

L'Europe va-t-elle décrocher la Lune ?

Depuis la mission Apollo 17, en 1972, aucun astronaute n'a foulé les étendues désertiques du sol lunaire. Mais depuis quelque temps, on reparle beaucoup de la Lune et on ressort les projets des cartons. Fait intéressant : la Division des programmes scientifiques de l'ESA semble vouloir relever le défi.

Reportons-nous un certain nombre d'années en arrière, tout au début des années 80 : la toute jeune Agence spatiale européenne (née d'une décision prise à Bruxelles en 1972) se bat corps et âme pour donner à l'Europe une certaine forme d'indépendance en matière de lanceurs, de satellites technologiques et d'applications. Son programme de satellites astrophysiques et de sondes scientifiques a déjà permis aux Européens de se positionner en partenaires incontournables de grands projets internationaux en cours de développement, comme le télescope spatial Hubble. Et les idées ne manquent pas au sein de la Division des programmes scientifiques de l'ESA.

La grande affaire du moment, qui alimente les débats au sein de l'Agence et des nombreux laboratoires impliqués dans ses programmes, consiste à effectuer un choix douloureux en ce qui concerne le projet de « futur grand satellite européen ». L'apport des techniques spatiales à la recherche astrophysique n'est plus à démontrer mais entraîne également une augmentation considérable des coûts, d'où des grincements de dents au

Philippe Jamet

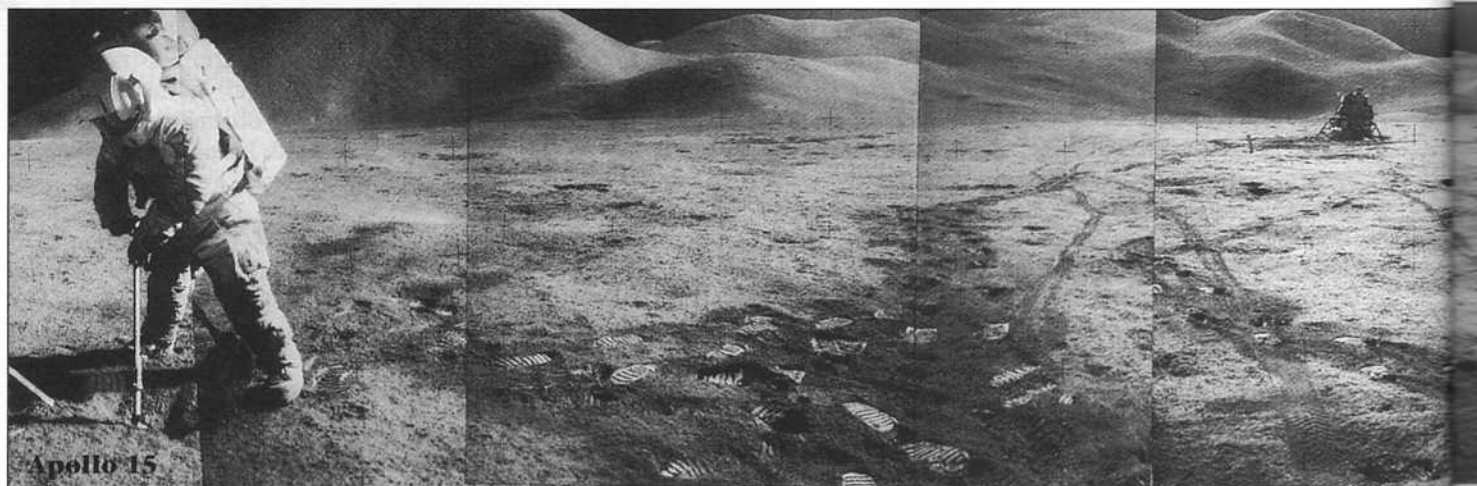
moment des décisions lorsqu'il faut trancher en faveur d'un projet au détriment d'autres tout aussi porteurs...

