NOAA américaine, pour lequel les Japonais ont fourni un système de traitement d'images utilisable par des stations de réception basées au sol (système Prosid 2). En marge de cela, la société japonaise Toyo Comm. Equipment Corp. avait fourni des « antennes de systèmes de communication par satellite à gain élevé » pour le programme Inmarsat. Les Japonais ne portaient donc pas de rien pour la mise en œuvre de leur programme ETS.

Cette évolution fulgurante montre qu'en dix ans les Japonais sont passés du stade de « quasi sous-traitants » minoritaires dans leurs propres satellites à celui d'une totale indépendance. Ainsi, alors que le satellite ETS-2 conçu par Mitsubishi en 1977, comportait moins de 30% de technologies japonaises, la situation a commencé à s'inverser en 1982 avec le satellite ETS-3, qui en comportait 70%, pour aboutir enfin à un

concept 100% japonais, en 1987, avec ETS-5 conçu par NEC, Mitsubishi et Toshiba. Le 100% « made in Japan » avait d'ailleurs été auparavant le fait du satellite ETS-4.

Il en est de même avec le satellite de technologie avancée ETS-6, un satellite sophistiqué de 2 tonnes qui pourrait être placé en orbite géostationnaire par le H-II, dès la fin de cette année 1994 et dont l'objectif, selon la NASDA, « est de mettre définitivement le Japon sur le même plan que les Etats-Unis et l'Europe en matière de technologies pour satellites de télécommunications à haut débit », politique qui rappelle quelque peu celle de l'Agence spatiale européenne avec son satellite expérimental Olympus. ETS-6, qui constitue la première génération de toute une série de satellites destinés à valider des technologies sophistiquées, vise avant tout les hautes fréquences et les flux à haut débit (capacité de 110.000 circuits télécoms fonctionnant en simultané), et servira de test pour le développement des futurs satellites commerciaux japonais de télécoms/télédiffusion CS-4 et BS-4, comme l'ont été par le passé les satellites expérimentaux ETS-2, ETS-3, ETS-4 et ETS-5 pour les satellites opérationnels ECS, ECS-b, CS-2a, CS-2b, BS-2a, BS-2b, BS-3b, CS-3a et CS-3b.

Importations technologiques pour les engins de première génération, développement de systèmes expérimentaux et transfert pour des systèmes autonomes à technologie majoritairement japonaise, la politique suivie par la NASDA en matière de satellites a été quasi-similaire en matière de développement de lanceurs performants. Mais dans ce domaine, le défi était autrement plus difficile qu'en matière de satellites. Et pour le Japon, acquérir un minimum de capacités de transfert sur l'orbite géostationnaire signifiait se tourner vers les Etats-Unis. Afin d'éviter au maximum les inconvénients d'une dépendance (l'attitude des Américains vis-à-vis des satellites français Symphonie avait beaucoup appris aux Japonais), la NASDA se lançait dans un programme de recherches technologiques autonomes aussi bien en matière de lanceurs que de nouveaux moteurs et



Le H-I est un tri-étage dont le premier étage et les boosters d'appoint permettant le décollage viennent encore, en partie, des technologies du Thor-Delta. Il utilise, pour la première fois, au niveau du second étage, un moteur cryotechnique.

créait pour ce faire le fameux Rocket Design Group. Ce dernier allait coordonner les recherches avec les milieux industriels et universitaires, notamment l'Université Kyushu Sangyo.

Désignées sous le vocable N (N1, N2), les premières fusées de la NASDA, qui furent développées de 1975 à 1987, ne sont en fait que des dérivés modifiés des lanceurs américains

Thor-Delta dont les licences, après accord des autorités américaines, furent chèrement acquises auprès de la firme Mc Donnell/Douglas et à des conditions impliquant pour les Etats-Unis des facilités de contrôle un peu abusives vis-à-vis du demandeur. Ainsi, nombre de systèmes importés étaient sous « boîte noire » (d'où l'impossibilité pour les Japonais de les vérifier ou de les démonter avant la phase de lancement) et les Améri-

cains firent aussi des difficultés pour le transfert des systèmes de guidage (accéléromètres, gyromètres, moyens de calcul et de positionnement), ce qui contraignit les Japonais à développer des systèmes autonomes qui ne furent complètement opérationnels qu'avec la N2.

Cette dépendance eut également des conséquences sur l'industrie japonaise des satellites commerciaux qui mit un certain temps avant de pouvoir tirer parti des recherches de la filière ETS, et fut contrainte à des accords de partenariat avec les firmes américaines Ford Aerospace (devenue Space Systems Loral), General Electric et Hughes Aircraft Co. Ainsi, les premiers satellites semi-opérationnels de télécommunications des séries Bs et Cs et le satellite météo GMS, même s'ils étaient en principe japonais, comportaient une part majeure de technologie américaine, la part de technologie japonaise se situant seulement entre 15 et 25%. Cet état de fait n'était pas dû uniquement au manque d'expériences des opérateurs japonais sur les domaines concernés, mais surtout aux accords de coopération, stipulant une participation de l'industrie d'outre-Atlantique sur les systèmes mis en orbite par des fusées américaines.

Le lanceur de première génération N1, à pratiquement 100% de technologie américaine, était une fusée tri-étage de 32,6 mètres de haut, équipée de propulseurs d'appoint à poudre utilisant un moteur américain Castor-2. Le premier étage, équipé de moteurs MB3, faisait appel à des carburants liquides (LOX-RJ1), tandis que le second étage, à carburant liquide lui aussi (N2O4/A50), utilisait un moteur LE-3 où apparaissaient déjà timidement quelques éléments de technologie japonaise. Le troisième étage, quant à lui, était propulsé par un classique Solid Rocket Motor faisant appel à des poudres composites.

Telle quelle, cette fusée « américano-japonaise » pouvait au mieux placer 130 kg en orbite géostationnaire et connu, en 1979 et 1980, deux sérieux échecs, lors des tentatives de lancement des satellites expérimentaux de télécommunications ECS et

ECS-b. Elle connut le succès avec le lancement de plusieurs satellites de la série ETS et réussit au total sept lancements pour la période 1975-1982, parmi ceux-ci le premier satellite opérationnel de télécommunications japonais CS-3a Sakura en 1982.

La fusée de seconde génération N2, tri-étage elle aussi, marque une évolution quant à la capacité de transport en orbite géostationnaire (350 kg de charge utile), mais aussi quant à la place importante de la technologie japonaise. Même si cette fusée est toujours dépendante des techniques utilisées pour les Thor-Delta des séries 1910, 2910 et 3920, elle fait pour la première fois appel à des systèmes de guidage inertiels entièrement japonais !

D'autre part, au niveau du second étage, les Nippons introduisent certaines modifications à la technologie du constructeur américain Aerojet General. La N2, d'un poids de 135 tonnes, inaugurera une longue série de succès (huit lancements réussis entre 1981 et 1986) avec la mise à poste, le 2 novembre 1981, du satellite expérimental ETS-4. Le nouveau lanceur, placera, entre autres, en orbite les satellites météo Himawari GMS-2 et GMS-3, les satellites de télécommunications CS2a et CS2b, le satellite d'observation océanographique MOS-1 MOMO, et les satellites TV directe BS-2a et BS2-b. A l'image du lanceur N2, qui n'est déjà plus à 100% une véritable Thor-Delta, ces satellites, qui se situent à mi-chemin des stades expérimental et opérationnel, font appel de plus en plus au niveau des sous-systèmes et des répéteurs-transpondeurs à des technologies japonaises, conçues chez NEC ou Toshiba. La participation des fabricants locaux spécialisés est en effet estimée par les experts comme allant de 30% pour la série BS-2 à plus de 60% pour les satellites de télécommunications CS-2.

