

PROGRAMME FAST II (1984-1987)

Prospective et évaluation
de la science et de la technologie

L'ECOSYSTEME TERRE-ESPACE

VERS UNE ANTHROPOLOGIE SPATIALE

DOSSIER EXPLORATOIRE 4

Bruxelles, décembre 1987

TABLE DES MATIERES

	page
<u>Introduction</u>	2
 <u>PREMIERE PARTIE - LA COLONISATION DE L'ESPACE ; SITUATION ET PROJETS - UN BREF RAPPEL</u>	
1. ETAT ACTUEL DES ACTIVITES SPATIALES.....	4
2. LES GRANDS PROJETS.....	11
2.1. Les objectifs : Lune, Station orbitale Mars.....	11
2.2. Les moyens techniques : vers des sciences de base nouvelles.....	14
 <u>DEUXIEME PARTIE - ELEMENTS D'UNE ANTHROPOLOGIE SPATIALE</u>	
3. EFFETS ANTHROPOLOGIQUES DE LA COLONISATION DE L'ESPACE.....	23
3.1. Le point de vue terrestre en mutation. Une symbolique nouvelle.....	25
3.2. Quelles conditions de vie nouvelles comporte la présence humaine dans l'Espace ?.....	27
4. PERCEPTIONS ET MOBILISATIONS.....	38
4.1. Des changements possibles dans la perception du "politique" ?.....	38
4.2. Source d'un mobilisation culturelle.....	40

M Conclusion : L'écosystème Terre-Espace..... 45

Introduction

Considéré comme faisant partie des techniques de pointe du 20/21ème siècle, l'Espace y occupe une place intéressante. En effet, ces techniques spatiales peuvent être classées en quelques grands domaines : celles dérivées de la physique et de la chimie (matériaux, électronique, optoélectronique), les biotechnologies, et les sciences cognitives. Ces techniques, en particulier par les services (télécom, etc) qu'elles permettent, ont non seulement un impact économique, mais aussi elles contribuent à modeler notre mode de vie. Mais leurs effets ne s'arrêteront pas là. Elles auront aussi des conséquences sur les fondements-mêmes de la vie ; elles sont aujourd'hui perçues comme légèrement inquiétantes puisque les sciences de la vie (procréation artificielle, génie génétique) touchent à l'intégrité de notre corps, alors que les sciences cognitives forcent à s'interroger sur les fondements de la pensée. Le cas de l'Espace, lui est différent : d'une part il intègre un très grand nombre de techniques, plutôt que d'être une technique en lui-même ; d'autre part par les perspectives de "Colonisation" du système solaire c'est un domaine connoté plus positivement car offrant une possibilité d'expansion spatiale de la vie.

Les techniques spatiales offrent ainsi la perspective de nouvelles conditions de déploiement de l'activité humaine, voire des nouvelles conditions de vie.

Il est utile de réfléchir dès maintenant à leurs conséquences anthropologiques car

- d'une part, il s'agit éventuellement de prévenir les effets négatifs sur le plan de la nouvelle condition spatiale des humains qui y participent

- d'autre part, les aspects positifs peuvent être utilisés comme facteurs d'une mobilisation culturelle destinée à soutenir l'effort nécessaire au développement des activités spatiales.

L'espace a deux types d'impacts sociétaux

1) bénéfiques immédiats dans les domaines économiques et de la qualité de la vie

2) impact sur les mentalités par le biais d'une appréhension globale des problèmes terrestres (climatologie, environnement...) et des perspectives d'occupation humaine du système solaire : nous proposons d'appeler ce dernier ensemble d'incidences sociétales "Anthropologie Spatiale".

Le présent document se propose de développer principalement le deuxième point. Il montrera qu'un "Anthropologie spatiale" ne présente pas seulement l'intérêt intellectuel d'une prospective à long terme, mais que utilisée intelligemment et à bon escient, elle peut servir de puissant ferment pour mobiliser les énergies en vue de renforcer l'Europe face à ses partenaires internationaux.

De plus, il s'agira de ne pas séparer les impacts sociétaux des aspects techniques des activités spatiales ; au contraire, la philosophie constamment présente en filigrane ici sera d'unifier les aspects techniques et anthropologiques.

Nous serons ainsi amenés à introduire la notion "d'écosystème Terre-Espace" ; écosystème à un double titre :

- comme système de circulation de matériaux et d'information entre la Terre et l'Espace
- comme système d'interactions entre les aspects techniques et anthropologiques de l'exploration spatiale.

Mais avant de développer l'Anthropologie Spatiale, rappelons les bases techniques sur lesquelles elle pourra s'appuyer.

PREMIERE PARTIE : LA "COLONISATION" DE L'ESPACE - SITUATION ET PROJETS - UN BREF RAPPEL

1. ETAT ACTUEL DES ACTIVITES SPATIALES

A une époque où tout va vite, l'Espace se distingue par une grande lenteur et une grande inertie des actions entreprises. Dans ce domaine, "aujourd'hui" signifie dans 10 ans et ce qui va se passer dans 20 ans porte le nom de "demain", tout au plus celui "d'après demain". C'est pourquoi sont décrits comme une réalité actuelle les projets décidés ou en passe de l'être qui occuperont la prochaine décennie.

Dans la phase actuelle, les activités spatiales sont caractérisées par l'intégration de nombreuses techniques et par des activités civiles variées. Ces activités sont bien connues de sorte qu'il suffit de les rappeler brièvement.

Sur le plan technique on peut répertorier :

- les matériaux
- la propulsion chimique "cryogénique"
- l'électronique
- la robotique
- les techniques de réception/transmission de signaux optiques, infrarouges, radio
- les instrumentations scientifiques variées.

Sur le plan scientifique, l'apport de l'Espace est très important

- en astronomie/astrophysique/planétologie
- en physique des plasmas
- en sciences de la microgravité (physico-chimie des matériaux, biologie, dynamique des fluides)

Par les techniques sur lesquelles il s'appuie, l'Espace permet la mise en oeuvre de 5 types d'activités civiles :

■ La Science pure (astronomie principalement, mais aussi sciences du milieu spatial (plasma interplanétaire et microgravité)

Dans ce cas le bénéfice immédiat est intellectuel : le développement du savoir pur. Ce but sert par ailleurs de stimulant pour développer de nouvelles techniques. Ce programme est synthétiquement présenté dans le rapport "Horizon 2000" de l'ESA.

■ Les télécommunications. Elles sont utilisées dans des configurations variées :

- communications de point à point
- irradiation de larges zones
- communications à point terrestre mobile
- communications entre satellites

Elles mettent en jeu tout le domaine de l'électronique et de recherches technologiques avancées (programme PSDE : Payload and Spacecraft Development and Experimentation de l'ESA) comme la communication laser entre satellites.

■ La télédétection. Là aussi le champ des techniques connaît une grande diversité. Les satellites d'observation sondent en permanence dans les domaines visibles, infrarouge et radio (radar).

- les terres émergées

- Les océans
- L'atmosphère

En Europe ces activités font l'objet de diverses réalisations dont les principales sont : SPOT, METEOSAT, ERS (European Remote Sensing) etc.

Quelques utilisations des observations de la Terre.

- la météorologie
 - la cartographie
 - la géologie
 - la détection des ressources minérales naturelles
 - l'hydrologie et la glaciologie et leur évolution
 - l'inventaire des forêts
 - la détection des catastrophes (incendies ...) et de la pollution naturelles ou produites par l'Homme
 - la climatologie
 - l'activité des populations
 - la détection des icebergs
-

Il est inutile d'insister sur les impacts économiques de ces activités. Arrêtons-nous plutôt sur leurs applications sociales.

L'énumération, un peu hétéroclite, précédente ne rend pas compte de la diversité de ces applications. A côté des grandes entreprises systématiques comme la météorologie, la cartographie, il y a de nombreuses actions ponctuelles dont on ne peut citer que quelques-unes. Elles concernent :

- les problèmes de santé (par exemple, études épidémiologiques en vue de la prévention de maladies)
- la lutte contre la faim (observation de la désertification)
- la lutte contre les parasites en agriculture (surveillance des conditions favorables à leur propagation)
- la cartographie agricole en vue de contribuer au système communautaire d'information agricole
- l'agrométéorologie (prévision des dates optimales de semailles et de récolte)
- la lutte contre la drogue (détection des plantations clandestines)
- prévention des dangers (cyclones, icebergs)

M. Les lanceurs. Sur le plan de la logique du système économique, ce secteur vient en amont des précédents qui sont ses clients. On connaît la différence de stratégies entre l'Europe et l'URSS d'une part, qui ont développé des lanceurs non récupérables, et les USA qui ont développé un grand lanceur lourd presque entièrement récupérable, la Navette spatiale (Shuttle). L'accident de Challenger retarde de 3 à 4 ans l'ensemble du Programme Spatial Occidental.

Pour l'Europe, la Conférence ministérielle de l'ASE (Agence Spatiale Européenne) de novembre 1987 a décidé officiellement le lancement du programme de la navette Hermès (qui devrait être lancée en 1995 environ) et d'Ariane V.

L'URSS de son côté possède de puissantes fusées Proton et Energia et achève la mise au point d'une navette. Quant au Japon, il développe un lanceur lourd du type Ariane 4 et propose des mini-fusées pour charges légères.