Soutenus par les diverses équipes impliquées, six projets (Iso, Magellan, Kepler, X-80, Disco et Polo) sont en concurrence et, l'histoire se répétant, l'ESA se trouve confrontée à une situation similaire à celle de 1993, lors du choix de la mission de satellite gamma Integral. De ces six projets ce fut Iso qui l'emporta. Cette mission, qui doit être mise en œuvre en 1995, consiste à lancer un grand satellite consacré à la photométrie et à la spectroscopie des sources galactiques et extra-galactiques en infrarouge. Mais parmi les projets qui furent écartés à l'époque au profit d'Iso, il en est un qui doit retenir notre attention : le projet Polo de sonde orbitale polaire lunaire.

Depuis cette époque, il ne fut plus jamais question de la Lune dans les programmes officiels de l'ESA, même si quelques-uns de ses plus brillants spécialistes (Jacques Collet, Heinrich

Pfeffer) intégraient parfois, lors de colloques spécialisés, leurs réflexions dans le cadre de perspectives visant à profiter de l'environnement et des ressources lunaires. Toutefois, au sein de l'Agence, les anciens partisans du programme Polo rongeaient leur frein, n'attendant qu'une occasion pour proposer des idées nouvelles et ressortir de vieux projets des cartons.

La crise de confiance qui a ébranlé l'ESA, à la suite de la dissolution partielle du programme adopté à La Haye en 1987, et la prise de conscience de la nécessité « d'un nouveau départ » allaient fournir les arguments convaincants à la Direction de ses programmes scientifiques. Les collaborateurs de Roger-Maurice Bonnet (Directeur des programmes scientifiques) estiment, à juste titre, que les perspectives offertes aux Européens de s'inscrire en partenaires crédibles d'un grand projet international n'ont jamais été aussi grandes qu'actuellement. En effet, la crise économique et financière mondiale réduit les possibilités pour l'Europe de mener par elle-même des projets que seules les deux grandes puissances spatiales dominantes russes et américaines pouvaient, auparavant, envisager. Mais,



Apollo 15

ajoutent-ils, l'Europe dispose déjà d'une certaine capacité dans les technologies impliquées, par exemple, par un programme lunaire.

Première étape de ce réveil, l'année 1992 où l'ESA sort un volumineux rapport élaboré par son Lunar Study Steam Group et dénommé *Mission to the Moon*. Déjà, le langage tenu apparaît tout à fait nouveau en Europe et l'examen de la composition des douze commissions spécialisées constituées (on a fait appel aux meilleurs spécialistes européens), et celui des réflexions élaborées en leur sein, montre que l'affaire est peut-être sérieuse et dépasse déjà le stade de projet simple ! Mais c'est en 1994 que ces réflexions commencent à vraiment prendre corps dans des projets précis et, au cours du mois de juin dernier, l'ESA passe à la vitesse supérieure en organisant, à Beatenberg en Suisse, un « Atelier international sur les plans actuels et futurs d'étude et d'exploration de la Lune » avec une importante participation américaine, russe et japonaise. Selon Roger-Maurice Bonnet et J.J. Dhordain, le Plan soumis par l'ESA à ses partenaires éventuels obéit à un certain nombre de motivations scientifiques (utilisation des ressources lunaires dans l'optique d'un soutien aux activités scientifiques), mais aussi économiques et sociales. Les grands projets précédant les missions martiennes doivent être internationalisés si on veut les maintenir dans des limites de coûts acceptables et un grand projet lunaire nous offre une occasion unique de multiplier les défis sur le plan technologique : protection des instruments con-

tre des variations thermiques de plusieurs centaines de degrés, protection contre les particules du vent solaire, robotique, télécommunications à haut débit de données, systèmes de survie et de recyclage dans le cas de l'installation d'une base habitée, petite activité industrielle pour fournir les éléments de base indispensables à la station lunaire et à la fabrication locale d'un certain nombre d'instruments.

