

Zeitschrift: Revue syndicale suisse : organe de l'Union syndicale suisse
Herausgeber: Union syndicale suisse
Band: 62 (1970)
Heft: 11

Artikel: L'exploration spatiale : symbole d'avance de la science et de création d'emplois [suite et fin]
Autor: Hartmann, Georges
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-385602>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'exploration spatiale : symbole d'avance de la science et de création d'emplois

(Suite et fin)

Par *Georges Hartmann*, docteur en sciences économiques,
chargé de cours à la Faculté de droit et des sciences économiques et sociales
de l'Université de Fribourg

L'exploration spatiale permet aussi des relevés hydrologiques (repérage et photographie des champs de neige, du recul des glaciers...) mais tout particulièrement des relevés agronomiques qui ne peut pas se faire sur Terre (propagation des maladies des plantes, alertes d'incendies de forêts, détection de bancs de poissons...). Dans les effets *utiles à l'agriculture*, il faut relever :

- la différenciation des zones de végétation saines de celles qui ne le sont pas (parce qu'elles sont ravagées par les insectes ou les maladies) ainsi que le stade de maturité des récoltes, grâce à des caméras couleurs photographiant à l'infrarouge;
- les propriétés fertilisantes de la carotte prélevée en profondeur dans le sol lunaire par l'équipage d'«Apollo 11»;
- les possibilités nouvelles, et déjà éprouvées, de cultiver des plantes rigoureusement aseptiques (lors d'expériences sur les maladies des plantes) s'inspirant des techniques de décontamination qui ont assuré l'efficacité de la quarantaine des hommes et des matériaux après le retour d'«Apollo 11».

L'espace va aussi devenir un instrument essentiel de *l'océanographie* et de l'exploitation des ressources de la mer : selon les filtres employés (verts, rouges, capteurs infrarouges) on obtient des photographies sur la profondeur des océans ou des images découpées du littoral, des courants marins comme aussi des résultats sur les températures, des repères des bancs de poissons : les pêcheurs sont déjà guidés par des signaux émis par le satellite «Nimbus 3» lancé le 14 avril 1969. Il n'est pas exclu que soit créé une fois un organisme commun Nasa/Agriculture/Commerce pour l'exploitation de toutes ces méthodes au profit de tous les pays du monde.

Dans le domaine de la *zoologie* également, l'étude des migrations animales et l'aide aux espèces en danger de disparaître sont grandement facilitées par l'exploration spatiale : par exemple depuis le 1^{er} avril 1970, une expérience écologique patronée par la Nasa, le Ministère de l'intérieur et l'Institut Smithsonian permet de percer le mystère des habitudes migratoires de certains grands animaux ; un élan femelle, choisi dans un troupeau de sept mille bêtes du Refuge national de l'Etat de Wyoming est équipée d'un «collier

électronique» étanche, antichoc (émetteur-récepteur, batterie et cellules solaires, antenne). Des impulsions électroniques traduisant la température ambiante, l'intensité de la lumière, la température de la peau de l'animal, l'altitude du lieu où il se trouve, sont lancées deux fois par jour, à midi et à minuit, et enregistrées par le satellite météorologique «Nimbus 3» qui effectue des comparaisons avec une autre série d'interrogations faites deux à trois minutes plus tard puis transmise aux Centre spatial Goddard à Greenbelt (Maryland).

Le zoologue Archie Carr, professeur à l'Université de Floride, a équipé aussi quelques tortues vertes d'un appareil émetteur dont les signaux radio peuvent être captés par un satellite qui révèle ensuite l'itinéraire et les repaires encore secrets de ces tortues qui effectuent en haute mer des voyages de deux mille kilomètres.

«L'univers est pour l'astrophysicien un laboratoire prodigieux où se trouvent réalisées des conditions physiques qu'on ne peut approcher sur Terre qu'au prix d'énormes difficultés... Les progrès de l'astronautique enrichiront les autres sciences qui à leur tour feront progresser *l'astronomie*. De telles études doivent servir l'espèce humaine; elles pourraient aussi être employées de façon nuisible. C'est aux hommes qu'il appartient de choisir et d'imposer le juste usage des moyens prodigieux que la science met maintenant à leur disposition.» Ainsi s'exprimait déjà en 1961 Evry Schatzman, professeur d'astronautique à la Faculté des Sciences de Paris. En effet, les expériences spatiales ouvrent la voie à une nouvelle astronomie qui conduira peut-être à une révision de certaines de nos conceptions sur l'évolution de l'univers, telle que nous l'avons imaginée depuis la Terre même avec nos télescopes les plus grands : par exemple les satellites observatoires astronomiques (notamment l'«OAO II» – Orbiting Astronomic Observatory – mis sur orbite le 7 décembre 1968) apportent aux astronomes et aux astrophysiciens plus de renseignements que dix ou quinze ans de recherches avec des fusées-sondes. Les savants comptent pouvoir construire sur la Lune des observatoires astronomiques fixes que ne gêneront plus les nombreux rayonnements interceptés par l'atmosphère terrestre opaque à certains rayons.

L'espace devient aussi pour le biologiste un vaste laboratoire. Une autre bénéficiaire de l'astronautique est la *médecine* grâce au transfert de la technologie de la recherche spatiale à la science médicale ainsi qu'aux progrès réalisés pour mieux connaître l'homme bien portant dans son milieu terrestre et hors de son cadre naturel.

Pour le corps humain, sensibilisé par la pesanteur et mal adapté à la vitesse, l'Espace ne commence pas à 80 km d'altitude (espace météorologique) mais déjà à 15 km environ au-dessus de la Terre où apparaît le danger de mort par manque d'oxygène, alors que ce n'est qu'à 18 km environ que les fluides du corps humain se vaporisent et à 40 km que les rayons cosmiques primaires deviennent mortels.

Jusqu'à ce que le premier homme ait réussi à marcher sur la Lune le 20 juillet 1969 à 21 h. 59, que d'expériences biologiques ont dû être entreprises. Les risques encourus étaient nombreux. La quantité d'énergie que les radiations sont susceptibles de perdre dans la traversée des tissus vivants des astronautes, ou des animaux et des végétaux les accompagnant, le risque du processus néoplasique type de leucémie), les actions des champs magnétiques élevés sur l'homme (générales, locales, visuelles, gustatives...), les effets physiologiques de l'absence de pesanteur, la tolérance de l'organisme humain à l'accélération et à la décélération de la fusée porteuse sont, parmi d'autres, certains tests indispensables des vols spatiaux. Par exemple, tandis que les muscles résistent le mieux, les tissus durs, comme les os, ne supportent les accélérations que jusqu'à une certaine limite, au-delà de laquelle ils se casseront. Dans des accélérations supérieures à une seconde, le tissu fluide, le sang, se déplace vers les régions inférieures du corps entraînant, par suite de la diminution de l'irrigation sanguine dans le cerveau, des déficiences visuelles et cérébrales selon le processus «voile gris» (brouillard), «voile noir» (aveugle), «perte de connaissance», à moins que dans le cas contraire une accumulation de sang dans la tête ne provoque des douleurs intolérables, le «voile rouge» (perte de la vision) et la «perte de connaissance». En une seconde, l'organisme humain peut supporter une accélération de 12 fois ou une décélération de 7,5 fois force de pesanteur terrestre: c'est pourquoi la position des astronautes dans les cabines des satellites est prévue en fonction de ces constatations: couchée ou semi-couchée sur le dos. Dans la position couchée, où le champ de pesanteur est perpendiculaire à l'axe longitudinal du corps, l'accumulation du sang dans l'abdomen et dans les membres inférieurs ne se produit pas et la pression carotidienne reste normale. Mais, en revanche, le déséquilibre humoral qui affecte transversalement le corps doit être combattu par le port de vêtements agissant par compression de certaines parties du corps. Tous ces problèmes sont si graves que, lors du retour à la station debout au sol, le cœur doit se réadapter à la surcharge provoquée par la colonne sanguine céphalique, ce qui entraîne généralement des troubles passagers: l'astronaute américain Shirra a présenté un véritable état syncopal; le cosmonaute soviétique Nikolaïev a dû rester couché une dizaine de jours.