A. L'horizon 1995-2000, les USA et l'Europe étudient des lanceurs récupérables pouvant mettre des charges légères et des hommes en orbite (et pouvant préfigurer le transport civil via l'Espace). Il s'agit de Shuttle II et du NASP (National Aerospace Plane) aux USA, de Hotol, Sänger en Europe. On ne peut totalement en dissocier les projets d'avion hypersonique comme l'AGV.

L'ESA doit démarrer à la fin de 1987 un programme FESTIP (Future European Space Transportation Infrastructure) destiné à proposer le lancement du FEL (Future European Lancher), Hotol, Sänger ou autre.

Il est à noter que dans tous ces cas la propulsion est encore exclusivement chimique.

¶ La microgravité. Il est usuel de citer dans le domaine des applications civiles la fabrication en orbite de matériaux produits en quasi apesanteur ("microgravité"). Des expériences préliminaires, aux résultats très moyens, ont eu lieu dans la Navette américaine. Il faut reconnaître qu'on en est encore au stade de l'expérimentation de laboratoire.

Au sujet des nombreuses retombées socio-économiques de la microgravité qui ont été imaginées, les experts s'accordent pour estimer qu'il est trop tôt pour dire lesquelles aboutiront de façon certaine et pour quel volume de marché.

Cependant, trois énoncés semblent réunir un certain consensus:

- les produits les plus prometteurs dans l'immédiat sont la fabrication d'AsGa (essentiel en électronique) et la cristallisation parfaite des protéines (à des fins pharmacologiques)

- il ne faut pas se polariser sur les seuls produits manufacturés en orbite : la microgravité constitue 1°) une source de stimulation des recherches au sol 2°) une source de savoir scientifique qui aura lui des retombées économiques.

- la confidentialité du savoir technique joue dans ce domaine un rôle qu'il ne faut pas négliger.

A ces trois énoncés il faut ajouter qu'il s'agit d'un domaine très pointu (bien plus que les précédents) en évolution rapide au sujet duquel il faut se garder d'opinions définitives ; il importe d'être constamment aux aguets, en liaison avec des experts de haut niveau.

III Présence humaine dans l'espace

La densification croissante des télécommunications et de la possibilité de vision globale que permet la télédétection permet l'émergence de la notion de réseau global. Mais l'Espace en tant que 3ème dimension est comme occulté. Le "réseau global" reste en quelque sorte à deux dimensions. La 3ème dimension spatiale peut trouver son plein épanouissement très important sur le plan de l'évolution des mentalités et qu'il faudra valoriser par actions appropriées, grâce à la présence humaine dans l'espace qui nous oriente vers une dimension qualitativement autre.

Au départ, les premiers effets symboliques (du vol de Gagarine et du débarquement sur la Lune) passés, il s'agit essentiellement d'avoir des travailleurs de l'espace. L'homme est conçu comme le plus perfectionné des robots qui sait accomplir ce qu'on appelle le service en orbite (réparation, perfectionnement et ravitaillement de satellites sur orbites) et les manipulations de microgravité. Là l'homme est un agent.

Par ailleurs, il devient aussi l'objet d'une science nouvelle la biologie gravitationnelle (physiologie du corps en apesanteur).

Intégrées à divers programmes scientifiques, ces deux fonctions aboutissent aux programmes de stations orbitales habitées en permanence. La station soviétique évolutive MIR (2 à 8 personnes) existe depuis mars 1986. La grande Space Station américaine (4 à 12 personnes) sera peut-être achevée en 1996. On le voit, les Soviétiques ont dix ans d'avance.

On commence aussi à prendre en considération (au Space Human Factors Office de la NASA, mais encore davantage en URSS) que ces opérateurs sont aussi des êtres humains à part entière. Cette prise en considération sert d'amorce à la grande hypothèse de la "Colonisation du système solaire" sur laquelle nous reviendrons ci-après. Le volet européen de ces perspectives est représenté par les six astronautes européens ayant déjà volé, auxquels il faut ajouter le vol franco-soviétique de longue durée en 1988 et le projet de module habité COLUMBUS; il est appuyé par une infrastructure au sol composée de quelques laboratoires d'anthropologie qui travaillent sur ces questions.

Pour clore ce chapitre de l'état actuel des activités spatiales de l'Europe, rappelons que le budget total de l'ESA est de 1.700 Mio ecus par an soit environ une fois et demi l'effort financier de Recherche et Développement dans le budget annuel de la Communauté Européenne !

2. GRANDS PROJETS

2.1. Les objectifs

Au cours des années à venir, les activités ci-dessus décentes vont, se développer quantitativement. Mais des projets plus larges sont déjà en préparation. Tout le monde sait qu'il existe aux Etats Unis et en URSS des programmes de "colonisation" du système solaire, même si les USA ont pris après l'accident de Challenger 5 à 10 ans de retard. Ces programmes sont extrêmement coûteux.

C'est ainsi qu'avec les techniques actuelles, l'installation d'une base lunaire peut être estimée à quelques centaines de milliards de dollars (une dizaine de fois le budget annuel de la NASA). Cela représente une centaine de fois le budget annuel de l'Europe spatiale.

A cet obstacle financier s'ajoute un obstacle temporel. En effet, ces programmes ne pourront voir, pour des raisons technologiques, le jour que d'ici quelques décennies (deux ou trois).

A cause de ces deux obstacles, l'attitude la plus répandue consiste, en Europe, à attendre le moment venu pour se lancer dans de telles entreprises. C'est ainsi que l'ESA ne dispose même pas de groupe d'études prospectives pour en suivre l'évolution. La réponse européenne consiste pour le moment à renoncer à lutter contre les deux géants de l'Espace.

Avant de décrire plus en détail ces objectifs, rappelons qu'ils ne résultent pas d'une nécessité économique et industrielle.

Ils résultent plutôt de ce que l'Espace recèle en lui-même la nécessité de son propre dépassement. Cet "appel de l'Espace" nous tire vers des objectifs aujourd'hui désignables :

- Les grandes stations géostationnaires
- la Lune
- Mars et ses satellites et les astéroïdes

■ Les grandes structures géostationnaires consistent des projets futuristes aux contours aujourd'hui flous :

- usines de l'Espace
- Solar Power Stations

Les usines de l'Espace auraient pour vocation d'exercer dans l'Espace des activités trop polluantes ou à haut risque : énergie nucléaire ou thermo-nucléaire, produits toxiques, manipulations génétiques.

Les Solar Power Stations (renvoi sur Terre par faisceaux microonde d'énergie solaire recueillie dans l'Espace) constituent un projet controversé. Les coûts de construction et de maintenance énormes ne sont pas contrebalancés par le gain sur le plan énergétique mondial. Il semble acquis qu'elles ne deviendraient intéressantes que construites à partir d'une base lunaire.

A ces utilisations envisagées depuis plus d'une décennie, on peut ajouter une proposition nouvelle : il est techniquement concevable d'intervenir depuis l'espace sur des éléments du climat terrestre (fonte de certaines zones glacières, évaporation de surface océanique induisant une pluviosité des régions désertiques voisines, etc ...)

(Les modifications de climat ont été envisagées depuis une quinzaine d'années à des fins militaires). Cependant, l'ignorance totale des effets secondaires et les complications politiques ont toujours empêché toute initiative dans ce domaine.

1. L'établissement d'une base lunaire a un triple objectif

- elle permet de développer des recherches fondamentales (astronomie, physique des plasmas, physique corpusculaire, détection d'ondes gravitationnelles ...) difficiles ou impossibles à effectuer sur Terre
- elle contient des ressources minérales pouvant éventuellement être utiles à l'économie terrestre. Prenons à titre d'exemple le cas de l'hélium 3. La Lune contient beaucoup plus d'hélium 3 (un million de tonnes) que la Terre (10.000 tonnes) ; en effet les noyaux d'hélium apportés par le vent solaire depuis 4 milliards d'années s'incrustent dans les roches lunaires, ce qu'ils ne peuvent pas faire dans l'atmosphère terrestre. Or cet isotope est intéressant pour la fusion thermonucléaire, car il produit des réactions nucléaires moins polluantes que le tritium utilisé dans le JET. On a calculé (WITTENBERG 1986) que l'énergie ainsi produite par cet hélium 3 d'origine lunaire serait de 250 fois supérieure à l'énergie dépensée pour extraire ce matériau des roches lunaires et le ramener sur Terre. La NASA et le DOD sont en train d'étudier la rentabilité économique du système.
- elle pourrait utilement servir de base de départ pour construire (à partir de matériaux lunaires) de très grandes plateformes géostationnaires si celles-ci s'avèrent être utiles.

Non seulement les Etats-Unis et l'URSS ont des plans dans ce domaine mais même le Japon réfléchit maintenant à un objectif de cette taille.

2. Mars et Les astéroïdes. Les Soviétiques semblent avoir déjà établi un plan bien défini d'expédition martienne : mission automatique lancée dès 1992 avec un vol humain sans doute dans les années 2010-2020. Du côté américain, la communauté spatiale connaît des tiraillements, amplifiés par la catastrophe de Challenger, qui ont

pour résultat une hésitation sur le programme exact à suivre. Il y a néanmoins une majorité qui se dégage en faveur d'une expédition martienne dans les années 2030 avec une base lunaire en 2005 comme étape intermédiaire.