Lanceurs H-I et H-II : vers l'indépendance

C'est à partir des années 1986-1987 que l'évolution du programme

spatial de la NASDA marque une *rupture* majeure avec le passé. On continue, certes, à utiliser les anciens lanceurs dérivés des technologies américaines pour placer en orbite des satellites où la part des techniques étrangères reste importante, néanmoins le « made in Japan » se fait de plus en plus voyant dans ces deux domaines, comme nous l'avons déjà souligné avec la série expérimentale ETS. L'exemplaire ETS-4 (550 kg) sera placé en orbite géostationnaire par un lanceur H-I, un tri-étage dont le premier étage et les boosters d'appoint permettant le décollage viennent encore, en partie, des technologies du Thor-Delta. Il utilise, pour la première fois, au niveau du second étage, un moteur cryotechnique (oxygène/hydrogène liquides) de 10,5 tonnes de poussée développé par Mitsubishi et IHI Space Development. Le 27 août 1987 est un jour de gloire pour les ingénieurs spatiaux japonais et la mise en orbite de ETS-5 fait rentrer le Japon dans le club très fermé des grandes puissances spatiales mondiales.

Lanceur de 140 tonnes pour 40 mètres de haut, le H-I a en effet toutes les allures d'une fusée fiable et, même si sa capacité en orbite géostationnaire (550 kg) reste bien inférieure aux Ariane européennes et aux lanceurs américains et russes, elle permet déjà une certaine forme d'indépendance pour le lancement de petits satellites de télécommunications ou de télévision directe. De 1987 à 1992, le H-I placera en orbite 13 satellites (dont plusieurs de la série CS-3 aux composants majoritairement japonais) et parmi ceux-ci le satellite expérimental de géodésie BGS Ajisai. Preuve de la compétence acquise désormais par les Japonais, le calendrier de développement du H-I publié par la NASDA (ainsi que celui des lancements prévus pour cette fusée) fut respecté à 95%.

L'entrée avec succès du Japon dans le difficile domaine de la maîtrise des techniques de moteurs cryotechniques, acquise avec le moteur du deuxième étage du lanceur H-I, allait accélérer le plan lancé dans les années 1983-1984 par la SAC (Space Activities Commission), instance de

programmation et de planification des programmes spatiaux dépendant du Premier ministre. Son rôle est décrit dans le document *Outlines of Japan's Space Development Policy* : « un lanceur permettant une totale indépendance pour la mise en orbite géostationnaire de satellites opérationnels de la classe 2 tonnes » et de « permettre au pays de se positionner sur l'expérimentation des futures activités industrielles en orbite basse et de pouvoir participer avec des vecteurs autonomes aux grands programmes internationaux comme la *Space Station* ». Dans le même document, il est également spécifié que le H-II doit pouvoir être lancé aux conditions requises par le site NASDA/TSC (Tanegashima Space Center) et être capable de pouvoir placer en orbite basse « une petite navette expérimentale appelée à devenir opérationnelle, grâce aux progrès à venir des moyens robotiques japonais ». Il est également spécifié qu'une réduction progressive des coûts de lancement du H-II doit être incluse afin « de pouvoir — dans une étape ultérieure, une fois l'indépendance acquise — positionner le lanceur sur le marché concurrentiel du lancement des satellites commerciaux ». De plus, la future fusée japonaise « ne doit pas être un lanceur figé » mais, au contraire, « permettre des évolutions vers des techniques plus performantes » et être « la base primaire permettant la configuration vers des lanceurs lourds ou cargos de la classe 30-40 tonnes vers l'orbite basse ».

Au premier abord ces ambitions pouvaient paraître « irréalistes » et de nombreux experts (Jacques Vilain de la SEP, Marc Giget d'Euroconsult) estimaient que les Japonais avaient « effectué un mauvais choix en matière de lanceurs » et que le futur lanceur H-II ne serait guère compétitif sur le marché mondial. Si la deuxième conclusion s'est révélée exacte et risque fort de le rester encore un certain temps, la première doit être modulée si l'on prend en considération les perspectives de cette fusée pour l'orbite basse et ses possibilités d'évolution vers des lanceurs plus performants. Déjà le H-II offre des capacités en orbite basse supérieures à un lanceur Ariane-4, avec 10 tonnes contre 8 à la fusée européenne. Le scepticisme de nombreux spécialis-

tes internationaux quant au choix quasi « tout cryotechnique » du bi-étage H-II (excepté les boosters d'appoint), fut démenti par la réussite du 4 février 1994, premier essai réussi du H-II et de son moteur LE-7, consacrant huit ans d'efforts marqués par des échecs et des déceptions. Par la suite, en utilisant des boosters d'appoint faisant également appel à ce type de moteur, il serait possible de faire passer la charge utile en orbite basse à 17 tonnes et, plus intéressant encore, les Japonais travaillent sur un moteur de seconde génération dénommé LE-7A utilisant le couple oxygène/méthane liquides (LOX/CH₄) permettant d'offrir un meilleur rapport de détente et des performances supérieures à l'hydrogène, à cause de la plus forte densité de ce méthane.

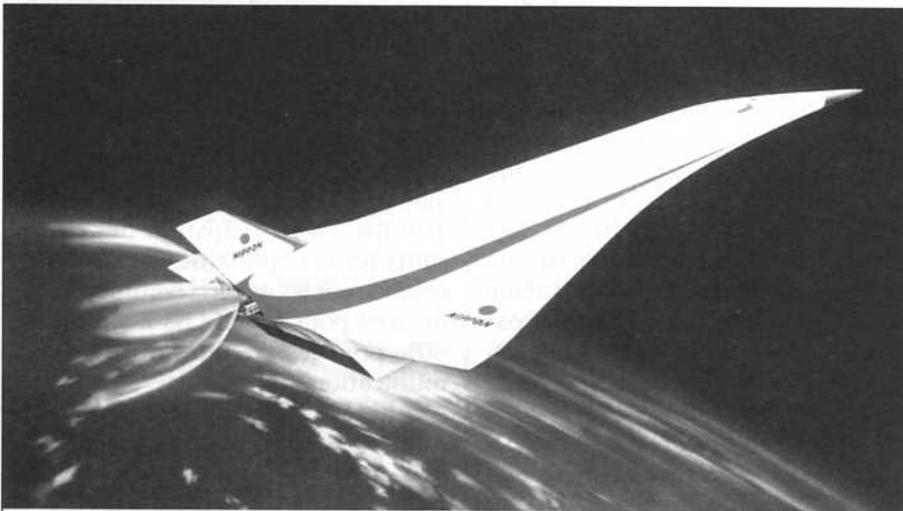
La NASDA et les industriels japonais étudient déjà des dérivés plus performants ! Le plus ambitieux, dénommé H-II-8LE7A, utilisant au niveau des boosters liquides d'appoint à son premier étage 8 moteurs LE-7A au méthane, pourrait placer 27 tonnes en orbite basse, ce qui équivaut à la possibilité d'installer sur celle-ci des charges lourdes correspondant à une infrastructure totalement indépendante et à une navette passive habitée supérieure de 4 à 5 tonnes au concept Hermes. Sans parler des concepts d'avions spatiaux récupérables intermédiaires (Rocket Plane) étudiés

par la NASDA, Mitsubishi et IHI, comparables aux concepts européens RRL et EARL (étudiés respectivement par Aerospatiale et DASA/MBB/Dornier), ou aérobie.