La pesanteur ou son absence ne joue qu'un rôle secondaire dans tous les processus réflexes de déglutition, de digestion et d'excrétion. En revanche, les bruits et les vibrations, très variables suivant les différentes phases du vol spatial, ont une influence plus marquée sur le corps humain selon son orientation par rapport au sens de la propagation des ondes; aussi les nausées, les hémorragies intestinales, la perte temporaire de l'acuité auditive et visuelle, notamment de la perception des couleurs, les douleurs précordiales du

cœur peuvent conduire à des difficultés de lecture des indications du tableau de bord au moment du passage du mur du son. On comprend dès lors pourquoi les astronautes sont maintenus en orbite le plus longtemps possible et pourquoi les pilotes américains de «Gemini 7» ont passé 13 jours dans l'espace en décembre 1965 et les pilotes soviétiques de «Soyouz 9» 17 jours en juin 1970.

En revanche, une révélation des vols spatiaux a été que l'apesanteur améliore la vue de l'homme: Gordon Cooper d'abord, puis Edward White voyaient mieux le sol (camion sur une route, sillages de bateaux sur l'eau) depuis leur satellite que depuis un avion volant à 13 000 m: tous les tests entrepris dans la suite sur ce point ont confirmé la révélation des aviateurs-astronautes.

Tous les travaux des laboratoires de recherches médicales de la Nasa se révéleront extrêmement bénéfiques pour l'humanité. Afin de maintenir scrupuleusement à jour le «profil biologique» de chaque astronaute, à leur retour des vols spatiaux, des prélèvements et des tests complètent les informations télémétriques qui ont déjà été enregistrées à distance pendant les vols.

Les séjours dans l'espace se traduisent par un nouveau régime de distribution du sang dans le corps, une désorientation du système musculaire, une décalcification des os et une déminéralisation du squelette qui ne sont plus soumis, comme sur Terre, à des pressions permanentes qui leur valent des charges électriques: une journée passée dans l'espace est pour le squelette l'équivalent d'une semaine au lit parce qu'il est dispensé de toute réaction et libéré de toute charge électrique.

Le matériel miniaturisé mis au point pour la construction des engins spatiaux et des appareils de contrôle médical à distance des astronautes va rejaillir dans le domaine de l'électronique médicale terrestre. Par exemple, des analyseurs de sang, des stimulateurs cardiaques, des sacoches médicales portatives (permettant en deux minutes de faire connaître la tension artérielle, la température, le rythme respiratoire, le degré de sudation, l'électrocardiogramme, l'électro-encéphalogramme d'un blessé), des blocs opératoires pour ambulances permettant des interventions chirurgicales sur place, des appareils de surveillance à distance des malades graves dans les salles d'hôpital grâce à des capteurs. Tous ces appareils dérivent des installations expérimentées sur les astronautes avant, pendant (radio-télémesures) et après les voyages spatiaux et contribuent déjà à sauver des vies ou à améliorer la santé humaine. Des malades cardiaques peuvent être désormais surveillés à distance par leur médecin, aussi bien à domicile ou en clinique que dans la rue, grâce à un petit appareil de la grandeur d'une boîte de cigarette, qui, fixé à la jambe du malade, communique à distance trois renseignements concernant le cœur, deux sur la température et une autre information sur la pression sanguine. Dans de nombreux hôpitaux de telles

indications télétransmises sont centralisées dans une installation électronique programmée, qui est chargée de les enregistrer, de les surveiller en permanence et de déclencher l'alarme et d'attirer l'attention du personnel médical dans les cas où les indications atteignent une valeur dangereuse.

Les recherches sur la protection de l'organisme humain contre le froid dans l'espace améliorent déjà les possibilités de secours en haute montagne ou dans les zones polaires.

Le véhicule lunaire «Lunartic», qui a été prévu pour les déplacements sur la Lune au moyen de huit grandes béquilles, a aussi été adapté, en petit, pour aider des infirmes à franchir les différences de niveau dans la rue, se déplacer dans la rue, gravir des escaliers.

Bien plus fantastique encore, l'appareil (cellules photo-électriques, amplificateur à transistors, sensibilisateur réglable) conçu à l'origine pour des astronautes ne pouvant mouvoir ni leurs bras ni leurs jambes pendant les fortes accélérations de vitesses, a été incorporé à des branches de lunettes que les infirmes privés de mains ou de bras ou de jambes pourront désormais utiliser; simplement par des mouvements volontaires des globes oculaires ils pourront actionner ou fermer un commutateur de lumière, de cuisinière électrique, de radio, de TV, ou composer un numéro de téléphone, même commander une machine à tourner les pages d'un livre, ou diriger un fauteuil roulant à moteur.

Les 120 caractères enregistrés à la seconde sur la bande magnétique d'un ordinateur électronique peuvent désormais être transcrits en alphabet Braille grâce à l'obligation dans laquelle s'est trouvée la Société Boeing d'inventer un tel procédé pour le programmeur aveugle qu'elle avait engagé lors de la réalisation du programme «Saturne 5».

Les salles d'opération de certains hôpitaux profitent déjà des techniques mises au point pour la construction de satellites biologiquement stériles grâce à un rideau d'air isolant les bancs de montage et d'essais. Les casques des astronautes américains servent maintenant de modèles comme inhalateurs pour les enfants atteints de troubles de la respiration tandis que les casques des cosmonautes soviétiques ont permis de perfectionner un nouveau procédé d'électro-encéphalographie chez les enfants schizophrènes ou somnambules.

Et grâce à l'astronautique, les laboratoires pharmaceutiques sont évidemment à même de compléter leur panoplie toujours plus étendue de médicaments: par exemple, de nouveaux composés à base d'hydrazine (combustible spatial) sont envisagés dans le traitement de la tuberculose et de certaines maladies mentales.