En Europe, il existe des projets de coopération pour l'envoi de sondes interplanétaires (en particulier le projet PHOBOS vers Mars avec l'URSS). Mais il n'existe aucun projet de coopération ni aucune prospective en vue de l'occupation habitée de la Lune ou de Mars.

Quant aux astéroïdes, leur exploration viendrait plus tard, en prolongement naturel de celle de Mars.

2.2. Les moyens techniques: vers des sciences de base nouvelles.

Pour atteindre les objectifs ainsi décrits, deux grandes lignes d'actions retiennent l'attention de ceux qui réfléchissent à l'avenir :

- mise en oeuvre bien sûr des moyens techniques
- mais aussi mobilisation culturelle

Examinons ici le premier de ces points.

Les techniques d'aujourd'hui rendent ces projets à long terme difficiles à mettre en oeuvre. De nombreuses recherches fondamentales sont déjà envisagées pour parvenir à ces buts lointains dans les domaines tels que :

- les transports rapides
- les systèmes automatiques
- l'adaptation de l'homme à l'Espace
- les matériaux nouveaux
- la connaissance du terrain (le système solaire) à explorer
- la production d'énergie dans l'Espace

■ Les transports spatiaux du futur. Il sera essentiel de les développer dans le sens de la rapidité, de l'économie, de la souplesse; ils seront en partie tributaires de moyens de propulsion non chimiques :

Ces moyens de propulsion verront le jour à un terme qu'il n'est pas possible de préciser ; ils font néanmoins déjà l'objet d'études plus ou moins intensives. Ils constituent par conséquent un défi technologique ambitieux digne des chercheurs européens. Dans la plupart de ces cas, l'Europe dispose de la compétence scientifique de base. Citons deux exemples :

- L'assistance dynamique par "tether" (Lasso): (P. PENZO 1986)
C'est en Europe que ce concept a été relancé le plus activement (il est par exemple un élément du projet VULCAIN de sonde jovienne, D. GAUTHIER 1987)
- L'antimatière. Insistons sur ce secteur. D'une part, il focalise un ensemble de recherches assez dynamiques dans le monde : projet Forecast II de l'U.S. Air Force de stockage d'un microgramme d'antimatière à des fins d'applications multiples. D'autre part, l'Europe a encore dans ce domaine une avance certaine grâce au CERN et aux travaux de l'Independent Scientific Research Institut de Genève ainsi que La Società Telespazio. (G. VULPETTI 1987) Le point crucial est de parvenir à fabriquer, peut-être sous forme cristalline, au moins un microgramme d'antihydrogène. (Il y a donc là une opportunité exceptionnelle pour l'Europe de ne pas laisser échapper sa suprématie dans un domaine très sensible)

L'importance de la rapidité des transports réside dans la brièveté des voyages interplanétaires qu'ils permettent (une semaine au lieu de six mois au moins pour Mars, ce qui est important pour les astronautes).

Ajoutons que ces moyens rendraient réalistes les projets de sondes vers le nuage de Oort (projet "Thousand Astronomical Units" du Jet Propulsion Laboratory) et vers les étoiles les plus proches : ces derniers projets aujourd'hui en sommeil reprendront de l'actualité si dans 3 ou 4 ans on trouve, comme on l'espère, grâce au Télescope Spatial et au Satellite astrométrique européen HIPPARCOS, des planètes autour de ces étoiles.

4. Les systèmes automatiques se développeront dans plusieurs directions, dont voici deux illustrations :

- sondes interplanétaires reconfigurables par téléopérations. Après la téléreprogrammation réussie de Voyager II, on peut envisager de reconfigurer des sondes beaucoup plus complètes qui emporteraient un stock de technologies (électro-optique, etc...) voire de matériaux de base. C'est ainsi que sont dès aujourd'hui disponibles sur le marché (XILINX Ltd.) des circuits appelés "logiques programmables" dont les fonctions peuvent être reprogrammées. La recherche en microélectronique fondamentale va donc dans le sens de dispositifs miniaturisés toujours plus souples.
- automates, éventuellement autoreproducteurs, pour l'assistance à la construction des premiers éléments de bases lunaires et martiennes. L'argumentation est ici la suivante : alors que pour construire une station orbitale il faut nécessairement amener tous les matériaux depuis la Terre (ou la Lune), pour une base lunaire ou martienne autant utiliser au maximum les matériaux qui sont sur place. En effet, il est évident que cela réduirait les coûts de

transport depuis la Terre. Or toute construction nécessite non seulement des matériaux de base, mais aussi des machines au départ plus complexes que ce qu'elles ont à construire (la "machine primitive" la plus complexe étant les travailleurs humains eux-mêmes). Afin de minimiser l'effort d'emport depuis la Terre de robots constructeurs complexes, donc lourds, des recherches sont en cours (FREITAS 1982, TSUTOMU 1986) destinées à mettre au point des systèmes qui s'autocomplexifient à partir des matériaux (lunaires ou martiens) trouvés sur place et de mini-robots légers expédiés depuis la Terre. Il faut dire qu'il s'agit là d'une option envisagée dans le cas d'une exploration entièrement automatique, du moins à ses débuts. Elle illustre le fait que l'Espace est un stimulant intellectuel.

L'adaptation... de l'Homme à l'Espace nécessite des études dans deux directions :

■ Adaptation physiologique

Tout d'abord, l'adaptation à l'apesanteur (stations circumterrestres) ou à la pesanteur variable (base lunaire + stations circumlunaires). Dans la mesure où la création de pesanteur par centrifugation n'est pas toujours praticable, on peut envisager une adaptation :

- par des orthèses intelligentes (régulation de la circulation sanguine, système vestibulaire)
- par une action physiologique au niveau des signaux d'apesanteur (décalcification)

La biologie en apesanteur est un domaine très mal connu. Des recherches très fondamentales ont déjà commencé et qui pourraient avoir les applications qu'on vient d'évoquer. Ce qui manque aujourd'hui ce sont les opportunités de vol.

Il s'agit, en deuxième lieu, d'assurer la protection contre ou l'adaptation aux radiations ionisantes. La protection par des écrans est le moyen le plus simple parfois ; dans le cas des scaphandres individuels il est peu confortable. Les radiations ont sur le DNA un effet direct (cassure par les noyaux lourds) ou indirect (création de radicaux libres qui, se fixant sur la séquence, brouillent le code génétique). Selon l'opinion des biologistes moléculaires on peut envisager que la compréhension fine de ces mécanismes permette de les circonvenir (FIELDBERG 1985). Des recherches médicales de base pourraient donc explorer la possibilité de rendre inoffensifs les gènes cassés par l'impact des rayons cosmiques.

Enfin, le problème se pose du recyclage des ressources vitales en milieu clos (Controlled Ecological Life Support Systems = CELSS). Pour vivre en station orbitale ou bien sur une base lunaire ou martienne, les humains ont besoin de se nourrir et de respirer. La solution la plus commode est d'amener les ressources nécessaires depuis la Terre. Mais cela coûte d'autant plus cher en transport que la distance à la Terre est plus grande. C'est pourquoi est apparu depuis quelques années le concept de CELSS. Ce sont des systèmes clos sur le plan des ressources organiques, mais ouverts sur le plan énergétique, puisqu'ils profitent de l'apport d'énergie solaire (ou éventuellement radioactive). Les déchets humains (basse entropie) peuvent donc y être "régénérés" pour être transformés en produits de haute valeur énergétique. Des recherches fondamentales sont en cours aux Etats-Unis et en Europe (CEA, IIRB) pour rendre ce concept opératoire. Les solutions envisagées diffèrent suivant le contexte : station orbitale (rareté des matériaux), Lune (abondance de minerais oxygénés, absence d'atmosphère) ou Mars (présence supplémentaire d'une atmosphère, même non oxygénée).

II Adaptation psychologique

Il s'agit de s'habituer au confinement, à l'absence de référence verticale, à la durée croissante des missions. Il y a plutôt à mener dans ce domaine une réflexion théorique et à compter sur la souplesse d'adaptation de l'humain. A noter que les Soviétiques accordent par un soutien psychologique permanent aux astronautes en orbite, une grande attention à cette dimension.

II Les matériaux spatiaux devront être, suivant les cas :

- légers
- rigides et robustes
- résister aux radiations (électronique) et aux micrométéorites (protection)
- résister à la chaleur (entrée en atmosphère)
- être le moins cher possible (panneaux solaires de très grande surface)

On ne peut dans ce domaine que mobiliser toute la panoplie de la physico-chimie des matériaux. Signalons l'intérêt des nouveaux supraconducteurs "chauds" (température de l'azote liquide) pour la propulsion électro-magnétique et la protection magnétique. D'autre part, un objectif aujourd'hui techniquement inaccessible comme un câble géostationnaire pourrait constituer un bon stimulant de recherche en physique du solide.

§ L'exploration du système solaire suppose qu'on en connaisse en détail le terrain ; d'où la nécessité d'approfondir les possibilités de celui-ci en particulier sur le plan de

- la géologie planétaire
- la dynamique des atmosphères
- la composition chimique des atmosphères et des sols (ressources en minéraux, oxygène, hydrogène, eau...)
- la connaissance du milieu interplanétaire

C'est ainsi qu'il est important de connaître :

- la teneur en hydrogène du sol lunaire pour pouvoir y synthétiser de l'eau
- la teneur en Helium 3 de la lune comme source possible pour la fusion thermonucléaire sur Terre (contrat NASA/DOD en cours)
- de comportement précis du vent solaire qui doit permettre d'optimiser la protection des astronautes lors des orages magnétiques.