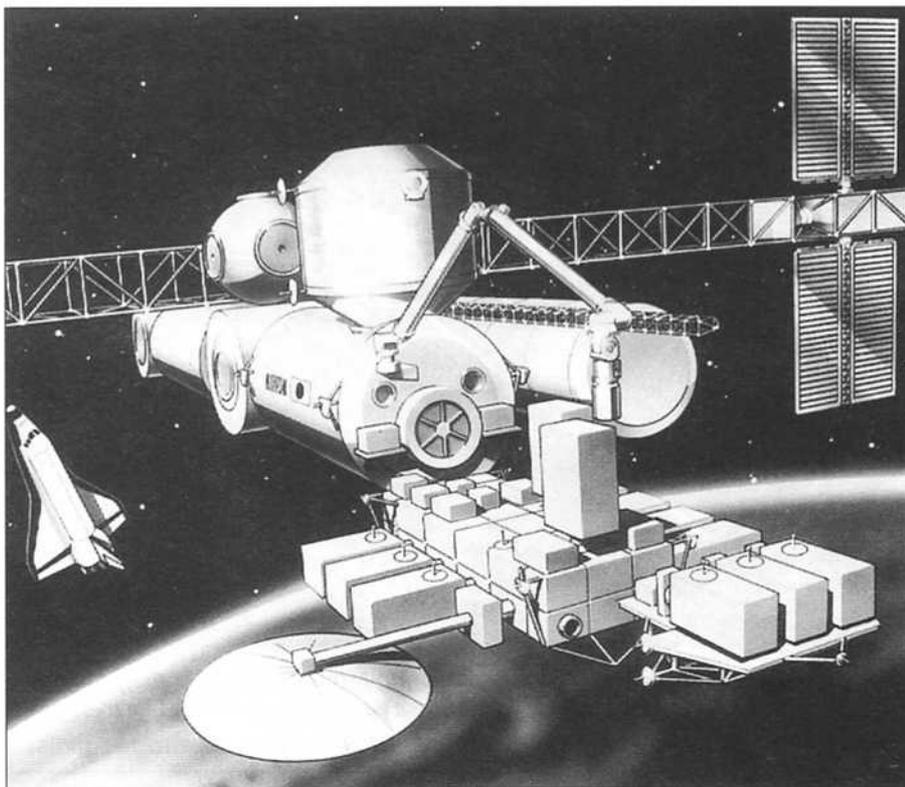
La réussite japonaise a deux conséquences : en premier lieu, il faut pratiquement exclure le Japon comme client potentiel important pour les divers opérateurs du lancement des satellites commerciaux sur le marché mondial car les Japonais disposent désormais d'un système de lancement, certes coûteux, mais autonome, et l'avenir du H-II est assuré du fait des besoins propres du Japon. En second lieu, la nature particulièrement évolutive de ce nouveau lanceur offre au Japon la possibilité à long terme de voir « ailleurs » et « plus loin »...

Les autres secteurs

La toute récente mission internationale d'expériences en microgravité IML-2 (navette américaine Columbia), qui vient de se terminer au mois de juillet dernier après un séjour de plus de deux semaines en orbite, illustre bien la montée en puissance des Japonais dans le domaine spatial. Non seulement ils deviennent des acteurs indépendants du système spatial mondial, mais ils participent éga-



Comme les Européens, les Américains et les Russes, les Japonais effectuent des recherches sur les superstatoréacteurs et les engins récupérables susceptibles de réduire les coûts du transport spatial.



Le concept JEM est le pendant japonais des modules européen (APM) et canadien qui devaient à l'origine être intégrés au projet de station internationale Freedom laquelle, sous l'effet de la crise économique, a évolué vers le concept de station R-Alpha. Les discussions sont actuellement en cours pour les modalités de l'intégration du JEM à cette station.

lement à ce programme spatial international. Représenté par la femme astronaute Chiaki Mukai en tant qu'expérimentateur principal pour IML-2, le Japon s'est offert la part du lion dans cette mission internationale qui embarquait des expériences de la NASA, de l'ESA, de l'agence spatiale allemande DARA et du centre de recherches du même pays DLR, de l'agence spatiale canadienne CSA et des Français du CNES et du CNRS (expérience Ramses).

Les Japonais travaillaient à eux seuls sur onze expériences et étaient co-investigateurs principaux sur deux expériences internationales, à savoir l'expérience RRMD (Realtime Radiation Monitoring Device) et l'expérience d'étude des mouvements de convection (VIBES-Convection) par l'intermédiaire d'équipes de la Waseda University et du « National Aerospace Laboratory ». Les médias ont été frappés notamment par l'embarquement massif d'expériences japonaises spatiales sur des poissons (expériences AAEU/Goldfish et AAEU/Medaka) mais il n'est pas sûr que l'aspect spectaculaire des manipulations et des observations effectuées à la demande de l'Institut Fujita et de l'Université de Tokyo n'ait quel-

que peu occulté l'implication à long terme de ces recherches, c'est-à-dire la possibilité, autour des recherches en matière de physiologie, d'effectuer de tels élevages de poissons dans des bases spatiales.

C'est la deuxième fois qu'une mission internationale de recherches sur la microgravité inclut une participation japonaise importante. Déjà, en septembre 1992, lors de la mission navette Spacelab-J-STS 47, l'astronaute Mamoru Mohri avait été embarqué pour surveiller la mise en œuvre des expériences du programme FMPT (First Material Processing Test) dont certains des objectifs consistaient à obtenir la fabrication en apesanteur d'alliages très purs pour la métallurgie, de verres optiques ultra-purs, d'échantillons de semi-conducteurs pour l'électronique. Sur les 43 expérimentations conduites au cours de cette mission Spacelab-J, sept l'avaient été à la demande d'instituts américains, deux étaient américano-japonaises, mais 34 de celles-ci avaient été effectuées à la demande et sous la conduite d'instituts de recherches japonais. A l'heure où certains, en France notamment, estiment bien à tort que « l'orbite basse est derrière nous » (René Pellat, Pierre Moskwa,

Jacques Blamont), l'attitude japonaise tendrait à prouver l'inverse, malgré un coût important du transport, obérant l'avantage de travailler dans l'espace.