Tout le monde sait que les moteurs, les appareils scientifiques ainsi que les émetteurs et récepteurs radio et TV à bord des satellites ou déposés sur une planète ont besoin d'énergie de façon

continue ou espacée selon les cas. Ainsi le programme de *fourniture d'électricité* dans l'espace a conduit à l'emploi de plusieurs sources d'énergie:

- Les piles solaires ou photo-piles sont constituées par des panneaux de photo-cellules exposées au rayonnement du soleil: par exemple, tous les satellites de communications sont équipés de cette manière.
- Dans certaines villes des Etats-Unis, les drugstores vendent déjà pour 1 dollar des piles solaires qui, reliées au circuit électrique des appartements, éteignent automatiquement les lumières dès que le jour se lève.
- Les batteries chimiques débitent en vase clos une énergie qu'elles ont emmagasinée au préalable: les «Luna» soviétiques auraient été dotés de telles batteries.
- Les piles à combustibles avec réservoirs d'oxygène et d'hydrogène maintenus à très basse température: l'odyssée d'«Apollo 13» en avril 1970 a fait connaître au monde entier ce type de pile dont l'intérêt primordial réside, lors de la combinaison oxygène-hydrogène, dans la production d'eau pure et d'électricité sans résidus nocifs: autrement dit, d'une pierre deux coups! Générateur coûteux, la pile à combustible n'a trouvé d'emploi jusqu'à présent que dans les vols spatiaux; cependant, les chercheurs de la Société suédoise Alsthom s'engagent dans une voie qui débouchera sur des réalisations industrielles. Une entreprise américaine a déjà développé un type de voiture automobile propulsée par un moteur utilisant du carbure d'hydrogène de l'air.
- Les générateurs radio-isotopiques, dont le principe consiste à exploiter l'énergie libérée par les corps radio-actifs, par les particules émises par des corps radio-isotopiques (sous-produits de l'industrie atomique), sont montés en général sur des satellites scientifiques. Ces générateurs sont dénommés SNAP impairs («System by Nuclear Assistant Power»). La marine américaine a lancé le 29 juin 1961 un satellite d'aide à la navigation «Transit 4-B» dont les appareils de bord sont alimentés par une batterie radio-isotopique ayant la dimension d'une orange et pesant deux kilos et qui débite la même quantité d'énergie qu'un ensemble d'accumulateurs qui pèserait une tonne! Un satellite expérimental a été mis sur orbite le 3 avril 1965 et la mise en marche de son générateur radio-isotopique a été télécommandé le lendemain seulement à des fins d'étude du comportement d'une telle pile dans l'espace. Les divers instruments composant l'ALSEP («Apollo Lunar Surface Experiments Package»), soit un analyseur de particules solaires, un enregistreur de tempéra-

ture du sol, un sysmographe et deux mesureurs de poussières et de gaz, que les astronautes d'«Apollo 13» auraient dû déposer sur la Lune en avril 1970, était alimenté par un nouveau générateur thermo-nucléaire.

Enfin, telle ou telle de ces sources d'énergie, selon les latitudes, les climats, les pays et les conditions locales, participe déjà sur terre, dans les airs et sous les eaux, à des réalisations pratiques: véhicules à moteurs, diminution de la pollution de l'atmosphère, télémessure médicale, prothèses, phares, stations météo, relais téléphoniques, oléoducs, puits de pétrole, sous-marins, appareils de navigation.

Et les réussites aussi de pressurisation et de climatisation dans les cabines spatiales ne se limitent plus à l'espace: elles débouchent au niveau des applications pratiques dans l'aviation, dans les immeubles locatifs, dans les bureaux, dans les hôpitaux, salles de concert, de théâtre, cinémas.

Les télécommunications devant être comprises dans un sens large, les satellites proprement dits de communications d'un point à un autre point de la Terre sont complétés par les satellites de communications capables de recevoir des ordres d'un point terrestre et de transmettre les résultats de leurs observations d'un point déterminé de l'espace extra-atmosphérique à un point terrestre donné: dans les deux catégories il en est de militaires (par exemple IDCSP) et de commerciaux. Mais pourquoi des satellites de communications?

Les relations humaines exigent un volume toujours croissant de communications téléphoniques, télégraphiques, radiophoniques, de TV, *auquel les installations* de radio à haute fréquence et les réseaux de câbles sous-marins *ne peuvent plus répondre*; seules les ondes hertziennes courtes permettent d'acheminer un grand nombre de communications. Or, ces ondes courtes peuvent cheminer non pas le long de la rotondité de la Terre mais en ligne droite: si un message est envoyé en direction d'un satellite de communication sur orbite, celui-ci le réfléchit vers une station réceptrice terrestre se trouvant à des dizaines de milliers de kilomètres.

Grâce aux satellites de communications il est devenu possible de faire face à tous les besoins et même d'abaisser les tarifs. Le premier essai élémentaire a été réalisé avec le satellite «Score» (18 décembre 1958) et le *premier satellite de communications dans l'espace fut «Explorer VI»* (7 août 1959); quant au premier envoi avec succès de satellite de communications à très longues distances dans l'espace, il fut réalité avec «Luna 3» (4 octobre 1959) qui transmet automatiquement les premières photos de la face cachée de la Lune. C'est ensuite grâce à «Echo I» qu'eut lieu le 18 août 1960 la première liaison transatlantique entre Holmdel (New Jersey) et Issy-les-Moulineaux (France).

Mais le véritable satellite de communications terrestre fut «Courier IB» lancé le 4 octobre 1960 par l'armée américaine: il recevait des messages en passant au-dessus de certains points terrestres, les enregistrait sur bande magnétique et réémettait ces mêmes messages amplifiés en passant au-dessus d'un autre point de réception terrestre.

Puis, après les expérimentations de «Telstar» (Bell-ATT), qui relia dès le 11 juillet 1962 les deux Amériques ainsi que les États-Unis et l'Europe, et de «Relay» (RCA), tous deux des satellites non stabilisés à passage rapide dans le ciel ($1\frac{1}{2}$ heure), la Nasa lança un satellite stationnaire de 24 heures «Syncom» (Hughes) qui fut le premier à tourner autour de la Terre à la même vitesse qu'elle, c'est-à-dire un engin pouvant être vu en permanence par des observateurs situés en deux points terrestres fort éloignés. Contrairement aux précédents – sauf «Courier B» – (satellites passifs réfléchissant les ondes comme un miroir) les «Syncoms» ouvrirent dès 1963 l'ère des *satellites actifs emportant des relais, des amplificateurs, des récepteurs, des réémetteurs des messages reçus.*

A l'époque actuelle où les problèmes sont devenus planétaires l'établissement d'un réseau mondial de télécommunications et de télévision est devenu de plus en plus nécessaire. Les sociétés «Comsat» («Communication Satellite Corporation») et «Intelsat» (Organisation internationale de communications spatiales) qui peut transmettre simultanément 1200 programmes de TV et d'informations, fournissent toutes deux avec leurs 70 pays membres (dont la Suisse) des modèles de services publics internationaux de communications par satellites artificiels dont le premier fut dès le 6 avril 1965 «Early Bird» avec ses 240 canaux téléphoniques utilisables dans les deux sens, qui avaient déjà doublé à cette époque la capacité des quatre câbles sous-marins transatlantiques. Dès 1967 «Atlantic 2» (1200 canaux), «Pacific 1» et «Pacific 2» n'ont pas découragé l'URSS dans l'exploitation de son système Orbita avec les satellites «Molnya» dont le premier a été lancé le 23 avril 1965. Il est intéressant de savoir que «Courier IB» avait révélé déjà en 1960 que *des radiocommunications à l'échelle mondiale seraient possibles sans limitation de distance au moyen de trois satellites seulement.* Un satellite de télécommunications coûte au minimum 500 millions de francs.