Dans ce contexte, les missions de "retour d'échantillons" revêtent un sens et une importance nouveaux, puisqu'elles permettent d'étudier dès aujourd'hui en laboratoire les potentialités des sols extraterrestres. On sait que les laboratoires européens et américains disposent déjà d'échantillons lunaires. Ce sont eux qui permettent par exemple

- de connaître la teneur en hélium 3 (fusion thermonucléaire) et en hydrogène (possibilité de synthétiser de l'eau sur la Lune) (BURKE 1986) du sol lunaire

- de conduire des essais de "cimenterie lunaire" (AGOSTINO 1980) de chercher à obtenir une fertilisation du sol lunaire (BLANCHARD 1987)

Nul doute que les missions prévues (VESTA) dans les années 1995 de retour d'échantillons martiens permettront des études analogues. A propos de cette planète, rappelons que

- le contenu en eau (glace) du sous-sol martien est en cours d'étude et est important pour le futur approvisionnement des premiers humains qui devraient y débarquer d'ici une génération.
- des études théoriques ont déjà commencé voici quelques années en vue d'explorer les possibilités de rendre à terme cette planète habitable.
- un projet est en cours d'étude pour une exploration in situ du sol et de l'atmosphère au moyen de ballons voyageurs.

Toutes ces recherches font déjà plus ou moins partie de l'enveloppe des programmes scientifiques de l'ESA ("Horizon 2000"). Mais il s'agit là de Science pure, en l'occurrence l'astronomie ; replacées dans le contexte de la conquête spatiale, elles acquièrent une utilité nouvelle qui peut être une source de stimulation supplémentaire.

Enfin, en ce qui concerne la production d'énergie dans l'espace, il est vraisemblable que l'on va dans ce domaine s'orienter vers une toujours plus grande diversification. Il y a essentiellement l'énergie solaire, et celle qui est stockée dans les matériaux trouvés sur place ou amenés depuis la Terre (ou les corps célestes).

Pour la commodité, distinguons le cas

- des stations orbitales
- des corps célestes naturels (Lune, Mars, Astéroïdes)

Le cas des stations orbitales est le plus simple, car les sources d'énergie sont essentiellement d'origine solaire directe (photovoltaïque) ou en réserve dans des matériaux amenés depuis la Terre (énergie chimique ou nucléaire). C'est ainsi qu'existent des générateurs radio isotopiques (RTG) et qu'une étude menée conjointement par le CEA et CNES (POHER 1986) est en train de définir les contours d'un réacteur nucléaire spatial (projet ERATO).

En ce qui concerne les corps célestes naturels, aux sources d'énergie précédentes s'en ajoutent deux autres :

- L'énergie solaire indirecte : il s'agit dans ce cas d'utiliser les mouvements de convection et les transferts de chaleur macroscopiques induits par les radiations solaires dans les divers fluides qui existent naturellement sur place (vents martiens) ou qui auraient préalablement été fabriqués sur place (eau de synthèse lunaire) ou amenés depuis la Terre (eau d'origine terrestre).

- L'utilisation des diverses ressources minérales naturelles existant sur place (par exemple l'aluminium lunaire pourrait être utilisé dans des piles à combustible à hydrogène).

On trouvera une synthèse de certains de ces aspects dans le contexte lunaire chez CRISWELL (1986).

DEUXIEME PARTIE : ELEMENTS D'UNE ANTHROPOLOGIE SPATIALE

Voici donc dessiné à grands traits le cadre matériel dans lequel et grâce auquel vont se déployer les activités spatiales aussi bien circumterrestres (station orbitale) que sur les autres corps célestes - (exploration du système solaire).

La place de l'humain y est, au départ, double .

D'une part, en tant que terrien bénéficiaire des divers bienfaits apportés par les techniques sur le plan économique et de la qualité de la vie . A ce stade, cet aspect n'est pas directement évident et perceptible. L'Espace en tant que tel est sur un plan symbolique comme occulté comme le montrent les deux exemples suivants :

- L'utilisateur des moyens de télécommunication se soucie peu, à juste titre, de savoir si les informations sont acheminées jusqu'à lui par câble ou par satellite.

- L'utilisateur de produits (pharmaceutiques ou autres) peut, symboliquement, ignorer qu'ils ont été élaborés dans une station orbitale car (toutes considérations techno-économiques mises à part) ils auraient aussi bien pu l'être dans cet autre lieu d'apesanteur qu'est le centre de la Terre.

C'est un exemple particulier de ce que l'on nomme de manière plus générale, la "transparence de la technique."

Une prise de conscience du rôle de l'Espace peut par contre déjà s'élaborer à partir de la Télédétection : en effet, celle-ci nous fait visuellement prendre conscience que les diverses images cartographiques des régions terrestres sont prises à partir d'un point de vue nécessairement extraterrestre.

D'autre part, par les perspectives de présence humaine dans l'Espace, l'humain lui-même est susceptible d'être transformé dans son corps et dans son esprit.

Mais quels sont les implications et les conséquences possibles d'ordre anthropologique de la colonisation de l'espace ? Quelles sont les orientations pratiques à tirer de ces anticipations pour l'action d'aujourd'hui ?

3. EFFETS ANTHROPOLOGIQUES DE LA COLONISATION DE L'ESPACE

Ils concernent :

- ° Les effets en retour sur Terre de l'exploration spatiale, c'est à dire la naissance de nouvelles images de la globalité du sens du territoire et de la perception de l'homme;
- ° les conditions de vie symboliques et matérielles liées à la présence humaine dans l'espace.

3.1. Le point de vue terrestre en mutation.

On sait que les télécommunications ont permis d'introduire le concept de "réseau global" et de concevoir symboliquement l'idée de "village global" : le réseau permet à tout point du globe d'être de plus en plus en communication avec tout autre, ce qui fait qu'il s'agit là d'un réseau à 2 dimensions. La troisième dimension induite par les relais géostationnaires est absente parce que en quelque sorte invisible. En effet, le même effet peut être obtenu à partir des câbles optiques ou électromagnétiques. Cependant des communications à point mobile de plus en plus nombreuses rendent inévitables les recours aux satellites: qu'il s'agisse du guidage de la localisation ou du simple transfert de données ou de messages, des mobiles toujours plus variés sont concernés (navires, camions, avions, simples individus, expéditions, et un jour, n'en doutons pas, peuplades nomades). L'accumulation des expériences vécues de l'intervention du satellite, surtout lorsqu'elle est matérialisée par une antenne parabolique (de plus en plus souvent portable : on commence à fabriquer des antennes gonflables), contribuera à une prise de conscience de l'existence d'une troisième dimension du réseau des communications, spatiale.

A cet égard, la télédétection a, outre ses effets économiques et sur le plan du bien être, un rôle peut-être plus grand, bien que dérivé, que les télécommunications sur le plan d'une prise de conscience de la globalité de certains aspects de la vie terrestre. Ce rôle est double. D'une part les problèmes de climat, de météorologie, d'environnement, de ressources terrestres etc. sont d'emblée vus globalement (c'est ce qui résulte notamment du programme "Global Change" (RASCOL 1987) de l'ICSU. Cette globalité, sur le plan de la perception des problèmes qui se posent à 'notre planète' devrait, à terme, contribuer à favoriser une globalité sur le plan de la gestion et de la solution de ces problèmes. A cet aspect immédiatement visible s'en ajoute un autre, plus abstrait : à la matérialité présente dans une image

globale de la Terre ou d'une région, s'ajoute la présence plus immatérielle, mais tout aussi réelle du point de vue d'où l'image a été prise : sur une "photo satellite" on ne voit pas le satellite, mais il est néanmoins abstraitement présent. C'est cette présence, généralement non inscrite, qui permet de passer d'une vision à deux dimensions à une vision à trois dimensions. Notons à ce propos, que le satellite d'où l'image est prise pourrait, comme dans le cas des télécommunications, être dans certaines circonstances lui-même visualisé et son image diffusée dans le public par les télévisions (J.M. PHILIPPE 1986). Soulignons l'intérêt didactique d'une telle proposition. Elle favorise en effet un décentrement symbolique "de l'Humanité", dans la mesure où elle lui permet de se voir de l'extérieur.

Par ailleurs, la présence physique sur des orbites circumterrestres ou des trajectoires interplanétaires d'objets fabriqués de la main de l'Homme, permet déjà d'affirmer une certaine présence par délégation en somme, du fabricant lui-même. Cette question n'est pas seulement abstraite. Elle est aussi très concrètement illustrée par les négociations en cours entre l'Europe et les Etats-Unis au sujet de la station orbitale. En effet, le débat principal porte sur les droits de douane entre composantes européenne et américaine de la station et sur les mécanismes de décision à mettre en place en cas de modifications de la configuration de la station; la question posée est la suivante : si l'une des parties introduit des modifications sur la part de la station qui lui revient ayant des répercussions (changement dans l'alimentation énergétique, le taux de microgravité, etc) sur l'autre secteur, comment son propriétaire sera-t-il dédommagé ? On voit par cet exemple que l'expansion dans l'Espace de la notion de territoire, indépendante de toute occupation humaine de la station, prend des aspects bien réels. On commence à peine à entrevoir toutes leurs répercussions juridiques. C'est pourquoi s'est constitué au sein du Space Station Working Group de l'ESA, un groupe d'experts juridiques qui réfléchit à ces questions.