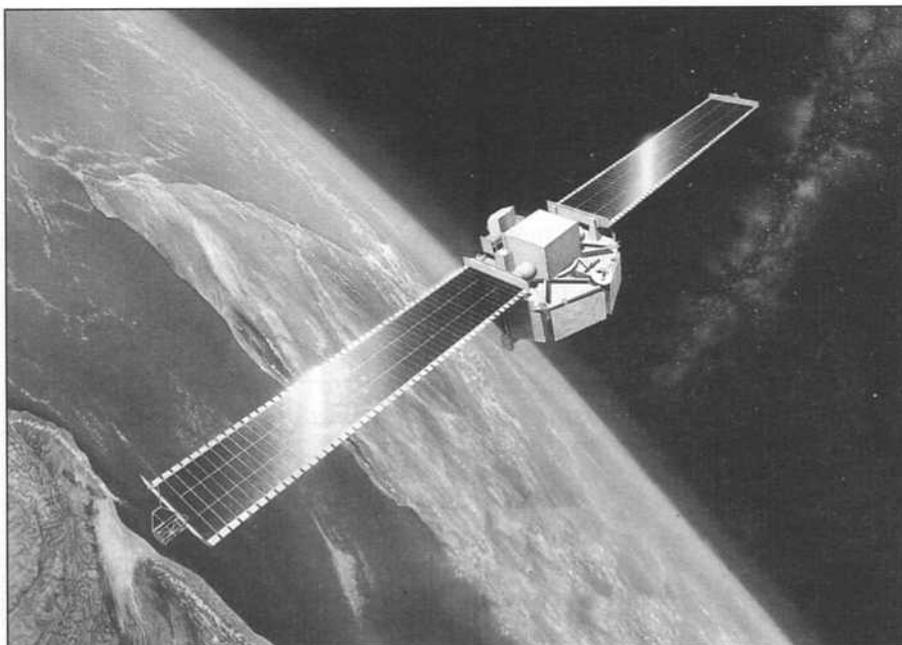
Dans ce domaine, il est évident que les Japonais accumulent le savoir-faire de façon à être prêts à développer au moment opportun leur propre infrastructure spatiale (petites stations automatiques en microgravité faisant appel à d'importants moyens robotiques). Ils tiennent aussi à disposer des connaissances nécessaires lorsqu'une nouvelle génération de transporteurs spatiaux récupérables, permettant de réduire le coût du transport d'un facteur significatif, verra le jour et permettra d'assurer la viabilité économique de ce type d'activité. Les recherches entreprises actuellement sur les superstatoréacteurs et le concept d'avion spatial récupérable JSP par le National Aerospace Laboratory en coopération avec la STA (Agence pour la Science et la Technologie) et un consortium d'industriels dirigé par Mitsubishi ne doivent pas être sous-estimés (du fait que là encore le Japon « est parti après les autres »). Tous ceux qui ont pu assister à certaines réunions organisées en 1986 et 1987 par la British

Interplanetary Society sur le concept Hotol n'ont pu que remarquer combien la présence japonaise était importante et assidue, lors de ces manifestations.

Ceci est confirmé lorsqu'on examine deux programmes japonais importants en cours, à savoir les concepts JEM (Japanese Experimental Module) et SFU (Space Flyer Unit) qui ne sont pas sans analogies avec certains éléments du programme européen Columbus tel qu'il avait été défini lors de la Conférence de La Haye (1987), même si le concept japonais SFU doit être plutôt considéré comme « intermédiaire ».

Le concept JEM est le pendant japonais des modules européen (APM) et canadien qui devaient à l'origine être intégrés au projet de station internationale Freedom laquelle, sous l'effet de la crise économique et suite aux modifications du contexte politique mondial, a évolué vers le concept de station R-Alpha à dominante américano-russe. Les discussions sont actuellement en cours pour les modalités de l'intégration du JEM à cette station, le principe même de cette opération étant acquis, mais ce qui frappe dans la stratégie de sa mise en œuvre c'est avant tout la vision volontariste portée sur le caractère évolutif du concept. On peut aussi constater un engagement important des divers acteurs industriels potentiellement intéressés par les activités spatiales, une attitude qu'on aimerait bien voir se développer en Europe, au moment où l'équipe de Jean-Marie Luton vient de reconfigurer à la baisse son module APM pour le rendre compatible avec un lancement par Ariane-5.

Pouvoir politique (SAC), grands groupes industriels (C.Itoh, Mitsubishi Heavy Industries Ltd, Nissan Aerospace, Marubeni Corp., Sumimoto), Syndicat patronal Keidaren, ont créé en commun un Comité pour la promotion de la station spatiale. Ce dernier possède des antennes dans les principaux centres de recherche et les laboratoires universitaires auxquels ont été soumis plus de 300 thèmes de recherches, porteurs de la recherche fondamentale et appliquée



Le concept japonais SFU est une curieuse plate-forme récupérable de 4 tonnes, prévue pour être acheminée sur une orbite basse par le H-II, en 1995. Elle n'est pas sans rappeler la plate-forme récupérable européenne Eureka.

ainsi que des directives pour des réflexions relatives aux concepts indépendants sur lesquels pourrait déboucher le module japonais. Centré en principe sur des recherches fondamentales et appliquées en microgravité (sciences des matériaux et sciences de la vie), en médecine spatiale (travail de l'homme dans l'espace), le programme sur lequel est centré le JEM comporte également une part considérable d'applications spatiales de recherches robotiques conduites au sol et actuellement en cours de développement, d'interventions extra-véhiculaires impliquant l'association homme/robot et d'assemblage de structures expérimentales dans l'espace. Ainsi, dans ce dernier cas, un large programme d'essais (sous la maîtrise d'œuvre de la société Fuji H.I. Ltd) sera conduit à partir du JEM par les astronautes japonais dans l'optique, ouvertement déclarée, d'acquiescer le savoir-faire nécessaire pour l'installation de grandes infrastructures orbitales indépendantes. Cet objectif ne doit pas nous surprendre. Il y a cinq ans, la SAC avait recommandé au pouvoir politique « de prendre les mesures nécessaires pour que d'ici 2010 la nation puisse disposer d'une infrastructure orbitale complète et autonome » et de développer, pour ce faire, « les moyens de transport aller et retour

adéquats dans la suite du programme de navette automatique Hope (H-II-Orbiting Plane) ». Toujours selon la SAC et le Comité pour la station spatiale, « il est indispensable que le Japon dispose dès 2002-2004 d'un module visitable autonome indépendant du programme de station spatiale internationale ». Dans cette optique, les spécialistes nippons commencent à engager le développement par phases de leur future station spatiale indépendante, en sachant bien avant cette phase ce que l'on y fera et pourquoi on le fera.

Moins ambitieux à première vue, mais élaboré lui aussi dans une perspective évolutive, le concept japonais SFU est une curieuse plate-forme récupérable de 4 tonnes, prévue pour être acheminée sur une orbite basse circulaire à 500 km par le H-II, en 1995. Elle n'est pas sans rappeler, du seul fait de sa forme, la plate-forme récupérable européenne Eureka. Ce SFU est soutenu financièrement par la STA, le ministère de l'Éducation (MOE) et le MITI (ministère du Commerce International et de l'Industrie), et sous maîtrise d'œuvre de la division spatiale du groupe IHI. L'objectif des japonais est de développer des recherches sur des secteurs pouvant déboucher un jour sur le mar-

ché mondial (fabrication de produits électroniques et de composants pour les semi-conducteurs, télédétection des ressources terrestres) et sa démarche (recherches puis *transfert* vers des systèmes opérationnels) ressemble par certains côtés à celle suivie pour les satellites technologiques expérimentaux ETS. Bénéficiant des participations japonaises aux expériences intégrées aux structures et racks américains Get Away Special embarqués sur la navette, SFU embarquera de nombreuses expériences de solidification et de croissance cristalline, de fabrication d'alliages et de verres ultra-purs. De plus, il servira de test pour la validation de trois types de fours : l'un (en réduction) présente quelques similitudes avec le four Mephisto du CNES, quant aux deux autres (concepts GHF et MHF), ce sont des installations dites à « gradient haute température » et à « concentration de chaleur par miroir ». Ces deux fours sont dotés de systèmes d'échange d'échantillons (entrée et sortie). L'introduction et l'extraction des échantillons est opérée par ordinateur, selon un horaire préalablement déterminé en fonction des expériences. Le MHF est équipé d'un miroir rotatif permettant d'observer la croissance des cristaux en temps réel et de transmettre les informations aux expérimentateurs terrestres. A la demande de l'ISAS et du Japan Electrotechnical Laboratory, des expériences de transmission d'énergie dans l'espace par laser et micro-ondes seront effectuées également à partir de ce SFU, ce qui n'est pas étonnant, vu l'intérêt que portent les Japonais pour les concepts de centrales solaires spatiales imaginées par Peter Glaser.