Avant l'ère spatiale jamais une image n'avait franchi en direct les océans. Les satellites de communications ont permis cette performance (mondovision) et assurent un développement énorme des liaisons à grandes distances avant de permettre dans quelques années le téléphone automatique mondial. Imagine-t-on assez qu'on pourra alors, d'un continent à l'autre aussi bien visuellement qu'oralement, consulter presque instantanément son fournisseur ou son client, son partenaire scientifique ou politique et même la documen-

tation nécessaire à l'exercice de sa profession? On comprend pourquoi le problème toujours plus complexe des communications spatiales préoccupe en permanence l'Union internationale des télécommunications. A la suite de l'accroissement des transmissions par satellites entre l'Amérique du Nord et l'Europe, dont les tarifs de communications ont déjà été réduits d'un quart, l'Union européenne de radiodiffusion (UER) a décidé d'ouvrir à New York à fin 1970 un Bureau de coordination des actualités télévisées.

D'ailleurs, le satellite américain «Vanguard I» (17 mars 1958) a transmis pendant six ans les informations qu'il avait au préalable détecté sur la grosseur et la forme de la Terre puis enregistré automatiquement sur bande magnétique; en juin 1970 la mission du satellite soviétique «Soyouz 9» pendant dix-sept jours sur orbite devait aussi permettre de perfectionner le système de télécommunications entre l'Espace et la Terre. Il est en effet intéressant et passionnant de pouvoir recevoir et examiner dans son laboratoire ou chez soi des photographies de la Terre prises à quelques centaines de kilomètres de hauteur et de recevoir des images identiques enregistrées au même instant quelque part dans le monde ou dans l'Espace.

Dans le cadre du programme d'observations combinées de la Nasa, et à l'aide de la grande antenne parabolique de 64 m de diamètre de la station de Goldstone en Californie les experts du «Jet propulsion laboratory» ont repris contact radio avec la sonde martienne «Mariner 6», lancée en 1969, se trouvant à 380 millions de km de la Terre, soit $2\frac{1}{2}$ fois la distance de la Terre au Soleil. Et si «Explorer I» (1er janvier 1958) doit retomber et brûler dans l'atmosphère terrestre à la fin de 1970, le satellite géodésique «Transit 4-A» (29 juin 1961) transmettra des informations jusqu'en l'an 2651 tandis que les deux *satellites de communications* «Syncom 3» et «Early Bird» continueront à tourner sur leur orbite, selon les calculs des ordinateurs électroniques, *durant environ 10 000 ans.*

Quant aux satellites de communications assurant les liaisons entre les postes de commandement et les troupes en opération (Grande-Bretagne et bases d'outre-mer, Etats-Unis et Vietnam), qu'il suffise de mentionner qu'une fusée «Titan III» a procédé le 18 janvier 1968 au premier lancement simultané de huit satellites pour assurer les liaisons entre le Pentagone à Washington et le Haut-Commandement au Vietnam. En Europe aussi, sur décision des ministres de la Défense de l'OTAN, ont été lancés en mars et en juin 1970 «OTAN-1» et «OTAN-2» pour transmettre des liaisons phoniques ou des textes écrits et compléter le réseau actuel de télétypes.

L'espace atmosphérique est aussi un vaste laboratoire météorologique. Par l'observation, la collecte, la transformation et la distribution des constatations, la météorologie a pour mission de fournir les prévisions du temps. Par exemple, une partie des observations

météorologiques représentent 5 millions de caractères toutes les 24 heures! A part quelques centaines de postes météorologiques «radar» (échos météo) qui décèlent les pluies et les orages, le réseau des stations météorologiques de notre planète groupe 8000 points de mesure dont 500, environ, sont capables d'effectuer des sondages verticaux de l'atmosphère. Or, malgré cela, l'Organisation météorologique mondiale (Genève) estime que 90% de la surface du globe sont encore insuffisamment desservis par les observations. L'observation du fait physique atmosphérique est ensuite complétée par son analyse au moyen d'ordinateurs électroniques sur la base, selon les cas et les nécessités, de trois modèles mathématiques prévisionnels: barotrope (un niveau), barocline (deux niveaux) et simulation numérique. Si les calculs étaient effectués par un homme une prévision de 24 heures demanderait 1000 ans au lieu de 3 minutes pour le premier modèle, 10 000 ans au lieu de 20 minutes pour le deuxième cas et 100 000 ans au lieu de 60 minutes pour le troisième. On voit dès lors se dessiner l'intérêt immense, en plus des ordinateurs électroniques, également des *satellites artificiels comme moyen d'investigation météorologique*.

Un satellite météorologique géostationnaire à 36 000 km d'altitude sur l'équateur de la Terre peut tenir dans son champ visuel un tiers de la superficie de notre planète. Et son efficacité est d'autant plus grande qu'il est en mesure de garantir une continuité géographique et de temps, une cohérence et une précision des mesures ainsi qu'une rapidité de la collecte et de la transmission des informations aux stations terrestres.

Si «Vanguard II» lancé le 17 février 1958 pour observer les calottes de nuages qui recouvrent la Terre, et équipé de cellules à infrarouge, d'une mémoire électronique, de batteries au mercure, d'émetteurs radio aura une durée de vie estimée à plusieurs centaines d'années, le *premier satellite véritablement météorologique* a été «Tiros I», mis sur orbite le 1er avril 1960. Depuis ce premier «Tiros», transmettant automatiquement par TV des milliers d'images des couches nuageuses de 1300 km de côté, les satellites météorologiques se sont succédés selon un développement croissant: aux Etats-Unis les «Nimbus», «ESSA», «ATS», «ITOS», et en URSS la série des «Cosmos-Météor», tous suivant la trace des dépressions, typhons, ouragans, tempêtes tropicales, et envoyant des centaines de milliers de photos à 140 stations météo réparties sur la surface de la Terre. Par exemple, «Nimbus 3» (14 avril 1969) fournit la matière de 3000 radio-sondages par jour sur toute la surface du globe. Ou bien «ITOS», après avoir interrogé ballons et bouées océaniques, avions et navires qui recueillent aussi leurs données météorologiques, transmet l'ensemble des informations collectées.

Après le lancement de «TIROS-M» le 23 janvier 1970 la réalisation la plus prometteuse apparaît depuis avril 1970 avec «Nimbus 4» qui

mesure la température dans toutes les couches de l'atmosphère, la distribution d'ozone et la proportion de vapeur d'eau puis renseigne les météorologistes sur le temps deux fois par vingt-quatre heures, une fois le jour, une fois la nuit.

On comprend dès lors pourquoi le développement des satellites orbitaux météorologiques est suivi avec grand intérêt par l'Organisation météorologique mondiale. De nombreuses études ont montré les grandes économies que permettraient des prévisions du temps plus précises et à plus long terme pour les pêcheries, l'agriculture, les industries alimentaires, les centrales hydroélectriques, les travaux publics, etc. Les satellites météorologiques permettent déjà aux pêcheurs de rentrer au port avant le mauvais grain qu'ils annoncent. Prévoir le temps deux semaines à l'avance, cela signifie pour la production agricole des Indes, par exemple, un avantage de un milliard et demi de dollars par an et pour les États-Unis plus de deux milliards de dollars (sécurité des avions, des navires, des gens) : en 1961 les avertissements du satellite «Tiros» ont permis l'évacuation de 350 000 personnes des zones qui, aux États-Unis, allaient être ravagées par l'ouragan «Carla». Aux États-Unis on a estimé en 1969 à vingt milliards de dollars l'économie procurée par les prévisions de satellites météo, dont la moitié dans l'agriculture et l'élevage et un quart dans la construction.