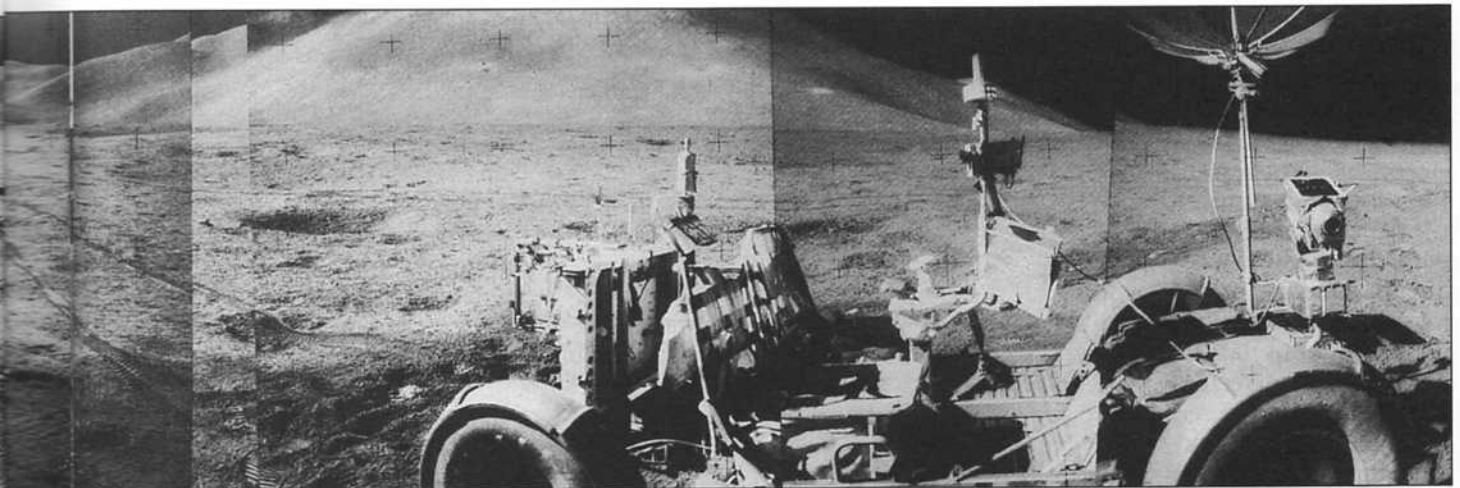
Un programme en quatre étapes

A partir des conclusions émises par les commissions mises en place par le Lunar SSG sur un certain nombre de domaines porteurs (planétologie, nature et origine de la Lune, astronomies optique, gamma, X, UV et radioastronomie, études de physique héliosphérique à partir du sol lunaire, physique des particules, sciences de la vie, utilisation potentielle de l'hélium-3 lunaire pour l'énergie de fusion), les spécialistes de l'ESA ont proposé à Beatenberg une stratégie en quatre étapes. Cette approche doit être en symbiose avec un programme de développement des technologies correspondant à chacune de ces étapes, dont la dynamique soit susceptible d'entraîner des retombées dans les secteurs de la recherche et industriel.

Dans un premier temps, et profitant des capacités du futur lanceur Ariane-5 en orbite de transfert lunaire (800 kg dont 250 kg de charge utile

scientifique à la surface de notre satellite, 1500 kg avec des systèmes d'appoint), l'ESA serait en mesure de s'engager seule sur le chemin à suivre, en engrangeant l'acquis de cette phase comme « ticket d'entrée » à un programme international élargi. Cette stratégie offensive et le refus de l'attentisme vont pouvoir peser de manière plus réaliste sur les évolutions ultérieures. Roger Bonnet et son équipe ont décidé de s'appuyer tout d'abord sur des sondes orbitales (projet Moro d'Orbiter polaire) puis sur des modules d'atterrissage fixes et des modules mobiles (sondes automatiques contrôlées en temps réel) dans le but de faire progresser les connaissances d'ensemble de notre satellite qui restent très incomplètes malgré le programme Apollo, d'acquérir une connaissance détaillée de sa surface et de faire un inventaire précis et cartographié des sites les plus intéressants à utiliser, à la fois sur le plan scientifique et sur le plan des ressources locales utilisables.

Dans une seconde étape, et après une phase intermédiaire où les Européens auraient engagé un projet autonome de « démonstrateur technologique » (projet Leda) destiné à valider les concepts choisis pour les observations scientifiques et l'extraction des ressources lunaires, les Européens s'engageraient dans une coopération accrue avec les autres grandes puissances spatiales, au prix d'un apport considérable de techniques robotiques et de téléprésence. On verrait alors les premiers observatoires géologiques et sismologiques, et de petits télescopes et radiotélesco-



pes pré-montés installés automatiquement sur la Lune.