Toutefois, les étapes suivantes des deux projets (JEM et SFU) sont en grande partie conditionnées par des progrès dans le domaine des lanceurs, l'actuel H-II, même avec son moteur LE-7, étant incapable de placer sur une orbite basse des charges utiles allant au-delà de 10 tonnes. L'arrivée de dérivés plus performants est effectivement prévue (voir notre article additif consacré au lanceur de la NASDA) dans les programmes japonais de R/D spatiale. En tous cas, les Japonais, dans une optique à court et moyen terme, ont intelligemment

choisi de compenser leurs faiblesses momentanées en moyens de lancement par leur grande compétence en robotique.

Ainsi, à cause des limites en capacité orbitale du H-II, et en attendant l'arrivée de planeurs spatiaux habités d'une taille comparable ou un peu supérieure à Hermes, la NASDA a opté pour une navette de desserte de ses installations entièrement automatique, dénommée Hope (H-II-Orbiting Plane). Pour un certain nombre de raisons la robotique spatiale revêt un caractère d'urgence particulier aux yeux des responsables du programme spatial japonais. Cependant, n'allons pas en conclure qu'au Pays du Soleil Levant le « Gaulois » Jacques Blamont aurait fait des émules : au lieu de l'engager chez eux, au risque de provoquer aigreur et irritation chez leurs scientifiques et ingénieurs, les Japonais ont préféré développer leur programme de formation d'astronautes avec un caractère de continuité particulièrement obstiné...

Les projets futurs

Dans ce domaine si nécessaire de la robotique spatiale, les recherches japonaises ont déjà atteint un niveau remarquable (comme l'avait montré l'exposition universelle de Tsukuba en 1984) et les projets futurs ou en cours de développement peuvent se comparer à ce qui se fait de mieux aux États-Unis ou en Europe. En voici quelques exemples :

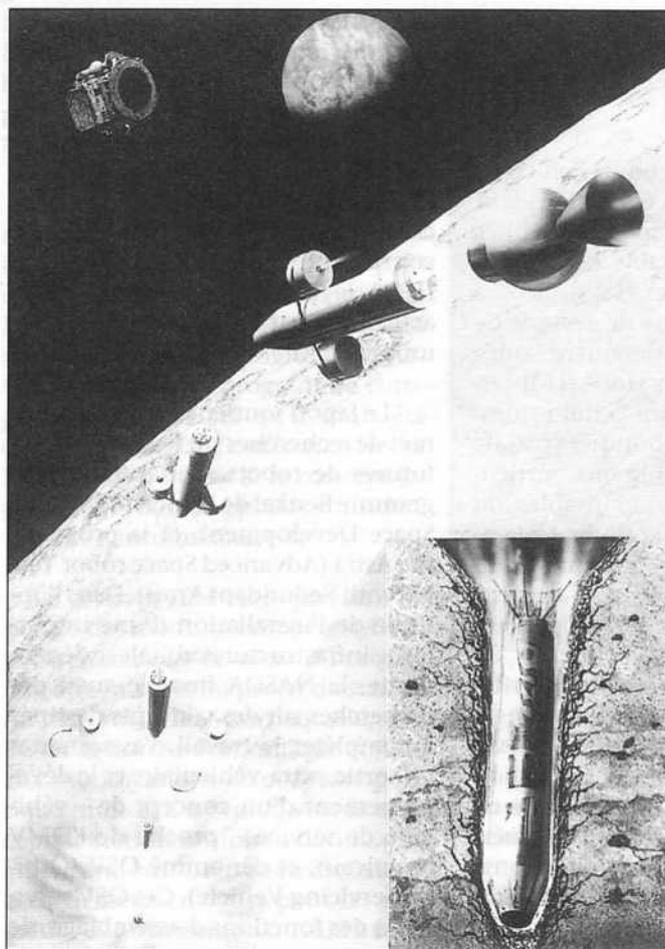
- La NASDA a lancé depuis longtemps un programme expérimental de bras télémanipulateurs automatiques qui peuvent être actionnés, sur instructions d'opérateurs terrestres, à partir d'un satellite pour effectuer des expériences en milieu spatial ou vérifier la résistance de certains composants en « milieu hostile ». D'ici quelques années, des expériences de ce type seront effectuées avec une nouvelle série ETS, dénommée cette fois pour la circonstance Engineering Test Satellite, dont un exemplaire ETS-7 est actuellement en cours de développement.

- Dans le cadre de sa participation au projet de station spatiale internationale (module JEM), la NASDA a concentré son effort sur les moyens robotiques et développé un système de bras télémanipulateur dénommé JEMRMS (Japanese Experiment Module Remote Manipulator Sensing) : comparable au système européen HERA, le JEMRMS sera commandé et actionné à partir du module JEM par un astronaute.

- Le Japon soutient deux programmes de recherches sur les générations futures de robots spatiaux : le programme Benkei de la société Fujitsu's Space Development, et le programme Astra (Advanced Space robot Tested with Redundant Arms). Dans l'optique de l'installation d'une importante infrastructure orbitale indépendante, la NASDA finance aussi des recherches sur des concepts destinés à compléter le travail d'astronautes en sortie extra-véhiculaire et le développement d'un concept de « véhicule de service », proche de l'OMV américain, et dénommé OSV (Orbital Servicing Vehicle). Cet OSV servirait à des fonctions d'assemblage, de réparation, à changer des éléments de véhicules spatiaux et de plates-formes en orbite. De nombreuses études techniques et de simulation ont conduit les responsables japonais à habilitier l'OSV pour la pré-hension et la capture de satellites et de plates-formes au moyen de bras robotiques.

- Dans une optique à buts purement scientifiques, l'ISAS, l'Université de Tsukuba et Nissan Aerospace développent des études de concepts de véhicules automatiques lunaires (SWLR) et de véhicules mobiles planétaires comparables aux concepts de VAP étudiés par les Français du CNES, d'Aérospatiale et de Matra.

Les Japonais ne se contentent pas seulement de développer de nouveaux lanceurs, des installations en microgravité, plates-formes récupérables, vols habités, robotique spatiale, télécommunications. Ils continuent également à être présents et à accélérer leurs programmes dans deux secteurs traditionnels du développement spatial à savoir les satellites et



La mission Lunar-A est la preuve de l'intérêt que les Japonais accordent actuellement à la Lune. Cette sonde sera équipée de pénétrateurs qui permettront d'effectuer des mesures et analyses du sous-sol lunaire en limitant les effets énormes des écarts de température dus à l'alternance particulière du cycle jour/nuit lunaires.

l'espace, à la manière d'un véritable « papillon circumterrestre », une curieuse antenne de radioastronomie en forme de parapluie qui constituera, non seulement un véritable observatoire radioastronomique spatial, mais aussi un élément de base pour un système de radio-interférométrie, visant à faire travailler cette sonde en synchronisation avec toute une série de radiotélescopes terrestres. Présenté en 1984, en Corse, au Colloque de Cargèse sur les « Observatoires spatiaux du futur », le projet consiste à profiter des extraordinaires possibilités de résolution angulaire offertes par la technique dite de « radio-interférométrie à très large base » qui fait appel simultanément à plusieurs télescopes situés sur plusieurs continents. Les spécialistes attendent de ce projet des résultats extraordinaires pour l'étude des noyaux galactiques, des quasars, des masers stellaires et interstellaires.