A part les satellites actuellement en orbite, équipés d'appareils et d'instruments capables de discerner, de mesurer, de photographier, de transmettre, etc. bien au-delà des possibilités des sens de l'homme, d'autres *satellites dénommés glaciologiques* surveillent les régions polaires au moment où la banquise va se disloquer, fournissent de précieuses indications aux bateaux brise-glaces en leur évitant des déplacements et des dépenses inutiles.

La création d'un système de navigation par satellites a retenu depuis quelques années l'attention de l'Organisation consultative de navigation maritime et l'Organisation de l'aviation civile internationale. La série des *satellites de navigation* a été ouverte par le lancement de l'engin américain «Transit 1» au printemps 1960, puis par l'engin soviétique «Cosmos» : le 25 avril 1970 huit engins ont été mis simultanément sur orbite pour créer un réseau opérationnel de navigation : «Cosmos 336 à 343». Par exemple, grâce à «Transit 2» et «Piggy Back» (juin 1960) les sous-marins pouvaient faire le point en surface avec cent cinquante mètres d'erreur. Ou bien, à l'aéroport de New York, les pilotes de lignes transocéaniques, reçoivent, transmise automatiquement par satellites de communications, des photos du ciel qu'ils traverseront. Mais, grâce aux satellites de navigation gravitant sur une orbite parfaitement connue et dotés d'émetteurs ultrastables, les navires pourront désormais, au moyen d'appareils spéciaux, de jour et de nuit et quel que soit le temps, faire le point en captant les signaux radio de ces satellites

et lisant en clair longitude et latitude sur un cadran du tableau de bord, alors qu'avec compas et sextant un bateau ne pouvait jadis se guider qu'à trois cents mètres environ.

En 1966, la croisière du navire océanique «Vema» a vérifié l'extrême précision de cette nouvelle possibilité de localisation.

En tous cas, le système de navigation par satellites pour les avions et les navires permettra de rendre les voyages plus sûrs et meilleur marché; selon les estimations de la Nasa, si l'économie de l'essence et de la main-d'œuvre qui en résultera ne représentait que 1%, l'industrie navale économiserait cent cinquante millions de dollars par an.

5. Les nouveaux produits de l'exploitation spatiale et l'emploi

Dans la pensée de son promoteur, le Président John Kennedy en 1961, le développement d'un programme spatial visait à doter les Etats-Unis d'une puissante *industrie spatiale*. Etant donné qu'il faut actuellement construire cent tonnes de fusée porteuse pour lancer deux tonnes de cabine spatiale à satelliser et que 88% de tout cet équipement est électronique, on comprend que tout doit être entrepris pour minimiser le poids des engins devant être mis sur orbite: d'où la recherche de la plus grande qualité sous le plus petit poids et même sous le plus petit volume. Par conséquent l'exploration spatiale est incontestablement à l'origine de l'évolution technique et industrielle d'une gamme inimaginable de *matériaux, produits, appareils et outillages améliorés ou nouveaux* et de leur rapide commercialisation. La Nasa a annoncé qu'il existait près de 4000 *innovations* techniques ayant une valeur potentielle *dans des domaines étrangers à la technique spatiale*, qu'il s'agisse de procédés de production et de fabrication ou de produits proprement dits.

D'abord les besoins alimentaires des astronautes ne diffèrent pas de ceux de l'homme normal resté à terre. Mais les limites imposées par la cabine spatiale quant au poids et au volume ont conduit non seulement à construire des installations et appareils miniaturisés mais aussi préparer des *aliments* déshydratés sous forme de tablettes, sous forme de produits lyophilisés en tubes étanches (café, poulet, bœuf, langoustine, légumes, etc.) pour notre consommation quotidienne mais surtout comme ration de survie pour les troupes militaires isolées, pour les alpinistes, pour les explorateurs etc., et pour certains malades de la gorge ou de l'œsophage.

En liaison avec les industries et les universités, la Nasa a poursuivi depuis de nombreuses années ses recherches pour la fabrication des matériaux et des produits indispensables à la réussite des vols spatiaux. Et les principales «retombées» qui se sont déjà fait sentir sont apparues dans la construction, dans la métallurgie, la mécani-

que de précision, l'électronique industrielle, les plastiques, les textiles, etc. Voici *quelques exemples typiques* de leur utilisation pratique.

Exploration spatiale

Produits nouveaux commercialisés

Constructions:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - pattes tripodes des Surveyors (Aero, Space Products Ltd Toronto) - pyrocéramiques à coefficient nul de dilatation - matériau transparent de construction - produit ignifuge recherché après l'incendie de la cabine Apollo en 1967 | <ul style="list-style-type: none"> - tubes rigides extensibles pour antennes de navire, mâts mobiles de caméras de TV, piquets de tentes - produits pour turbines, pour vaisselles de cuisine, fours, réfrigérateurs, etc. - aussi résistant que l'acier et pouvant s'intégrer dans les structures (maison, machine, véhicule) à la place du verre qui s'insère dans les structures - nouvelle peinture ignifuge 45 B 3 se décomposant au contact du feu en une mousse grisâtre (mousse d'extincteur) |
|---|---|

Métallurgie:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - rocaloy 270: - niobium: - alliages tantale-hafnium: - alliages très légers: - revêtements de téflon pour protéger les câbles électriques: - bouclier thermique des cabines Gemini et Apollo (coquilles intérieure d'aluminium et extérieure d'acier séparées par un isolant de fibre de verre) constitué par 370 000 alvéoles hexagonales «nid d'abeille» de 6 cm de profondeur (flexible, insensible aux vibrations meilleur rapport résistance/poids) | <ul style="list-style-type: none"> - têtes de frappes des machines à écrire IBM - tuyaux spéciaux pour substances chimiques corrosives - produits devant supporter des températures de + 2200° - fraiseuses ultrarapides au service de l'art dentaire - poêles Teflon ou Tefal - demi-coquilles de choc thermique destinées à être retournées derrière les réacteurs des avions supersoniques pour dévier le jet de gaz vers le bas et vers le haut et ainsi inverser la poussée, - panneaux, thermiques anti-chocs, isolants, - matériel de base pour véhicules isothermes, soutes de bateaux et d'avions |
|--|--|

Résines et plastiques:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - résine epoxy introduite à la seringue (Sté Avco) dans les alvéoles du bouclier thermique des cabines spatiales pour qu'elles puissent résister à la température de 10 000° qui se produit à 11 km/sec. lors de la rentrée dans l'atmosphère - résine synthétique suisse renforcée par des filaments de carbone de l'industrie britannique | <ul style="list-style-type: none"> - nouveau conducteur de l'électricité facile à manipuler par la combinaison de résine epoxy et d'or (pour connexions de micro-circuits électroniques - Sté de Watertown) - produits de remplacement du métal et du ciment dans la construction |
|--|---|