L'acquis scientifique et technologique de cette étape (notamment en matière de systèmes de production d'énergie, d'extraction et de traitement d'oxygène, d'extraction de minerais) permettrait alors de lancer la troisième étape. Elle consisterait à installer automatiquement de grands télescopes et radiotélescopes, des constructions préfabriquées susceptibles de servir d'abris temporaires pour de futurs séjours d'astronautes et des systèmes capables de fabriquer une masse critique suffisante de produits semi-finis, rapidement utilisables par des astronautes débarquant sur la Lune, avec des instruments sophistiqués pour une mission temporaire. La base lunaire serait installée ultérieurement avec ses systèmes de survie et de recyclage, ses petites unités industrielles, ses spécialistes scientifiques. Fait intéressant à noter, alors que dans ses réflexions premières sur le projet il n'était presque pas question de développement économique (même si la question de l'hélium y était largement évoquée), la Direction des programmes scientifiques de l'ESA semble s'orienter vers une stratégie plus « fluide » et plus « hybride ».

L'ESA envisage donc des activités de type industriel dépassant les besoins purement locaux, « à condition que celles-ci ne contribuent pas à altérer le milieu lunaire et à créer un anneau de poussières en suspension susceptibles de nuire aux observations astronomiques », possibilité qui doit être effectivement

prise en considération. Les responsables européens sont donc parfaitement conscients que le coût élevé d'une mission de débarquement lunaire (10 milliards de dollars pour seulement deux astronautes) les pousse inéluctablement à développer localement un système semi-autarcique, réduisant au maximum les importations terrestres. Ainsi, pour asseoir un programme scientifique d'envergure, on ne peut négliger la création d'un petit système industriel exportant des produits sophistiqués de haute qualité (structures pré-montées en titane, instruments d'optique fabriqués sur la Lune grâce aux conditions locales favorables, moteurs thermogéniques pour les vaisseaux effectuant le trajet orbite cislunaire/orbites terrestres). Il semble que l'on ait compris la nécessité d'élaborer des garde-fous afin d'éviter la situation dangereuse dans laquelle un programme lunaire poursuivi à de seuls fins scientifiques pourrait être remis en cause, sous prétexte fallacieux de « non-rentabilité », par une décision d'un pouvoir politique n'ayant pas totalement compris les implications de la conquête de l'espace !

L'ESA vient d'engager une dynamique porteuse qui demande toutefois à être concrétisée au niveau du prochain Conseil des ministres européens de 1995 consacré à l'espace. Nos ministres pécheraient par myopie et irresponsabilité s'ils ne donnaient pas leur aval et les moyens indispensables au programme concocté par Jean-Marie Luton et Roger-Maurice Bonnet.

Un laboratoire scientifique d'avenir

Avec un satellite de taille aussi importante (1/81ème de la masse de la Terre) et relativement facile d'accès du point de vue de la durée du trajet, il n'est pas exagéré de dire que l'espèce « Homo Sapiens » a hérité d'une situation « bénie des Dieux », dont elle n'a peut-être pas encore saisi toutes les implications...

Outre des possibilités d'utiliser ce satellite naturel de la Terre, grâce à sa faible gravité, comme tremplin pour une extension de ses activités dans le système solaire, l'espèce humaine doit probablement à la magnifique « Séléné » de nos télescopes le fait de pouvoir actuellement se poser des questions sur elle-même, ses origines et le système solaire lui-même. Pour de nombreux scientifiques, il semble en effet acquis que le phénomène des marées, induit par l'attraction de notre satellite sur les masses marines, a du jouer un rôle non négligeable dans le développement de la vie. En créant une alternance milieu sec et milieu humide, la Lune aurait provoqué, sur les franges des plages, l'évolution des « coacervats » venus de la mer vers des agrégats plus complexes et plus aptes à franchir les barrières encore mal définies qui mènent de l'inanimé au vivant. Lune et comètes (celles-ci par un apport massif d'eau et de molécules organiques) seraient donc les éléments cosmiques moteurs et accélérateurs d'un processus, probablement inéluctable, mais qui

autrement se « *serait traîné comme un escargot* », pour reprendre les termes du journaliste scientifique américain Walter Sullivan.