A cet aspect s'ajoute, dans le cas des sondes interplanétaires, une autre composante de la présence humaine. Ces sondes comportent des caméras de télévision toujours plus perfectionnées. Ainsi, grâce à Viking, à Voyager, à Giotto et dans quelques années grâce à Galileo et à Cassini, pourrons-nous voir des détails toujours plus fins et plus nombreux des planètes et de leurs satellites comme si nous y étions. Ce "comme si nous y étions" permet une certaine présence à distance. Sans entrer ici dans une discussion sur la notion de présence qui comporte sans doute une part d'identification, retenons simplement que ces images lointaines rendent les confins du système solaire plus familiers et de fait à la fois induisent un désir d'exploration physique et nous y préparent.

Pris isolément, chacun de ces effets constituent un aspect très tenu de la mutation symbolique de la perspective terrestre liée à l'expansion de l'humain dans l'espace. Cependant, pris dans leur ensemble, ils aboutissent à conférer à l'Espace un effet de miroir symbolique qui permet à l'homme de se dégager conceptuellement d'une vision terrienne de la Terre et d'en améliorer la compréhension globale (J. SCHNEIDER 1987).

3.2. Quelles conditions de vie nouvelle comporte la présence humaine dans l'Espace ?

On sait que plus de deux cents astronautes sont déjà allés dans l'Espace. Les expériences les plus remarquables qu'un petit nombre d'entre eux a connu sont les séjours de longue durée (jusqu'à 170 jours) et le débarquement sur la Lune. Comme nous l'avons vu des projets réalistes existent pour constituer, d'ici une génération environ, une base lunaire habitée en permanence et une première expédition habitée vers Mars. Dans l'intervalle, l'occupation

permanente de stations orbitales circumterrestres se poursuivra. Les humains seront donc amenés à connaître des conditions de vie nouvelles. Celles-ci revêtent plusieurs aspects très différents :

- confinement
- vide spatial
- microgravité et pesanteur variable
- éloignement de la Terre
- durée progressivement croissante des voyages
- autres aspects de l'habitabilité dans l'espace

Chacun de ces aspects aura des conséquences physiologiques, mais aussi psychologiques, que nous allons examiner point par point.

■ Confinement

Nous entendons par là, l'obligation d'un espace restreint et la nécessité de vivre en petit groupe. Le problème ne se pose pas, dans le contexte spatial en des termes très différents de celui du contexte des sous-marins ou des bases antarctiques. (On est en effet encore loin des villes de l'Espace comprenant plusieurs milliers d'habitants imaginées par O'NEILL). Cette analogie est d'ailleurs largement utilisée pour les études de psychologie de groupe dans les préétudes de missions habitées (p.ex. HARISSON 1985). Il s'agit avant tout de résoudre les problèmes d'autorité, de structure hiérarchique, de convivialité, de taille optimale, d'équilibre entre vie collective et vie privée, temps de travail et temps de repos (et de loisirs), relations avec la communauté d'origine (famille etc.). Sur ce plan l'Espace n'apporte pas d'éléments spécifiques, du moins dans le contexte des stations orbitales et des missions interplanétaires. Le cas des missions de très longues durées (confins du Système Solaire et voyages vers les étoiles), qui posent des problèmes nouveaux, a déjà

fait l'objet de travaux sérieux (FINNEY 1985), mais nous ne les examinerons pas ici, car ils ne se poseront que dans la seconde moitié du 21^{ème} siècle.

II Microgravité et pesanteur variable

La microgravité a des effets

- physiologiques sur les astronautes
- sur leurs déplacements dans les habitats
- sur la symbolique de l'orientation spatiale

L'adaptation physiologique à l'apesanteur, dont il a déjà été question dans la première partie de cette étude, nécessitera une action sur le corps humain, soit au niveau des effets, soit à celui des causes. Cette action même, si elle est prolongée ne manquera pas de réagir sur la perception qu'auront les astronautes de leur propre corps. Le concept d'"orthèse intelligente" permet, rappelons-le, d'adapter, par une assistance artificielle de coagulation sanguine et le système vestibulaire (oreille interne) à des conditions de pesanteur variable. Il ne pourra que conduire à une modification de la perception subjective (dont les psychologues ont montré l'importance) du corps. Il ne semble pas que ce point ait jusqu'ici attiré l'attention des chercheurs.

En plus des effets internes sur le corps, l'apesanteur change le rapport d'environnement : la perception des efforts, de la perte de contact avec le sol, des déplacements inertiels (la moindre impulsion initiale se conserve), du "flottement" dans l'Espace conduit à des expériences corporelles nouvelles. Curieusement 25 ans après l'envoi

du premier homme dans l'Espace, ce domaine reste mal exploré; en effet du fait de leur formation technique et de leur entraînement, les astronautes sont conduits à médicaliser leur expérience et à en rendre compte de façon principalement quantitative : cela contribue à appauvrir toute nuance qualitative. On ne peut, dans ces cas, que compter sur les qualités humaines personnelles (non professionnelles) des astronautes pour restituer leur expérience. C'est ainsi par exemple que J. HOFMANN (1987) et W. OCKELS (1987) ont fait un effort personnel d'analyse de leurs propres sensations et surtout de leur verbalisation. Tous deux se sont déclarés reconnaissants à un philosophe, d'avoir su exprimer mieux qu'eux-mêmes ce qu'ils avaient vécu (SEIDENCART 1987) tout en reconnaissant la pertinence de son analyse.

A ces analyses intellectuelles, s'ajoute une dimension ludique bien réelle et qui a de l'importance dans la mesure où elle contribue à rendre la vie en station orbitale plus supportable : il s'agit du jeu avec les objets et son propre corps en apesanteur; ainsi a-t-on déjà vu des astronautes esquisser de nouvelles figures de gymnastique; il est certain que se développera progressivement une sorte de nouvelle esthétique concrétisée par l'apparition d'une chorégraphie tridimensionnelle qui offrira surtout du plaisir aux exécutants, mais aussi sans doute aux téléspectateurs terrestres. Le même genre de réflexion a conduit à s'interroger sur le devenir du sport dans l'Espace (cf D. VAN BLERKOM 1986). Certes, ce type d'activité n'est pas le but des expéditions spatiales (et la vente des images ne suffira en rien à rentabiliser le système), mais il indique bien l'existence d'une dimension qualitative nouvelle par rapport aux missions entièrement automatisées : l'expansion spatiale de la dimension dans ce qui fait la civilisation.

Du point de vue des effets symboliques de la perte de verticalité, l'apesanteur a pour effet de supprimer l'existence d'une orientation privilégiée matérialisée par la verticale. Or, l'existence d'une

orientation spatiale a toujours eu une grande importance mentale pour l'humanité, même si elle n'est pas toujours perçue clairement (KANT 1776, PAUL LEVY 1983).

Parmi ces orientations, la verticalité a un rôle propre qui joue à plusieurs niveaux. D'abord, le vocabulaire de chaque langue comprend une fraction importante (10 à 25 %) de mots plus ou moins directement investis, sur un plan métaphorique, de verticalité ou de pesanteur; ainsi en français parle-t-on de légèreté ou de droiture ou de bassesse morales, de lourdeur psychologique, de dépression (psychique), de hauteur de vue, d'élever ses enfants, etc. Certes c'est le propre de la métaphore de pouvoir oublier, de se détacher du sens matériel, originel, des mots, mais on peut anticiper que : 1°) du fait de la perte de ce sens matériel premier la dimension métaphorique gagnera en importance; 2°) l'expérience de la perte de verticalité conduira à inventer un nouveau vocabulaire pour exprimer ce que, par exemple, les expressions précédentes veulent dire. Cette insistance sur le langage peut surprendre. Elle est en fait la conséquence de l'analyse scientifique contemporaine de celui-ci et au terme de laquelle les mots ne sont pas seulement des instruments qui désignent, pour en communiquer l'idée, ce qui est extérieur à l'humain, mais qu'ils sont aussi partiellement sa substance même. Donc changer de mots, ou leur connotation, c'est aussi un peu changer de substance.

La préhistoire nous apprend que grâce à la station debout, le cerveau de l'homme a pu se développer; cette posture est une lutte contre la pesanteur; (c'est celle-ci sans doute qui est à l'origine d'expressions précitées comme "élévation morale"). Qu'arriverait-il si ce qui a été jusqu'ici un facteur de développement est supprimé? Sur le plan de la réalité biologique pas grand chose. D'abord cela ne concernera qu'un petit nombre d'individus; certes il est éventuellement légitime de parler de "nouveau rameau de l'humanité" (ESTERLE 1987, Lambert 1987), mais cette évolution prendrait un temps très long, qu'il est difficile de prédire (car pouvant grâce à la technique être

accélééré). Mais c'est sur la signification-même de cette perspective qu'il faut attirer l'attention, car même si elle ne nous touche pas corporellement, elle met pour la première fois en évidence une possibilité concrète sérieuse et non arbitraire d'évolution nécessitée par des circonstances positives de l'espèce humaine.