- minuscules fibres de cristal de bore enrobées dans une résine de plastique
- plastique renforcé par un revêtement de verre et laminé, résistant aux hautes températures (Westinghouse Electric Corp.)
- plastique aluminisé: 1/800^e de cm d'épaisseur (comme superisolant spatial)
- mousse de plastique expansé dans matériau sandwich aluminium
- mastic contenant 80 % d'acier et 20 % de résine epoxy (Plastic Steel SF) ayant une résistance max. de 560 kg/cm² (Devon Ltd à Theale, Berkshire)
- corps composé remplaçant l'aluminium (2 fois plus solide, 2 1/2 fois plus résistant, 25 % plus léger, moins cher)
- plus solide que l'aluminium pour éléments de bobinages électriques et de construction d'avions
- pour collages à chaud (résistance 80 kg/cm²)
- propriétés de solidité, d'imperméabilité, de souplesse
- pour couvertures, abris, réservoirs, brancards, etc.
- aussi rigide que l'acier
- pour skis, panneaux de maisons préfabriquées, etc.
- pour travaux d'assemblage et de réparations, pouvant être perforé, fileté, usiné

Textiles:

- combinaisons spatiales des astronautes
- parachutes de récupération des cabines spatiales à leur retour:
- textile à structure tridimensionnelle (3-D) pour la climatisation des bottes des astronautes de la Lune
- mortier plastique constitué par des fibres de verre
- adaptations aux besoins des malades ou des explorateurs polaires (-60° pendant des heures)
- grands progrès techniques dont bénéficie la fabrication des parachutes pour l'aviation militaire et civile
- isolant thermique léger à usages divers
- produit léger, résistant, invariable, bon marché, non corrosif pour les conduites d'eau, de drainage, d'irrigation, d'égout

Energies:

- panneaux de cellules photogalvaniques déployables (Fairchild Hiller Corp.) convertissant la chaleur solaire en électricité
- accumulateurs au nickel-cadmium pouvant être rechargés des dizaines de milliers de fois
- pile nucléaire de satellite
- batteries solaires miniatures pour appareils électroniques, radio, téléphone, moteurs dans les régions tropicales
- petites batteries pour appareils de correction auditive, pour caméras de TV, pour installations de contrôle de processus industriels
- batteries nucléaires miniaturisées (dimensions d'une pièce de 50 ct.) produisant sans recharge pendant cinq ans de l'électricité en millièmes de watt pour alimenter:
 - des montres
 - des appareils auditifs
 - des détecteurs-émetteurs radio
 - de surveillance des malades
 - des stations météo (URSS)
 - des balises (GB)

- fusées hybrides (United Aircraft Corp.)
- des stimulateurs cardiaques dans le corps des malades, ou «pacemakers» (générateur minuscule Isomite (Isotope Miniature Thermionic Electric de la McDonnell Douglas Corp.)
- sources de plasma pour générateurs magnétohydrodynamiques (M.H.D.)

Installations électroniques:

- reconnaissance photographique de la Lune
- cassettes d'enregistreur électronique vidéo (image enregistrée sur bande magnétique comme le son) destinées à être introduites dans des postes récepteurs de TV
- télécommunications terre-espace
- magnétophones automatiques dont le moteur et l'enregistrement fonctionnent lorsque le microphone capte le son
- viseurs à rayons infra rouges
- mesureurs d'épaisseur des tôles dans l'industrie
- magnétomètre lunaire à rubidium
- magnétomètre pour la prospection géologique terrestre
- ordinateur électronique réduit des cabines spatiales
- petit ordinateur électronique silencieux de 1½ kg (Japan's Hazawa Electric Company) pour travaux administratifs et de gestion
- petit ordinateur de poche (EU) devant servir d'aide aux pilotes de lignes sur les avions longs-courriers

En effet, l'exploration spatiale n'est pas moins étrangère que d'autres techniques avancées dans les progrès et les rendements supérieurs qui ont été acquis ces dernières années dans les télécommunications (radio, TV), le guidage et la navigation (radar), l'électronique médicale et industrielle ainsi que dans la construction des ordinateurs électroniques (traitement direct simultané, traitement des informations à distance, travail en temps partagé). Selon Thomas O. Paine, ancien directeur des vols spatiaux de la Nasa, *l'industrie des ordinateurs électroniques n'aurait jamais gagné une telle avance sans les nécessités et les impératifs de l'exploration spatiale*. L'astronautique a contribué aux efforts de l'industrie électronique dans sa recherche de miniaturisation toujours plus poussée pour répondre aux exigences de la diminution de place et de l'allègement des appareillages: en dépassant la micro-électronique (époque des transistors) et en passant à la nano-électronique, grâce du reste au microscope électronique et à un outillage spécialisé et le plus souvent automatique, les constructeurs sont-ils parvenus ainsi à intégrer des circuits réunissant plus de mille composants sur une surface de un millimètre carré. Malgré l'énorme vitesse de déplacement du courant électrique la diminution de la longueur des trajets à parcourir

dans des éléments de très petites dimensions est extrêmement importante pour les ordinateurs électroniques parce qu'elle permet d'effectuer les opérations en un temps plus court et de réduire le dégagement de chaleur.

Se fondant sur des théories scientifiques valables, des savants de la Nasa pensent même développer *de nouveaux progrès techniques qui seront possibles grâce à la création d'usines dans l'espace* dans un état d'apesanteur: dans le vide absolu ou règnent l'apesanteur et de très basses températures, les forces moléculaires deviendront des facteurs essentiels de la fabrication industrielle de certaines matières: création d'alliages de métaux de densités différentes, mousses d'acier aussi légères que du liège, moulages à couches multiples, sphéricité parfaite des billes et des boules, formation de cristaux exempts de toutes dislocations, nouvelle variété de verre impossible à fabriquer sur terre, cultures de vaccins, séparation des molécules de certaines substances complexes chimiques et pharmaceutiques au moyen de centrifugeuses à roulement sans friction, fabrication de barres de métal et de verre de 15 à 20 km de long destinés à la fabrication de gigantesques stations spatiales.

En avril 1970 on a été fort ému, dans le monde entier, par le retour en catastrophe des astronautes d'«Apollo 13». On sait que la fusée standard de lancement construite pour les missions «Apollo» est une fusée «Saturne 5» haute de 110 m avec une masse de 2900 tonnes au décollage, ce qui correspond au poids global d'une trentaine de locomotives électriques de nos chemins de fer européens. Une telle fusée est dotée dans son premier étage (6 m de haut et 9 t de poids) de 5 moteurs F-1 de la Sté Rocketdyne (Canoga Park au nord de Los Angeles) et d'une pompe de 60 000 chevaux qui introduit chaque seconde 2 t d'oxygène et 1 t de kérosène dans la chambre à combustion pour produire la poussée nécessaire de 26 millions de chevaux! Les 5 moteurs J-2 du deuxième étage (monté à Seal Beach) et le moteur J-2 du troisième étage (assemblé à Huntington Beach) proviennent aussi tous de Canoga Park et doivent être alimentés avec de l'oxygène conservé à -253 degrés C.