Tout aussi intéressant, et du fait de son absence d'atmosphère, la Lune n'a pas été affectée, comme la Terre, par les processus d'érosion hydraulique et éolienne et sa situation de « corps figé », depuis des milliards d'années, nous laisse entrevoir la possibilité d'y détecter les traces des phases d'évolution vers le stade de corps planétaire qui ont eu lieu immédiatement après le processus normal d'accrétion, à partir de petits corps nommés « planétésimaux ». Ceux-ci sont eux-mêmes issus des poussières primitives qui ont donné naissance au système solaire. Autre sujet d'intérêt, cette fois-ci pour les géologues : du fait de sa faible gravité, notre satellite n'a pas subi le processus géologique dit de « différenciation » qui entraîne, sur une planète tellurique de taille importante, les éléments lourds vers les profondeurs : sur la Lune ceux-ci sont restés en surface et dans la croûte ! La Lune se présente comme un curieux « compost » dont le « soudage » des éléments est assuré par le vide qui règne dans ce milieu (10^{-13} torr). Les éléments de surface sont recouverts par une épaisse couche de poussière (régolite), composée à 35% de petites particules inférieures à 50 microns. La proportion de verre magnétisé et aussi de fer est telle qu'il serait possible de séparer ceux-ci des autres éléments du régolite, par de simples méthodes hydrostatiques.

Çà et là, de gros blocs rocheux, et aussi des pierres de petite taille, émergent au milieu de ce régolite. Il serait intéressant de savoir comment ils se sont formés, s'ils sont le résultat des processus d'accrétion primitifs ou les témoins et vestiges de phénomènes géologiques antérieurs aujourd'hui disparus. La réponse à ces questions serait la clé qui nous permettrait de comprendre à quoi correspondent aujourd'hui la sismologie lunaire, le bilan thermique interne de la planète, le pourquoi de la formation du régolite, en dehors d'un apport évident de poussières météoritiques et cométaires. En comparant les don-

nées correspondantes à celles d'échantillons témoins du passé, il serait peut-être possible, en comprenant leur évolution, d'apporter une réponse plus solide aux questions relatives à la nature réelle de notre satellite et de son origine encore mal cernée.

Curieusement, ces études géologiques et géochimiques pourraient également servir aux astrophysiciens. En effet, nombre d'événements passés ont été « mémorisés » par les roches lunaires qui ont « piégé », pendant des milliards d'années, certaines particules émises par le vent solaire (hélium-3, atomes ionisés d'azote, de carbone et d'hydrogène). La détermination des variations émises et des « signatures géologiques » pourrait nous apporter des connaissances précieuses sur les cycles d'évolution passés de notre Soleil. Pas de doute, sur la Lune, la science sera pluridisciplinaire ! Et le caractère « figé » de ce singulier environnement satellitaire offre également des perspectives pour faire progresser l'étude historique et chronologique de l'impactisme cométaire et météoritique, dont la Terre ne garde en mémoire qu'une partie, en raison de la présence de son atmosphère et de ses importants phénomènes d'érosion géologique, éolienne et hydraulique. Pour toutes ces raisons les scientifiques ont toutes les justifications pour prôner un retour à la Lune, mais ils ne sont pas les seuls !