Parmi toutes les connotations que le langage attribue spontanément à la pesanteur et à la verticale, il y en a une qui porte sur la polarité masculin-féminin; elle ne constitue pas un simple exemple de plus, elle est en fait structurante par rapport aux autres. La réflexion sur ce thème conduit d'ailleurs à complexifier la structure de la symbolique de la verticale. En effet ce mot désigne à la fois l'orientation induite par la pesanteur et celle induite par le couple Terre-ciel (la perpendiculaire au sol). Sur terre les deux coïncident, mais il n'en est plus de même sur la Lune ou dans une structure orbitale dans laquelle règnerait une gravité artificielle. Ce qui est une évidence élémentaire sur le plan de la physique a des effets sur le plan symbolique. Il y a de très nombreuses preuves que le couple Terre-Ciel est le représentant du Couple Mère (Gaïa) - Père (Ouranos) qui structure la vie psychique des hommes. Donc la question se pose évidemment de savoir comment cette vie mentale sera modifiée si les orientations induites par la pesanteur ou la direction Terre-Espace ne coïncident plus ou disparaissent. En fait, dans une station orbitale ou une sonde interplanétaire, deux nouvelles orientations apparaissent qui peuvent ne pas être fixes l'une par rapport à l'autre : une orientation interne, induite par l'architecture et matérialisée par l'écriture (les consignes écrites le sont selon une orientation commune) et une orientation externe, celle du sens relativement constant de la trajectoire du véhicule. Seules des recherches ultérieures permettront d'en mesurer l'importance psychologique. Seuls quelques philosophes (HUSSERL 1985, LEVINAS 1982, ARENDT 1962, SEIDENCARDT 1987) ont déjà réfléchi à ces problèmes. Du côté des psychanalystes, bien qu'ils soient abondamment intéressés à l'Espace en général, dans un contexte terrestre, (SAMI ALI 1974, KAUFMAN 1964) il n'y a à notre connaissance, à une exception près, pas

eu de travaux dans ce domaine qui reste donc à défricher. G. HUBER (1987) développe en effet opportunément dans le contexte spatial une note de S. FREUD (1971) qui remarque le rôle de la pesanteur dans le développement de la sexualité humaine; en effet son propos concerne plutôt le rôle de l'olfaction que la symbolique du couple Mère-Père et est à placer dans une échelle temporelle qui se mesure en millénaires plutôt qu'en décennies). Les problématiques qui viennent d'être esquissées et dont l'approfondissement ne pourra être réalisé sérieusement que par des professionnels touche à priori deux catégories d'individus fondamentalement distinctes : les astronautes adultes, les futurs êtres humains nés dans l'Espace.

Les astronautes actuels (rappelons qu'à l'automne 1987 il y en a déjà eu 204) abordent l'expérience spatiale avec tout leur équipement mental d'adultes constitués, nés dans des conditions où la symbolique multiple de la verticalité et de la pesanteur les pré-déterminent largement. Il est donc peu vraisemblable que les considérations qui viennent d'être évoquées puissent sur le plan de leur vie mentale profonde avoir une influence déterminante. Des recherches cliniques, encore à faire, devraient confirmer, ou informer ce point de vue. Tout autre est la situation des futurs êtres humains nés dans l'Espace. Rappelons à ce propos l'aspect biologique de la question. Des expériences ont déjà mis en évidence, surtout du côté soviétique, la possibilité de division (et donc de descendance) cellulaire dans l'espace (OSER 1987). Cependant il ne s'agit là que d'organismes monocellulaires. Il n'y a, en 1987, pas d'exemples connus de conception ou de naissances d'organismes pluricellulaires, même rudimentaires, dans l'espace. Cependant, même si très peu d'écrits médicaux évoquent la question, beaucoup plus nombreux sont ceux qui se posent la question de rapports sexuels humains et de naissances en station orbitale. C'est un aspect qu'on ne pourra pas éternellement occulter. En conséquence, il y aura nécessairement un jour des naissances dans l'espace et l'on peut dès aujourd'hui s'interroger sur leurs conséquences psychiques. En effet si l'on s'interroge sur la période de la vie infantile qui commence

par la gestation utérine et qui se poursuit par l'émergence des aspects symboliques de la pesanteur que nous avons esquissés, on est conduit à conclure que nécessairement les êtres humains nés dans l'espace auront un psychisme dévié par rapport au nôtre sur le point le plus structurant et le plus déterminant de notre vie mentale. Cette interrogation prospective n'est en avance sur son temps que sur une, au maximum deux décennies. A une époque où l'on découvre après coup, et donc toujours un peu trop tard les conséquences psychologiques des techniques de la vie comme la procréation artificielle, il ne serait donc pas inutile que, pour une fois, la réflexion précède l'événement.

■ Autres aspects divers de l'habitabilité dans l'espace

Tous les aspects de la présence humaine dans l'espace (microgravité, vide, interaction homme-machine, éloignement par rapport à la Terre ...) ne peuvent pas toujours être traités en indépendance complète les uns des autres sans égard à leur lien d'implantation. C'est pourquoi il est aussi utile de prendre en considération un point de vue architectural et d'habitabilité d'ensemble dans un contexte donné. C'est ainsi que psychologues et architectes (cfr, par exemple, CONNORS 1985) ont réfléchi à une approche "généraliste" des conditions de vie spatiale.

Les trois cas concrets qu'on peut envisager, sont les stations orbitales circumterrestres, la base lunaire et la base martienne; ce dernier en implique d'ailleurs un quatrième : l'organisation à bord d'un véhicule allant vers Mars pour une durée de voyage de 6 mois au moins. Ils ont un point commun et des différences. Ce point commun est qu'il s'agit de systèmes plus ou moins clos, surtout sur le plan organique, pour lesquels il faut au maximum utiliser des ressources existant sur place du point de vue de l'énergie, des matériaux et de la vie biologique. Les différences essentielles sont les suivantes :

à bord d'une station orbitale, il règne une apesanteur totale, les ressources minérales sont limitées à ce qui est apporté depuis la Terre, le milieu extérieur est le vide total. C'est le système le plus clos.

dans une base lunaire, il y a une pesanteur partielle (1/6 g), un vide extérieur total mais des ressources minérales et énergétiques in situ.

dans une base martienne, il y a une pesanteur semblable à celle de la Terre (0.6 g), des ressources minérales (et sans doute de l'eau) et une atmosphère. Si celle-ci est irrespirable, elle est source d'énergie potentielle (éolienne), permet les transports aéronautiques (avion, ballon (ESA - STDT 1987)), et protectrice contre les radiations solaires, les rayons cosmiques et les micrométéorites. La vie martienne serait donc celle qui ressemble le plus à la vie terrestre.

à bord d'un véhicule se dirigeant vers Mars les conditions sont encore plus précaires qu'à bord d'une station orbitale : l'absence de ravitaillement extérieur est total et les ceintures magnétiques de Van Allen ne sont plus là pour la protéger du vent solaire.

Ces différences de contraintes externes font que la vie est différente d'un cas à l'autre.

Ainsi par exemple, la sortie (EVA : Extra Vehicular Activity) à partir d'une base martienne ne nécessite qu'un léger "scaphandre peau" (CLAP 1985) destiné à la protection thermique et un masque respiratoire, alors que dans tous les autres cas, il faut les épais et inconfortables scaphandres que chacun a pu voir. Sur le plan anthropologique qui nous intéresse ici, on remarquera que cette notion de "Scaphandre-peau" peut avoir une incidence sur l'image du corps et éventuellement renouveler la réflexion sur la symbolique de vêtement. Si l'attention à cette question reste principalement intellectuelle

dans la mesure où elle ne touchera que les occupants d'une base martienne, elle deviendra plus proche des terriens si les biotechniques ainsi développées ont des applications sur Terre. Mais nous n'en sommes pas là puisque ces projets, si on y travaille déjà aux USA, ne se réaliseront effectivement que d'ici une génération au plus tôt.

Plus proche de nous est le cas des stations orbitales circumterrestres. Aux effets de l'éloignement de la Terre et de l'apesanteur que nous avons déjà signalés, s'ajoutent ceux du vide extérieur et du confinement biologique. Ce dernier, on l'a vu, conduit à mettre en place des dispositifs appelés Celss (Controlled Ecological Life Support Systems), microécosystèmes où tous les produits organiques nécessaires à la vie biologique de l'homme sont recyclés grâce à une source d'énergie. Sur le plan des principes physiques ce n'est pas différent de la vie terrestre : les déchets que rejette notre corps sont recyclés par la nature, réutilisés par les animaux et les plantes que nous consommons à nouveau. Ce qui s'appelle déchet en termes biologiques s'appelle sur un plan plus symbolique excrément. Cependant nous n'avons pas le sentiment d'être scatophages dans la mesure où, à cause de la complexité du circuit biologique, nous pouvons être psychologiquement aveugle à son cycle complet. Dans le microsysteme d'une station orbitale, il n'en sera plus de même : le système est intellectuellement transparent (MARTELLO 1986).