Cette brève description d'un exemple spectaculaire de l'exploration spatiale, parmi d'autres, ne suffit cependant pas à permettre d'estimer les quantités immenses de matières et de produits employés depuis des années pour les recherches, pour les essais, pour les prototypes, pour les constructions définitives ni à évaluer les innombrables heures de travail depuis la planche à dessin, la mine ou le puits de pétrole jusqu'à la récupération des astronautes et jusqu'aux résultats des analyses en passant par toutes les activités des universités, des laboratoires, des usines de transformation, des ateliers de montage, des halles d'essais, etc. D'ailleurs des centaines de nouveaux métiers et professions sont nés. A l'apogée du programme spatial, vers 1966, 200 universités, 20 000 entreprises et

laboratoires étaient chargés de recherches ou d'adjudications et 42 000 personnes s'y employaient en plus des 32 000 fonctionnaires civils de la Nasa. Ces chiffres ont diminué depuis en même temps que la réduction des crédits affectés à l'exploration spatiale.

Si un satellite «Mariner» comporte 18 000 éléments, un «Surveyor» 82 000 composants, la fusée «Saturne 5» avec sa cabine «Apollo 13» réunissait 56 millions de pièces. Chacun peut dès lors imaginer ce que cela implique comme préparation professionnelle, commande de fournitures, redistribution de salaires dans la population et de capitaux dans l'industrie et dans le commerce.

On ne pense peut-être pas assez aux exigences énormes de la préparation, au cours de la décennie 1960-1970, des lancements de diverses catégories de satellites artificiels qui ont eu lieu même ces dernières années seulement: l'assemblage de milliards de matériaux et de pièces détachées par des techniciens et des ouvriers, pièces qui ont dû être conçues par des ingénieurs et des savants de toutes les disciplines scientifiques, puis livrées à des essais très rigoureux après que furent imposés, pour leur fabrication, de nouveaux critères de qualité et de fiabilité. On se souvient que chaque lancement de fusée «Saturne 5» nécessite 3 millions de litres d'hydrogène et d'oxygène liquides et près de 1 million de litres de kérozène. Tout a donc exigé une préparation extrêmement approfondie et détaillée dans toutes les usines de production puis dans les centres d'essais, d'entraînement, en un mot, une quantité énorme d'emplois ont dû être créés pour concevoir, préparer, programmer, assurer, maintenir, réaliser les réussites spatiales. On s'en rend peut-être mieux compte au travers de certains chiffres: une fusée «Saturne 5» pèse 2900 tonnes et un gramme de fusée coûte 40 dollars (200 fr. suisses). Evalué en février 1967, le coût total du programme «Apollo» devait atteindre 24 milliards de dollars, dont 4,9 pour la mise au point et la fabrication de «Saturne 5» et 1,3 pour la réalisation des installations et des équipements nécessaires; ces chiffres seront en réalité dépassés.

Lors de mon séjour en Floride, au moment du lancement d'«Apollo 13», le journal *Clearwater Sun* du 12 avril 1970 avait indiqué le coût de cette mission qui se montait à 375 millions de dollars, soit:

– fusée «Saturne 5»	185 millions (49,3%)
– module de commande (cabine)	55 millions (14,7%)
– module lunaire (LEM)	40 millions (10,7%)
– opérations de lancement et d'amérissage	70 millions (18,7%)
– travaux scientifiques	25 millions (6,6%)

S'il a fallu, pour ne parler que des trois derniers projets spatiaux, consacrer 390 millions de dollars au projet «Mercury» (avec cabine

à une place), 1,35 milliard au projet «Gemini» (avec cabine biplace) et plus de 24 milliards au projet «Apollo» (avec cabine triplace), on se représente la *masse énorme de capitaux engagés puis redistribués* aux fournisseurs de matières premières, qui à leur tour ont payé aussi des mineurs et des transporteurs, aux fabricants de machines et d'appareils, qui ont payé aussi des fournisseurs de métaux et des transporteurs, aux chercheurs, savants, techniciens, employés et ouvriers de toutes formations professionnelles, aux vendeurs de carburants qui ont payé des raffineries après que leurs exploitants aient payé des foreurs de puits et des surveillants de pipe-lines, aux transporteurs par bateaux, par chemins de fer, par camions qui à leur tour impliquent la nécessité de renter des investissements, de payer des véhicules, d'honorer des travailleurs. En un mot, cela dut être un fantastique arrosage de dollars qui a *contribué à faire vivre des centaines de milliers de familles et des millions d'individus*.

Selon la «National Science Foundation» les activités de la recherche et de la fabrication dans l'industrie aérospatiale, évaluées en dollars de contrats, représentaient déjà en 1963 le tiers du total de l'effort industriel américain: 90% de tout l'équipement spatial utilisé par la Nasa lui incombait. Alors que l'industrie automobile des Etats-Unis emploie 900 000 personnes, l'industrie spatiale, qui mobilise 27% des savants et des ingénieurs des Etats-Unis, occupe 1,3 millions de personnes (1970) et contribue même plus largement que les autres branches à l'équilibre de la balance commerciale des Etats-Unis. Sur 29 milliards de dollars (1968), un tiers a été affecté uniquement aux missions civiles et militaires ainsi qu'aux véhicules spatiaux. Par exemple, la cinquième grosse partenaire de la Nasa, la Société américaine «General Electric Corporation», a dû créer un département spécial occupant 6000 personnes («Apollo System Departement»). Dans les environs de Houston le quartier général du Centre spatial de la Nasa a fait surgir une ville de 150 000 habitants qui travaillent, gagnent, dépensent, redistribuent leurs revenus au fisc, au commerce, aux transports, aux assurances, aux banques, aux fabricants de loisirs, etc. Un autre exemple est celui de l'Alabama dont le Centre spatial («Marschall Space Flight Center») est à Huntsville et qui était avant l'ère spatiale une contrée produisant du coton, des céréales et du tabac. Depuis, elle produit ou transforme du fer, de l'acier, du bois, du papier, du charbon, des textiles, des produits chimiques, du ciment, des engrais, des appareils mécaniques ou électroniques, etc. Derrière ces productions se cachent des milliers d'activités de tous genres dans des milliers d'entreprises de toutes dimensions et des centaines de sous-traitants. D'ailleurs, la preuve en est dans la gratitude que les représentants politiques de l'Etat d'Alabama et de la ville d'Huntsville ont exprimée à Wernher von Braun lorsqu'il a quitté ce Centre spatial pour répondre à la

promotion qui l'appelait à Washington. Lors de mon passage à Huntsville au début d'avril j'ai eu l'occasion d'acheter un des derniers numéros de l'édition spéciale des *Huntsville News* du 27 février 1970, consacré entièrement à von Braun en souvenir de son séjour et de ses vingt ans d'activité créatrice à Huntsville: pas moins de 79 sociétés commerciales et bancaires et d'entreprises industrielles lui témoignent dans ce journal leur reconnaissance et souhaitent que son successeur, le Dr Eberhard F. M. Rees, poursuive l'énorme tâche commencée.