Mais nos amis du Soleil Levant voient encore plus loin et, profitant des capacités offertes par le H-II pour le positionnement de sondes scientifiques sur des orbites de transfert lunaires ou planétaires, l'ISAS et la NASDA (cette fois-ci associées) travaillent actuellement sur un projet lunaire et un projet martien ! Le projet lunaire, dénommé Lunar-A, est né d'une idée du Docteur Kawashima qui estimait dès 1986 « indispensable d'explorer toute la surface lunaire afin d'identifier les provinces les plus riches en éléments exploitables et de trouver le meilleur endroit possible pour édifier une base lunaire ». Il constitue la première phase d'un programme d'exploration scientifique de notre satellite incluant des « orbiters » polaires et d'autres objectifs qui pourraient être mis en œuvre lorsque les Japonais disposeront de lanceurs plus puissants que le H-II, à savoir des capsules d'atterrissage et des véhicules robotiques. Lunar-A est une sonde scientifique dont l'objectif est d'approfondir par des mesures en sous-sol les résultats géologiques, pétrographiques, stratigraphiques et sismologiques du programme Apollo. Elle doit avant tout soustraire les habituels instruments de contrôle d'une sonde lunaire de surface aux aléas des écarts de température considérables

sondes scientifiques et les vecteurs d'étude de l'environnement à partir de l'espace. Dans ce domaine, les Japonais ont fait une entrée remarquable avec leurs satellites océanographiques MOS-1 (lancé en 1987) et MOS-2 (lancé en 1990) et le satellite Fuyo-JERS-1 équipé à la fois d'un radar à synthèse d'ouverture (comme le SAR de l'Européen ERS-1) et d'une caméra fonctionnant à la fois en visible et en infrarouge à l'image des satellites Spot, conçus en France par le CNES. A la suite de ces programmes, et avec des objectifs similaires ou complémentaires, les Japonais préparent actuellement deux gros satellites de plus de 3 tonnes dits « à technologie avancée » pour l'observation de la Terre, dénommés ADEOS-1 et ADEOS-2 qui, en 1995 ou 1996, seront placés par des lanceurs H-II sur une orbite héliosynchrone inclinée à 98,5 degrés. Et dans ces domaines, la compétence désormais acquise par les Nippons a atteint un tel niveau de crédibilité que la NASDA a été choisie par la NASA comme associée dans le programme TRMM (Tropical Rain-

fall Measuring Mission). Composé de trois gros satellites de 3,5 tonnes, qui seront développés et installés entre 1997 et 2010 sur une orbite circulaire équatoriale, le programme américano-japonais vise à l'obtention d'un modèle climatique global de la chimie et de la dynamique atmosphérique des régions équatoriales de notre planète.

Sur le plan scientifique nous avons déjà vu que l'ISAS avait déjà été capable de mettre sur pied un programme de satellites et de sondes conséquent : satellite X Ginga, sondes cométaires Sakigake et Suisei, sonde Geotail en collaboration avec la NASA, sonde lunaire Muses-A/Hiten, satellite X Astro-D, lancé en 1993, et visant à l'étude des quasars, des noyaux galactiques et des galaxies actives comme les galaxies de Seyfert. Il est clair que les Japonais ne sont pas décidés à s'arrêter en si bon chemin. Ils comptent placer sur orbite, d'ici un an, une sonde radioastronomique dénommée Muses-B. Une fois mis à poste ce bizarre engin déploiera dans

qui affectent le cycle jour/nuit lunaires, ce qui peut parfois fausser les résultats, et à profiter des avantages de la faible conductivité thermique du sol lunaire au niveau des expériences. Lunar-A, une fois placée sur orbite basse sélène, expédiera trois pénétrateurs (qui seront disposés sur les deux faces de notre satellite), vers la surface, à une vitesse de 250 à 300 km/seconde. Ceci implique évidemment un système de protection durci pour les instruments scientifiques de mesure intégrés dans la structure de ces pénétrateurs. L'équipe du Dr Kawashima espère notamment des résultats probants au niveau de la sismologie et de la détermination de l'existence éventuelle d'un cœur métallique au sein de la Lune.

Pour ce qui concerne Mars, la limitation des capacités des actuels lanceurs nippons n'autorise pour l'instant que des projets d'une envergure relativement modeste. La capacité de transfert planétaire du H-II (2 tonnes) devra être utilisée au maximum pour l'envoi, dès 1997, de la petite sonde Planet-B. Ses objectifs principaux sont : l'observation de l'atmosphère martienne, la détermination d'un éventuel champ magnétique martien et son interaction possible avec le fameux « vent solaire », produisant ses effets pratiquement jusqu'au niveau de l'orbite de Neptune. Planet-B s'approchera au plus près de 150 km de la surface de Mars, avant de s'en éloigner puis de s'en rapprocher de nouveau. Il effectuera une cartographie de la surface martienne et des études approfondies des fameux vents de poussière, liés de façon saisonnière au cycle du dioxyde de carbone lors de la fonte partielle des calottes glaciaires de notre étrange voisine.

Le moins que l'on puisse dire c'est que les Japonais ont de la « suite dans les idées spatiales » et que, lorsqu'ils ont défini des objectifs, ils ne se laissent pas décourager par les obstacles. Le fait que de plus en plus d'acteurs industriels (dont la vocation initiale est parfois fort éloignée du domaine spatial) s'impliquent dans des réflexions à long terme, montre que les très grandes ambitions spatiales japonaises balisent très loin. ■

Le Japon et l'industrialisation en microgravité

La NASDA et les industriels japonais croient beaucoup en l'avenir de l'industrialisation en microgravité et ont participé à de nombreuses missions internationales dont certaines à participation japonaise majoritaire.

L'avenir de l'industrialisation en microgravité en tant que moteur d'un nouveau développement spatial est actuellement de plus en plus contesté dans les milieux spatiaux au point que certains considèrent, bien à tort, que « l'orbite basse est derrière nous » ou même « que nous n'avons rien à faire là-haut ». A l'heure actuelle, il apparaît que certaines études présentées il y a une dizaine d'années (étude de la société Rockwell sur le marché des semi-conducteurs, des verres optiques et des médicaments dans l'espace, études du Center for Space Policy ou de Microgravity Research Associated) étaient trop optimistes. En fait, elles ne se sont pas tellement trompées sur la dimension des marchés potentiels mais n'ont pas pris en compte le coût des techniques spatiales actuelles qui obèrent l'avantage de travailler dans l'espace (disparition des phénomènes de convection et de sédimentation). Ainsi, seuls les produits à coût massique élevé ou des produits à haute valeur impossibles à obtenir sur Terre restent intéressants.

Même si des systèmes « intermédiaires » du genre capsule récupérable (capsule américaine Westar, capsules russes KB-Saliout, Tekos, Almaz, Photon, Nika-T ou Ressours-F) peuvent être envisagées avec l'utilisation comme lanceurs de missiles démilitarisés ou en faisant appel aux capacités résiduelles inemployées de grandes coiffes lors de lancements de satellites (solution prônée par Roger Vignelles lorsqu'il était au CNES), il apparaît raisonnable de considérer que l'avenir de l'industrialisation dans l'espace est lié à la réduction du coût

du kilo en orbite et à l'arrivée de transporteurs spatiaux récupérables.