Les astronautes en seront-ils psychologiquement affectés ? On ne peut le prédire à l'avance (ainsi les habitants de la campagne ne voient pas d'inconvénient à consommer des animaux qu'ils voient cependant vivre sur du fumier), c'est un aspect du confinement qu'il ne faut pas négliger. Restons sur le plan de l'alimentaire. Des travaux assez élaborés ont déjà été consacrés à ses aspects diététique, de conservation, de conditionnement, culinaire, etc. en station orbitale (SAUER 1985). A ce dossier on peut ajouter que les conditions

matérielles de la station orbitale offrent à l'inventivité des astronautes des possibilités culinaires nouvelles; en effet, à cause de l'apesanteur la circulation des fluides (convection et écoulements) ne se fait plus (concrètement pourtant, le jus ne ruiselle pas de la manière le long d'un rôti). De même le vide qui est gratuitement à la disposition dans les sas de la station permet un dessèchement superficiel instantané des produits qui dans certains cas (viandes et poissons crus ?) pourrait peut-être avoir des effets culinaires intéressants. Il est curieux de constater que des équipements culinaires dans la station orbitale américaine (p. ex. fours à micro-ondes (Smith 1985)) cherchent simplement à reproduire les conditions terrestres, alors que l'espace offre naturellement des conditions nouvelles originales. Nous avons développé le présent aspect car de tous temps les arts culinaires ont été un élément important de ce qui fait l'essence de la civilisation. C'est ainsi que Cl. Levi Strauss (1965) a pu mettre en évidence, dans le cru et le cuit l'importance de la symbolique du feu dans cette cérémonie quotidienne du repas qui traverse l'espace et le temps de l'Humanité qui n'est pas seulement un acte biologique. Peut-être quelque Levi Strauss du futur pourra-t-il analyser la symbolique de la cuisine du vide.

L'acoustique, enfin, mérite qu'on y porte également attention. Psychologiquement un son est agréable (musique) ou désagréable (bruit). Pour l'équilibre général, il ne suffit pas d'éliminer les bruits, il faut un minimum de sons agréables. En outre l'acoustique peut, en plus d'être un élément d'accompagnement, de stimulus positif, pour les astronautes (O'Connors 1985), grâce aux techniques modernes d'acoustique architecturale, servir à "déconfiner" les stations et véhicules spatiaux (création d'écho, etc.)

A ces demi-évidences, l'astronaute W. Ockels (1968) ajoute la remarque que le changement de biorhythmes doit impliquer un changement dans la perception acoustique et donc dans la réception musicale subjective; il y voit une nouvelle ouverture esthétique dont il attend beaucoup pour lui et ses collègues.

4. PERCEPTIONS ET MOBILISATIONS

4.1. Des Changements possibles dans la perception du "politique"

L'émergence d'une vision globalisante de la Terre grâce à un déplacement du point de vue vers l'Espace ne conduit pas à faire de notre planète un bloc indifférencié en ce qui concerne sa "configuration" et sa "vie" politique. Elle n'implique pas une homogénéisation des affaires terrestres, ni l'effacement de la carte politique mondiale dessinée en centaines de couleurs (les Etats) dans notre vision mentale et culturelle.

Il est clair, cependant, que le "politique" est déjà affecté par l'expansion extra-terrestre du "territoire" de l'action des humains (et de leurs conflits).

Une approche très pragmatique de la question nous amènerait à ne prendre en compte que les implications du point de vue stratégique militaire. Cet aspect, fondamental, a joué d'ailleurs un rôle décisif dans les activités spatiales.

Rappelons le discours de Kennedy de 1962 pour relancer la course à l'Espace, où l'exhibition du drapeau américain sur la Lune en 1969. Aujourd'hui encore, alors même que les Etats-Unis sont en pleine crise de leur programme spatial, le leitmotif de la majorité des rapports officiels est le maintien du leadership américain dans l'Espace y compris au sens de la présence physique (rapports de la National Commission on Space (Avril 1956) et de S. RIDE (Août 1987)). Du côté

soviétique on est plus discret dans les déclarations publiques (comme le note R. BONNET (1988) de ce côté-là, la parole est à l'action); mais la question "l'Espace sera-t-il russe ?" mérite d'être posée. En Europe il n'y a pas de conscience dans le public de l'imminence de la question politique des territoires spatiaux; mais du côté de ceux qui ont la responsabilité de la politique spatiale, de façon générale le concept qui guide la politique de l'ASE est celui de l'autonomie européenne (LÜST 1987).

Cette approche ne nous permet pas cependant d'apprécier quels pourront être les conséquences sur les conceptions et les pratiques du "politique" lorsqu'on se place dans l'hypothèse probable d'un accroissement de l'occupation du système solaire, et du "trafic interplanétaire". La question se pose alors de savoir, même en dehors de toute présence humaine (car les systèmes de téléopérations permettent une téléprésence et ce que G. HUBER (1988) appelle la télé-Terre), ce que deviendra la notion de "politique" dans l'espace.

Voyant plus loin dans le temps et s'abstrayant un moment du contexte dont il est issu, un intéressant document américain "The Space Settlement papers" (JONES 1986) pose en particulier le problème de devenir de la pensée politique dans l'Espace. Après avoir remarqué que tout nouveau contexte géographique ou technique (agriculture, mécanisation, etc.) a conduit à un nouveau mode d'organisation politique et sociale, l'auteur suggère que l'Espace va engendrer ses propres formes d'organisation et de législation. De même, selon un autre auteur, il faudrait s'attendre à la définition de nouveaux types de nationalité (BOHANNAN 1986). La prudence oblige toutefois ce dernier auteur à laisser, à juste titre, planer l'incertitude sur les formes nouvelles d'organisation, car la prévision échoue généralement dans ce domaine; il est déjà utile en soi d'ouvrir des options nouvelles. Dans un cas précis, celui des stations orbitales, on peut cependant en dire un peu plus. Dans les stations orbitales, la nature du "territoire" spatial est comme délocalisée car, d'une part, ce sont des orbites entières qui sont occupées et constituent le territoire et, d'autre part, la multiplicité des transferts entre orbites

renforce cette délocalisation au point qu'on peut parler de "déterritorialisation". Cette évidence devrait conduire progressivement, sans aller jusqu'au nomadisme circumterrestre, à une déperdition de l'importance du territoire dans la définition des entités politiques appelés Etats.

4.2. Source d'une mobilisation culturelle

Comme nous venons de le constater, alors que la "colonisation" de l'Espace a à peine commencé, ses perspectives anthropologiques apparaissent déjà riches.

Rappelons les principaux composants de la dimension anthropologique de l'Espace.

- effets bénéfiques possibles sur notre qualité de vie (santé, environnement, communication..);
- une vision nouvelle de l'espace - n'est plus la seule et exclusive arène de la surface du globe terrestre où se développent les affaires humaines;
- la prise de conscience d'une rupture d'époque : avec la colonisation de l'espace, l'humanité se rend compte qu'elle est à un tournant de son histoire;
- une symbolique nouvelle, au plan du langage comme au niveau du symbolisme philosophique, juridique et politique;
- les implications et les conséquences, difficilement imaginables mais dont on entrevoit certains contours possibles pour les futures conditions de vie des humains, suite à la présence humaine croissante dans l'Espace

L'ensemble de ces effets, prises de conscience, visions, se traduit par des nouveaux comportements, par l'émergence de nouvelles valeurs et de nouveaux intérêts et conflits. C'est dire que l'espace est à l'origine et fait l'objet d'une "mobilisation culturelle" impliquant plusieurs acteurs, et dont il convient d'apprécier les "champs" principaux.

Parmi les acteurs (présents ou futurs) figurent, bien entendu, le monde industriel. Pour l'instant, il s'agit dans les pays qui mènent une politique active de "colonisation" de l'Espace, de quelques centaines (200 à 300) de grandes et petites entreprises. Leur nombre est destiné à grandir, de même que celui des entreprises de services. En deuxième lieu, il convient de citer les chercheurs dont les avancées dans les domaines scientifiques de base (notamment les sciences physiques, biologiques et cognitives) permettent de "faire avancer" les choses, tantôt en donnant crédibilité à des projets spatiaux considérés au premier abord irréalistes, tantôt en contribuant à abandonner des projets ou des pistes d'action particulièrement onéreuses, fragiles et irréalisables. Aux chercheurs des sciences dites naturelles, il faut ajouter, bien entendu, les chercheurs en sciences humaines et sociales qui, à ce stade du développement de la colonisation de l'Espace, jouent un rôle important dans la "mobilisation" de par leur fonction de "création de mots" et de symboles. En liaison avec ce dernier aspect, une place importante revient aux mass-media en tant que canal essentiel et décisif de la médiation entre les acteurs directs de la colonisation de l'Espace et l'opinion publique en général. La télévision, en particulier, joue un rôle déterminant. Ainsi c'est avec beaucoup d'attention que le monde politique prête attention à la manière par laquelle les mass-media "parlent" de l'Espace, contribuant à créer des mouvements en faveur ou en rejet de certaines décisions politiques.

Le troisième message est très pratique et opérationnel. Il porte sur la manière par laquelle on pourrait faire progresser l'anthropologie spatiale et l'ensemble des réflexions et des démarches relatives à la gestion de l'écosystème Terre-Espace. A cet égard, deux acteurs principaux occupent le terrain : les Communautés Européennes et l'ASE. Les premières expriment l'identité politique, en construction, de l'Europe. Le deuxième est l'expression concrète de la convention de coopération qui lie en matière spatiale, les Etats européens. Par ailleurs, l'ASE se situe tout naturellement, comme il est explicité dans son Plan à long terme, dans le sillon de la construction de l'Europe. L'aboutissement logique de ce constat est que les Européens possèdent les institutions et les moyens pour participer à la définition et la gestion de l'écosystème Terre-Espace de manière positive et active et qu'il serait dès lors souhaitable que de nouvelles formes de coopération étroite entre la Communauté Européenne et l'ASE soient élaborées, promues et mises en oeuvre dans la perspective d'une "Anthropologie spatiale" globale à laquelle la culture européenne devra contribuer en fonction de ses valeurs, de son "intelligence" et de sa créativité.