La panoplie technique d'une grande nation exploratrice de l'espace laisse supposer un développement parallèle des nouveaux emplois et des innovations de produits. C'est à peu près à la même époque que les cosmonautes soviétiques Nikolaïev et Sevastianov ont atterri après 18 jours de satellisation sur orbite autour de la Terre (juin 1970) et que les Etats-Unis ont inauguré leurs premiers TV-phones publics ou Visophones (juillet 1970), les images étant transmises en même temps que les sons par les câbles téléphoniques. Pour ne parler que de l'exploration spatiale, qui célèbre en 1970 son 3e anniversaire, on peut se demander si elle est une source d'emplois. Cette question repose tout le problème du machinisme, de la mécanisation, de l'automatisation, de l'automation, du progrès des sciences qui engendre en cascades d'autres progrès et améliore le sort de la généralité des hommes des pays développés avant d'atteindre petit à petit les pays en voie de développement. Quels sont les philosophes, les écrivains, les moralistes, les prédicateurs qui se sont attachés à ce problème pour apporter finalement au public, comme le dit Jean Fourastié, «quelques rêveries plus ou moins agréables et pas le moindre commencement de solution constructive»? Fort heureusement, ainsi que le soulignait aussi l'ancien directeur général des PTT C. F. Ducommun au début de 1970, le progrès technique, tout en étant compatible avec une croissance économique sans heurts, *crée autant d'emplois nouveaux qu'il en supprime d'anciens.*

6. Conclusions

Il y a peu de temps encore le globe terrestre comportait cinq continents et on lui avait attribué figurativement un sixième continent: la mer avec toutes les productions directes et indirectes qu'on peut en tirer. La Terre ne va-t-elle pas être dotée figurativement aussi d'un septième continent: l'espace dont l'exploration aura des effets directs et indirects sur la vie humaine, qui profiteront à toutes les nations et à toute l'humanité?

Si elle est une véritable école d'organisation en raison de la programmation extrêmement précise de toute cette immense machinerie, depuis la commande, la fabrication et la livraison de toutes les installations nécessaires jusqu'au retour des cosmonautes, *l'astro-*

nautique est aussi un élément moteur ou accélérateur de l'économie. Un bureau spécial de la Nasa, à Washington, dirigé par le Dr Lesher, n'est chargé que de faire profiter à l'industrie des techniques spatiales.

Vers 1500, révolution et diffusion de la connaissance (Renaissance) avec l'invention de la presse à imprimer de Gutenberg, permettant de mécaniser l'imprimerie¹, vers 1760 révolution de la production matérielle (révolution industrielle) avec l'invention de la machine à vapeur et la mutation qu'elle a marquée dans le passage des travaux agricoles et artisanaux à la fabrication de masse en manufacture, vers 1950 révolution agrandie de la production matérielle (automatisation et automation) et de la production intellectuelle (ordinateurs électroniques) au travers de la rationalisation, de l'augmentation de la productivité et de la baisse des prix, toutes ces révolutions techniques ont, petit à petit, engendré la promotion professionnelle et créé de nouveaux emplois. Il est notoire que, comme l'invention de la locomotive et des chemins de fer un siècle auparavant, celle du moteur à explosion et de la construction des automobiles ont déclenché une avalanche de nouveaux emplois. En dépit de leurs dangers et de leurs conséquences humaines néfastes même, les courses d'automobiles ont été le nerf du développement de la branche automobile dont il en est résulté un élargissement et un accroissement de l'emploi dans tous les secteurs: cela s'est manifesté d'un côté chez les multiples fournisseurs de matières premières et de carburants et de l'autre côté sur les marchés de vente des pièces détachées. Points de vente, garages, ateliers de réparations, carrossiers, centres d'occasions, industrie pétrolière, raffineries, constructions routières, etc. ont provoqué partout de nouveaux emplois (ingénieurs, techniciens, employés, ouvriers spécialisés) et ont eu un contrecoup indirect sur l'emploi dans la publicité, la presse, les papeteries, l'imprimerie, etc.

Si l'on mesure les effets atteints déjà en une dizaine d'années par l'exploration spatiale, on est en droit de se demander pourquoi elle n'entraînerait pas, même dans un délai plus court, *des effets primaires et secondaires plus ou moins identiques aux expériences précédentes des inventions de la presse de Gutenberg, de la machine à vapeur, de la locomotive, du moteur à explosion, de l'ordinateur électronique.*

L'avènement des décennies de l'exploration spatiales va-t-il déclencher à son tour à plus ou moins long terme une nouvelle évolution du développement économique aux Etats-Unis et dans d'autres pays? De même que cela a été le cas au cours des étapes techniques précédentes qui ont donné à l'humanité les moyens et les

¹ Georges Hartmann, Le message de Gutenberg au monde du travail, la diffusion de la connaissance, condition d'emplois nouveaux, *Revue syndicale suisse*, juillet/août 1968, p. 201-219.

conditions de créations de nouveaux emplois dans toutes les couches de la société humaine et à tous les niveaux professionnels tant intellectuels que manuels, l'exploration spatiale va-t-elle peut-être assurer à son tour un rôle promoteur du développement économique par les innovations qu'elle suscite et crée: nouvelles professions, nouveaux produits, nouvelles industries, nouvelles entreprises, nouveaux investissements, nouvelles concentrations de population, expansion de nouveaux secteurs tertiaires dans le commerce, la banque, les assurances, les transports, et par conséquent dans la construction aussi.

Jusqu'à présent le degré de civilisation économique d'un pays se mesurait à la quantité d'acier, d'énergie, quelquefois de ciment, consommée par tête de population. L'exploration spatiale va-t-elle reconvertir cette assertion? De même que les branches de la sidérurgie, de la chimie, de la construction des automobiles, la branche de l'astronautique est en train de devenir une branche-clé de l'économie (avec l'aéronautique). Et il n'est pas exclu que, comme les autres, peut-être futur carrefour des productions essentielles, l'exploration spatiale jouent une fois un rôle important dans les cycles économiques et dans les fluctuations boursières.

S'il est indispensable d'acquérir toujours plus de connaissances nouvelles, la nouveauté des problèmes et le besoin de curiosité ne poussent-ils pas beaucoup de jeunes gens et de jeunes filles à approfondir des sujets étudiés en classe en matière de physique, d'astronomie etc., que l'exploration spatiale fait renaître par les expositions, les commentaires de presse, de radio, de TV, suscitant ainsi des intérêts, éveillant des vocations chez ces jeunes qui deviendront peut-être techniciens, ingénieurs, professeurs, savants. Grâce à un élargissement des connaissances scientifiques et techniques et de la compréhension du monde, faisant reculer cette zone de ténèbres qui a si bien servi les religions pendant des millénaires et les servent malheureusement trop encore. Dans les clubs aéro-spatiaux, des tirs de fusées expérimentales construites par de jeunes amateurs leur imposent un esprit d'équipe et de créativité, de la persévérance, le sens de la responsabilité, qualités qui apparaissent comme le complément intéressant d'un enseignement auquel on reproche parfois d'être trop théorique.

«Cette recherche spatiale est quelque chose d'extraordinaire... Ces hommes ont pris ce risque pour qu'on puisse plus tard profiter de leurs découvertes» (B. Gregory, directeur du CERN, avril 1970). Et le chef de service de la médecine préventive au Laboratoire de réception lunaire du Centre spatial de Houston ne mentait pas non plus lorsqu'il déclarait en mai 1970: «Nous n'en sommes encore qu'aux prémices à cet égard, mais j'ai le ferme espoir que *nos travaux se révéleront, en fin de compte, extrêmement bénéfiques pour l'humanité.*»