Néanmoins la plupart des grandes puissances spatiales, Etats-Unis, CEI, France, ESA, continuent à entretenir d'importants programmes de recherches sur les sciences des matériaux et les sciences de la vie : programme Spacelab, Eureka, IML,...

Il est très intéressant de constater que dans ce domaine les Japonais se sont engagés depuis longtemps dans les programmes internationaux en cours (sociétés Fujitsu et Toshiba dans des programmes de recherches sur la fabrication d'arséniure de gallium spatial AsGa, estimés à 500 millions de dollars) et qu'outre leur participation majoritaire au sein de programmes embarqués sur la navette américaine (programme japonais FMPT/Spacelab-J de septembre 1992, programme IML-2 en juillet 1994), les différents instituts de recherche nippons et les industriels de ce pays s'impliquent de plus en plus dans ce type d'activités. Ainsi la NASDA développe actuellement pour ce faire un programme de petits lanceurs à poudre, dénommé TR-1A, capables de placer sur une orbite basse des plates-formes expérimentales de 1,6 tonnes où sont intégrés des modules récupérables par parachute. De nombreuses institutions japonaises travaillent sur ce programme TR-1A et le programme de plate-forme SFU, ainsi que sur les programmes internationaux ou américains comme, par exemple, la mission navette STS-57 où quatre expériences japonaises ont été conduites à la demande de l'équipe du Dr Takegawa.

Les recherches japonaises sur la microgravité sont organisées autour de quatre groupes (Society of Japanese Aerospace Companies, Japan Microgravity Center, MC Lab. et Jamic) et impliquent de nombreux acteurs venus aussi bien des laboratoires universitaires que de l'industrie, et sont coordonnées par le SSUPO de la NASDA (pour les collaborations avec les Etats-Unis notamment), le MITI (qui les soutient financièrement) et le JAMMS lorsqu'il est fait appel à des astronautes japonais en tant que spécialistes charge utile. ■

LE PARI JAPONAIS SUR LE LONG TERME

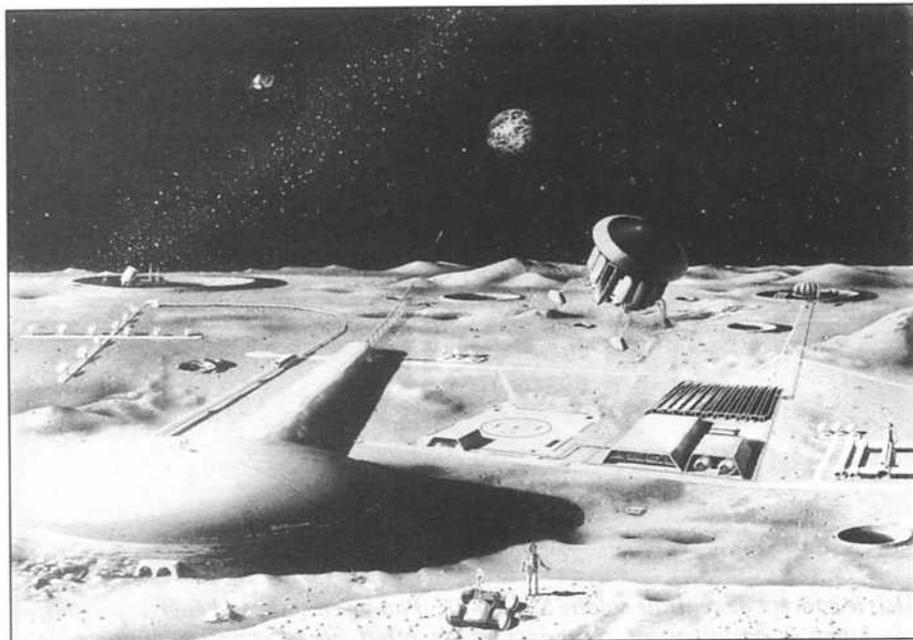
Centrales solaires et colonisation lunaire

Les études japonaises frappent par leur ambition et l'étendue de leur intérêt pour la colonisation lunaire. Elles montrent encore que le temps où les Japonais ne s'intéressaient qu'à la rentabilité immédiate est désormais très loin. Recherches fondamentales et à long terme sont désormais à l'ordre du jour.

A l'heure où la plupart des grandes puissances spatiales semblent réduire leurs ambitions pour les grands programmes, le Japon, de son côté, s'intéresse de plus en plus ouvertement aux possibilités offertes par l'industrialisation lunaire, à la fusion thermonucléaire (travaux sur le confinement inertiel, inspirés par l'Institute for Laser Engineering d'Osaka, laser Gekko-12 et projets Kongoh et Ashura du JAL) et aux centrales énergétiques solaires en orbite géostationnaire dont l'idée a été émise pour la première fois en 1968 par le pionnier Peter Glaser.

Depuis bien longtemps, et avant même d'avoir concentré leurs recherches dans le cadre d'un objectif précis, les Japonais de la NASDA, de l'ISAS, de divers laboratoires et des industriels réfléchissent aux possibilités offertes à long terme par l'hélium-3 lunaire, à des méthodes consistant à utiliser l'oxygène lunaire et des éléments comme le titane, le fer et l'aluminium pour développer, localement ou dans l'espace circumterrestre, des infrastructures et des systèmes industriels complets. Nombre de ces projets ont été présentés lors de réunions de la Société japonaise lunaire et planétaire, ou lors de colloques internationaux (IAF, SPS 91), et ont fait l'objet de comptes-rendus dans les pages de la prestigieuse revue nipponne *Science & Technology in Japan*.

L'examen de leurs projets, de plus en plus ouvertement affichés et qui passent inévitablement par le développement de lanceurs lourds dérivés du H-II, montre que les Japonais



Les Japonais pensent déjà à installer des activités scientifiques et industrielles sur la Lune comme vient récemment de le mettre en évidence le plan présenté par la « Société japonaise lunaire et planétaire ».

ne sont pas uniquement obnubilés par les perspectives offertes par les applications spatiales à court terme ou les seuls objectifs scientifiques que développe actuellement l'ISAS. Pour certains de ces projets, ils sont en train d'intégrer nombre des capacités technologiques qui font leur force, comme la robotique et la transmission d'énergie à distance, pour développer une stratégie lunaire originale tenant compte à la fois de leurs points forts et de leurs faiblesses en matière de lanceurs : d'où un choix, pour les premières étapes, en faveur de solutions robotiques préparant le débarquement ultérieur d'opérateurs humains.

Il semblerait (voir les études effectuées au MITI par Jun Okumura) que les Japonais aient parfaitement compris les avantages offerts par une base d'industrialisation lunaire et les dangers d'un choix exclusif en faveur des actuels moteurs du développement spatial. Ceux-ci n'offrent que des perspectives limitées à un certain niveau et impliquent, vis-à-vis des autres puissances spatiales, une stratégie purement concurrentielle (baisse des coûts à tout prix au niveau des systèmes à installer et du transport) qui pourrait s'effectuer au détriment d'objectifs, plus coûteux en investissements à court terme, mais plus porteurs et susceptibles de générer une nouvelle croissance économique à long terme.

Tout récemment la Société japonaise pour les activités lunaires et planétaires (lobby où sont représentés à la fois les milieux scientifiques et les industriels) a présenté à la Commission des activités spatiales (SAC) un plan par étapes dont les objectifs progressifs, de plus en plus ambitieux, sont conditionnés également par leurs progrès en matière de capacités de transport.