REFERENCES et BIBLIOGRAPHIE

- W. AGOSTO Lunar ... sourced ... inorganic ... composites ... for ... space construction.
Lunar and planetary Conference p.1 1985
The Lunar and planetary institute Houston
- J. ANGEL Opticians as astronauts
Proceedings of the SPIE Conference no 571 1986
- H. ARENDT La condition de l'homme moderne Calmanlevy 1982
M. AVERNER, On the habitability of Mars: an approach to planetary
R. Mc ELROY ecosynthesis
NASA Report SP - 414 1976
- D. BLANCHARD Lunar derived "Soil" for the growth of higher plants
NASA/JSC Workshop 1987
(Lunar News no 49 Summer 1987)
- P. BOHANNAN Social Science participation in "The Space settlement papers" (E. Jones) p. 303
- R. BONNET Les programmes spatiaux américains, soviétiques et européens
in "Frontiers and Conquest of Space" J. SCHNEIDER and M. ORINE LEGER Eds. Martinus Nijhoff 1988

K. BOULDING

The economy of the coming space ship Earth in "Environmental quality in a growing economy" E. JARRET Ed. J. Hopkins Pass 1964

W.M. CLAPP

Advanced Space suit glove design in "Case for Mars II" p. 469. Advances in the Astronautical Sciences Mc KAY Ed. Science and Technology Series no 62.

P. COLLINS

D. ASHFORD

Potential economic implication of the development of Space tourism Paper no IAA-466 at the 37th Congress of the International Astronautical Federation Pergamon Press 1986

M. O'CONNORS

et AL.

Living aloft : human requirements for extended space flight

Rapport NASA SP. 483 1985

R. CRISWELL

R.W ALDRON

Lunar based power systems Paper no IAA-86-507 presented at the 37th Congress of the International Astronautical Federation.

H. CURIEN

Intervention à la journée de Commémoration des 25 ans du CNES. 29 avril 1987

J. DIEUDONNE

Pour l'honneur de l'esprit humain Le Seuil 1988

A. ESTERLE

L'homo ingravitatis in "Le Spatiopithèque" A. BRAHIC et AL. Le Mail 1987.

- ESA European Long Term Space Plan 1987-2000 (1987)
- ESA-STDT Mars rover mission Report ESA-SCI (87)2, 1987
- FIELDLBERG DNA Repair
- B. FINNEY Interstellar travel and the human experience Univ of
E. JONES Calif. Press 1985
- J.P. FITOUSSI Les effets économiques induits des contrats de l'ESA
et AL. in Economic effects of Space. Rapport ESA SP-ISI
- R. FREITAG Advanced automation for space missions
et AL. NASA Report CP2255 1982
- S. FREUD Malaise dans la civilisation PUF 1971
- J. FOWLES The improbability of Space Colonies
Technological forecasting and social change 12 365
(1978)
- C. GABRIELESE First Capture of antiprotons in a Penning trap : a
kiloelectronvolt source Physical Review Letters Vol 57
p. 2504 1986

- D. GAUTHIER Communication privée 1987
- J.J. GOUX Economie et Symbolique
Seuil 1971
- A.HARISSON
et AL. Psychological and interpersonnal adaptation to Mars mission in "The case for Mars II" op. cit. p. 643
- J.HOFMANN Astronaut's experience in "Frontiers and Space Conquest" op. cit.
- H.HORA
H.LOB Efficient production of antihydrogen by laser for space propulsion Zeitschrift für Flugwissenschaft und Weltraumforschung Vol 10 p. 393 1986
- S.HOWE
J.METZER Survey of antiproton-based propulsion concepts and potential impact of a mars-manned space mission Los Alamos preprint July 1987
- H.HUSSERL L'arche originaire Terre ne se meut pas La philosophie no¹ Ed. de Minuit 1985
- G.HUBER Loin de la Terre : une nouvelle phase du refoulement organique ici "Frontiers and Conquest of Space" op. cit.

ISOTIMU IWATA On Lunar self-reproductive infrastructures Paper no 454
presented at the 37th Congress of the International
Aeronautical Federation 1986

E. JONES et AL. 1986 The Space settlement papers J. of the British
interplanetary Society Vol 39 p. 291

P. KAUFMANN L'expérience émotionnelle de L'espace Mouton 1964

E. KANT Qu'appelle-t-on s'orienter dans L'espace ? Vrin

G. LAMBERT Vers un nouveau rameau de L'humanité in "Le
spatiopithèque" op. cit.

LESOURNE 1988 in Temps et Devenir Loc. cit.

R. LÜST Cooperation between Europe and the United States in
Space ESA Bulletin no 50 p. 98 1987

E. LEVINAS Dieu, Gagarine et nous in "De Dieu qui vient à l'idée"
Vrin 1982

CL. LEVI-STRAUSS Le cru et le cuit Gallimard 1945

A. MADELIN - Déclaration au Salon International Technospace
(Bordeaux 5/12/86)

- Intervention à la journée de Commémoration pour les
25 ans du CNES 29 avril 1987

N.MARTELLO

Development of Space technology for ecological habitats
in "CELSS Workshop" (Mc Elroy et Al. Eds) NASA Report
TM 88215

A.MARTIN

Space Resources and the Limits to growth Journ. of the
British Interplanetary Society 38 234 1985

W.MENDELL

Lunar bases Lunar and planetary institute. Houston
1985

F.MITTERAND

Discours au "Royal Institute for International Affairs"
Londres 19 janvier 1987.

L. MUMFORD

Comments on O'Neill Space Colonies
Co-evolution Quarterly 4-79 (1976)

W.OCKELS

- Comment on "Confinement in Space : the human dimension" in "Frontiers and Conquest of Space" op. cit.
- Le Syndrome du Spationaute : une expérience vécue in "Le Spatiopithèque" op. cit.

H.OSER

Life in Space in "Frontiers and Conquest of Space" op. cit.

R.PASSET L'économique et le vivant Payot 1979

F.PAUL-LEVY L'anthropologie de L'espace Centre de Création
N.SEGAUD Industrielle 1983

P.PENZO Tethers for artificial gravity assists in the solar
et AL. system Journal of Spacecraft, Vol. 23 p. 79 1986

J.M.PHILIPPE Une couronne d'étoile comme une grande fête in
"L'Espace Superstar" no 77 revue Autrement

Cl.POHER Remorqueur electronucléaire Spatial : le projet ERATO
in "Solar Power Stations" Colloque SEE Juin 1986
Gif/Yvette

PRIGOGINE 1988 Temps et Devenir Simon et Patino

M.RADMAN Mismatch repair in Escherichia Coli Annual Review of
R.WAGNER Genetics Vol 20 p. 523 1986

I.RASOOL Global Change Advances in Space Research 1987
et AL. What the exploration of Mars tell us about Earth
Physics Today July 1977 n. 23

N. RYZHKOF

Message au Secrétaire Général des Nations Unies
Moscou 12 Juin 1986

S. RIDE

Leadership and America's future in Space. A report to
the NASA's Administrator August 1987

SAMI ALI

L'espace imaginaire Gallimard 1974

R. SAVER

Food Service and Nutrition for the Space station NASA
report CP 2370 1985

J. SCHNEIDER

La condition prés spatiale et L'expansion de la biosphère
in "Frontiers and Conquest of Space" op. cit.

J. SEIDENGART

Analyse phénoménologique de la condition Spationautique
in "Frontiers and Conquest of Space" op. cit.

R.F. SIMENZ

The influence of aerospace-performance requirements on
development... of... advanced... structural... materials
Philosophical Transaction of the ROyal Society of
London Vol A322 p. 323 (1987)

D. SMITH

Equipment for hot to serve foods in "Food Service for
the Space Station" op. cit.

L. SNIVELY

Mass drivers III : construction, testing and comparison
to Computer simulation in "Space Manufacturing" p. 391

G. O'NEILL

Advances in the aeronautical Sciences 1983

SPACE ACTIVITIES Towards a new era of Space Science and technology 28
COMMISSION (JAPAN) May 1987 - Report of the Consultative Comitee of
Long Term Policy

B. TRAILL The future of the Food System FAST II - Report 1987

D.VAN BLERKOM Base ball in Space in "Space Colonization : technology
and the liberal arts"

J.VON PUTTKAMER Humanization beyond Earth. . . the new age of Space
industrialization. Paper presented at the American
Association for the Advancement of Science - 12 feb.
1978

M. VALLEIX Rapport sur la politique spatiale de l'Europe jusqu'en
l'an 2000 Union de l'Europe Occidentale doc. 1098 Juin
1987

G.VULPETTI A further analysis about the liquide propellant
thermal antimatter engine design concept Acta
Astronautica 1987 (to be published)

L.WITTENBERG Lunar source of helium 3 for commercial fusion power
Fusion Technology Vol 10 September 1986