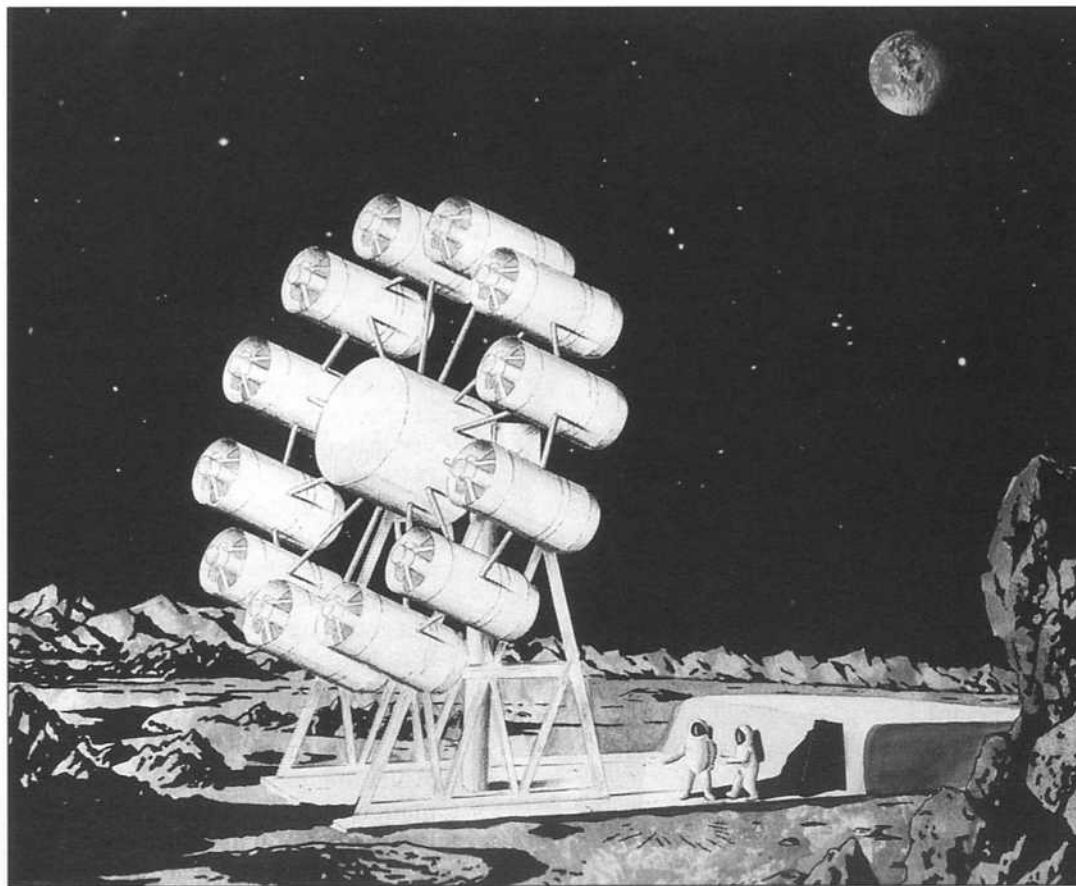
Des perspectives fantastiques

Les spécificités de l'environnement lunaire sont telles, incomparables avec un quelconque autre lieu du système solaire, que l'on comprend pourquoi les scientifiques veulent monopoliser à leur profit exclusif les programmes d'implantation et attendent, semble-t-il à juste titre, l'attention sur la nécessité de protéger le fragile environnement lunaire contre toute forme d'activité mal conçue et mal réfléchie. Il y a en effet aussi d'autres justifications que les activités scientifiques à des implantations permanentes sur notre satellite. Il ne

sera évidemment pas facile de concilier les motivations des uns et des autres à moins d'étudier rapidement les solutions que la science et la technologie peuvent offrir pour contrebalancer certains effets, nocifs pour les activités astronomiques notamment, d'une activité industrielle intensive en milieu lunaire. Dans ce domaine, hélas, la réflexion n'en est encore qu'au stade des balbutiements, alors que le temps presse.

En matière scientifique la motivation la plus profonde à un retour sur la Lune concerne bien sûr les divers types d'astronomie et de radioastronomie puisque, sur notre satellite, l'accès à toutes les variantes des spectres électromagnétique, particulière et du rayonnement cosmique est assuré sans obstacle, grâce à l'absence d'atmosphère. Cet avantage est permanent sur la face cachée de notre satellite : la Lune effectue ses révolutions sidérales et orbitales dans le même temps (27 jours) et cette situation protège en permanence plus de 40% de la surface lunaire des ondes visibles, radio, naturelles et artificielles provenant de la Terre. La faible gravité lunaire (1/6ème de la gravité terrestre) permettrait de construire des télescopes dotés de miroirs gigantesques (sans déformation), des radiotélescopes encore plus grands que ceux d'Arecibo ou d'Eiffelberg, des interféromètres à faire pâlir d'envie les concepteurs du Very Large Array américain, le tout avec une résolution angulaire impossible à obtenir même dans l'espace pour des raisons de stabilité et de facilité de pointage des instruments.