Dans un premier temps (d'ici 2005), cinq à six lanceurs H-II améliorés placeraient en orbite cislunaire des sondes de télédétection pour identifier certains sites, afin d'y déposer de petites stations et véhicules automatiques. De cette manière, ils dresseront une carte des « provinces métallifères » les plus intéressantes du point de vue de l'exploitation minière et des régions polaires. Ces dernières offrent de réelles perspectives pour des télescopes lunaires. De plus, il serait peut-être possible d'extraire « l'eau résiduelle » qui serait présente en profondeur dans le sous-sol sous forme de glaces souterraines, comme le pense l'astronome américain Thomas Gold.

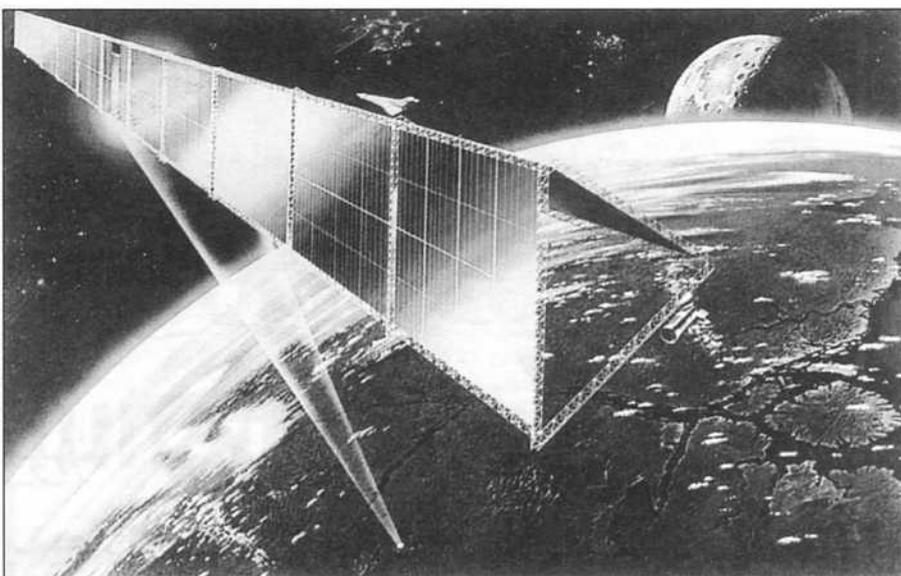
Une fois ce travail de prospection et de cartographie effectué, un appel massif à la robotique permettrait de déposer, sur notre satellite, des stations automatiques d'extraction d'oxygène et de séparation des minerais de leur gangue avant traitement.

L'objectif évident est de pouvoir disposer par ce biais d'une certaine masse critique d'éléments traités et de produits semi-finis pouvant « être mis en réserve » pour les étapes suivantes... Ensuite, des systèmes de survie seraient débarqués à la surface de la Lune, comprenant des habitats provisoires gonflables et du matériel lourd compact et déployable.

Dans une troisième phase (vers 2015), des dérivés de la H-II et des lanceurs lourds débarqueraient des opérateurs humains spécialisés qui pourraient disposer alors de « systèmes clés en mains », utilisables rapidement et construiraient la première base lunaire habitée japonaise. Dans un premier temps, celle-ci pourrait abriter six hommes et serait extensible, à la manière d'un « jeu de lego », au fur et à mesure des besoins induits par la construction d'importantes infrastructures orbitales circumterrestres ou l'assemblage de centrales solaires géo-orbitales SPS.

Dans ce dernier domaine, les Japonais ont déjà investi beaucoup d'énergie au niveau des technologies impliquées, en réévaluant à la hausse le projet Sunshine du MITI (développement de systèmes de générateurs de puissance pour cellules solaires, de cellules solaires à haute efficacité) et avec des programmes souvent financés sur fonds propres par de nombreux groupes industriels (Sanyo Ele-

cruc Co, Hitachi Ltd, NEC, Toshiba, MHI, Mitsubishi Electric Corp., Sharp Co, Nippon Mining Co Ltd,...) Il n'est pas inutile non plus de signaler qu'en matière de transmission d'énergie à distance (laser et micro-ondes), et de systèmes conversion/transmission (magnétrons, klystrons, tubes à ondes progressives), le Japan Electrotechnical Laboratory reste actuellement la seule institution dont le niveau de compétence puisse se comparer aux Américains de Raytheon. D'autre part, des équipes mixtes (ISAS, NAL, Mitsubishi Electric Corp) avec des chercheurs comme Tatsuo Yamanaka, K. Kudiki, M. Nagatomo et H. Saito sont en train de suivre la même voie. Organisées par l'ISAS (R. Akiba), l'Université de Kobe (N. Kaya) et l'Université de Kyoto (H. Matsumoto), des expériences de transmission seront effectuées au cours des prochaines années à partir de la plate-forme spatiale japonaise SFU. A un peu plus long terme des expériences de démonstrateurs miniatures (projets METS) seront lancées sous l'égide de chercheurs de l'ISAS (N. Nagatomo et



Ici, le concept de centrale solaire SPS 2000. Pauvre en sources d'énergie fossiles, le Japon a parfaitement compris l'intérêt offert par l'espace en matière de production énergétique solaire spatiale.

A. Akiba) et de l'Université d'Hokkaido. D'autres recherches sont également poursuivies sur les rendements de conversion des antennes de réception situées au sol (« rectennas ») par

une équipe de l'Université d'Hokkaido (K. Itoh et Y. Ogawa). A qui fera-t-on croire que les Japonais ne sont intéressés que par la rentabilité immédiate ? ■

Références à consulter pour mieux comprendre les motivations du programme spatial japonais

• sur les programmes spatiaux japonais en général

- Revue *Science & Technology in Japan*.
- NASDA Report, 1992-1993-1994.
- J. Villain (AAAF), *Le Japon Spatial*, avril 1991.
- MITI/SAC, *Visions à long terme sur le programme spatial japonais*, 1983.
- SAC, *Outlines of Japan's Space Development Policy*, 1984.
- Ph. Jamet, « Le programme spatial japonais : un défi à prendre en considération », *Nouvelle Solidarité*, 14 juin 1991.

• sur les programmes de lanceurs de la NASDA

- Rocket System Corp., *Space Transportation Entering New Era*, 1990.
- T. Matsuda, M. Miyazawa et S. Nio, *Japan's Current and future Launch Vehicles for Space*, NASDA Rocket System Group, 1982.
- Ph. Jamet, « Succès du lanceur japonais H-II : première étape d'un programme spatial ambitieux », *Nouvelle Solidarité*, février 1994.

• sur les programmes en microgravité

- IHI -Space Development Division, *Promotion of Space Environment Utilisation*, 1991.

• sur les ambitions japonaises en matière de colonisation lunaire et de centrales solaires SPS

- ISY-METS, SPS Working Group-ISAS, 1991.
- ISAS METS, *Advanced technology Experiment on board Space Flyer Unit- Microwave Energy Transmission in Space*, mars 1988.
- N. Nagatomo, *An evolutionary satellite power system for international demonstrator in developing nations*, ISAS, 1986.
- ISAS, *Science Report N. 633*, 1988.
- « Rectenna Composed of circular Microship Antenna », *Space Power*, 6/1986.
- « The Perspectives of the Futures Space Activities », *Revue Science & Technology in Japan*, décembre 1993.