La Division des programmes scientifiques de l'ESA réfléchit à la possibilité d'installer sur la Lune des télescopes multi-miroirs et cherche à se positionner sur les futurs programmes internationaux en cours de discussions. En fait, c'est depuis le début des années 60 que des astrophysiciens de grande réputation, comme Lyman Spitzer (« inventeur » du télescope spatial Hubble ou Agnek), réfléchissent à des concepts de télescopes lunaires. Certains comme Narodny et Zwicky, celui-ci plus connu pour ses études sur les étoiles à neutrons et la matière noire, ont même



La Division des programmes scientifiques de l'ESA réfléchit à la possibilité d'installer sur la Lune des télescopes multi-miroirs de ce type.

déposé aux Etats-Unis des brevets pour la fabrication « in situ » d'instruments astronomiques spécialement adaptés à l'environnement lunaire.

Selon l'ESA, « la construction de systèmes radioastronomiques avec de larges antennes, des télescopes à miroirs géants, les observations sur les basses fréquences du spectre électromagnétique et le développement de l'interférométrie dans les domaines spectraux de l'ultraviolet et du submillimétrique, nous ouvriront de nouvelles fenêtres sur l'Univers et auront des conséquences et des impacts sur tous les champs de recherche de l'astronomie et de la radioastronomie ». Toutefois, ces fameuses « spécificités de l'environnement lunaire » (absence d'atmosphère, plate-forme naturelle à faible gravité et faible rotation qui constitue un avantage phénoménal à la fois pour la taille des instruments et la simplicité de leur système de pointage, vide parfait de 10^{-13} torr, alternance régulière de basses et hautes températures, absence de champ magnétique notable) justifient également l'installation d'autres disciplines sur la Lune que celles liées à la connaissance de l'Univers observa-

ble. Parmi celles-ci, on peut mentionner : des expériences d'étude du comportement particulier de la matière en ultra-vide et faible gravité, la supraconductivité, des accélérateurs de particules à ciel ouvert, la physique atomique et moléculaire, production de champs magnétiques intenses, la fusion thermonucléaire, la radiobiologie et la mesure des impacts des rayonnements sur les systèmes biologiques, c'est-à-dire de leur « efficacité biologique relative », exobiologie, recherches sur des systèmes agricoles en milieu clos et recyclé,...

Devant ces perspectives prodigieuses permises par cet incroyable environnement, on peut d'ores et déjà se poser une question : que vaudront un jour nos recherches poursuivies en milieu terrestre, sur tous ces domaines impliqués, en comparaison de leurs homologues lunaires ? En attendant, les scientifiques des diverses disciplines attirés comme par un aimant vers la Lune doivent d'ores et déjà comprendre que, pour assurer le succès de la stratégie qui apparaît possible aujourd'hui, il leur faudra « ratisser large », jeter au panier toute

attitude corporatiste, et ne pas jouer les uns contre les autres aux « Armagnacs et aux Bourguignons » ! Le devenir de l'Homme est lié aussi à l'attitude des laboratoires. ■

A lire, pour ceux qui veulent pénétrer, sans effraction, dans le domaine lunaire :

- Report of the Lunar Study Steering Group - ESA SP-1150, *Mission to the Moon*.

- Jacques Collet et M. Lyonnet du Moutier, « Using Lunar Resources - The Next Step » in *ESA Bulletin 77*.

- Guy Pignolet de Sainte-Rose, *La conquête industrielle du système solaire*, Science et Découverte, Editions du Rocher, 1986.

- DER/EDF, *L'Energie de l'espace*, tiré à part Courant/Der, numéro 44.

- Philippe Jamet, *Perspectives à long terme de la colonisation de la Lune, des Points de Lagrange et des astéroïdes : Utopie ou réalité de demain ?*, mémoire STS/CNAM, 1984-85.

- Philippe Jamet, « Tirer la croissance économique par la conquête de l'espace », *Fusion*, numéro 41, juin-juillet-août 1992)