

SLOAN 82

Krafft Ehrlicke : l'impératif extraterrestre

Marsha Freeman

Krafft Ehrlicke fut l'un des hommes les plus remarquables de ce siècle. Suivant la voie ouverte par le père du vol spatial, Hermann Oberth, il élargit la science astronautique à l'exploration de la Terre et de la Lune, mais encore davantage, à l'humanisation du système solaire. Comme Wernher von Braun, il fut un inlassable conférencier, partisan et militant public de l'exploration spatiale ; comme lui, il était prêt à défendre la vérité, même si celle-ci était « impopulaire ». Comme c'était le cas pour Willy Ley, l'étendue des connaissances de Ehrlicke couvrait plusieurs champs de la recherche scientifique.

Ehricke considérait la colonisation de l'espace par l'homme du point de vue de l'évolution, voyant dans la qualité néguentropique de la vie la base des solutions aux crises connues à chaque période du développement de la Terre. L'Age de l'Espace permettrait à la vie bidimensionnelle de la Terre de s'épanouir en civilisations polyglobales tri- ou quadri-dimensionnelles.

Pendant plus de 40 ans, Krafft Ehricke mena toutes ses activités avec une gentillesse et des manières de gentleman saluées par ceux qui eurent le plaisir de le connaître. Il laissa une marque indélébile dans le domaine de la science spatiale et de la technologie, et l'humanité ferait bien d'adopter son programme d'exploration spatiale.

Né le 24 mars 1917 à Berlin, en Allemagne, il vit le film *La femme dans la Lune* de Fritz Lang à l'âge de douze ans, et en fut tellement fasciné qu'il alla le revoir douze fois. Plus tard, il qualifia de « *clairvoyance technologique* » la contribution d'Oberth à ce film. Et à Noël 1929, il demanda à sa mère une série de livres sur l'astronomie, la mécanique du vol et la propulsion.

Ses parents étant dentistes, il utilisait leur équipement pour faire des expériences, consistant à créer des matériaux permettant de simuler les failles et les cratères de la Lune. Grâce aux écrits du fameux physicien belge Joseph-Antoine Plateau, il apprit comment créer une « *sphère dans un fluide*. En plaçant de l'huile sous la surface du liquide, puis en utilisant l'une des aiguilles à tricoter de sa mère, il arrivait à faire tourner l'huile et à lui donner une forme de sphère. Alors que celle-ci tournait, des « *lunes* » s'en échappaient, exactement comme un système Terre-Lune en formation. » (Thomas, 1960).

Puis, il acquit un télescope. « *Sa première conférence sur l'astronomie fut donnée devant une audience envoûtée, rassemblée dans la salle d'attente du cabinet dentaire de sa mère. Aucun de ceux qui payaient 10 centimes pour écouter les discours du jeune adolescent ne rapportait déçu.* »



Krafft Ehricke en compagnie de Marsha Freeman. Il laissa une marque indélébile dans le domaine de la science spatiale et de la technologie.

En 1938, Ehricke rejoignit Hans Kaiser pour organiser la Société pour la Recherche spatiale en Allemagne, et il écrivit des articles pour son journal *Espace*. Dans le même temps, il étudiait l'ingénierie aéronautique à l'Université Technique de Berlin. La guerre vint interrompre ces études et il fut mobilisé dans une unité de chars au Nord de la France. Pendant l'évacuation de Dunkerque, un char lui roula accidentellement sur une partie du corps et lui fractura la jambe en plusieurs morceaux. Il passa sa convalescence à Berlin, où il put reprendre ses études.

Les années de guerre

En été 1941, il fut envoyé sur le front russe en tant que chef d'une unité blindée. Heureusement, en 1942, deux brevets pour la technologie des fusées, qu'il avait déposés, attirèrent sur lui l'attention du personnel technique de l'armée. Il fut rapidement transféré au programme fusée de Peenemünde.

Plus tard, Ehricke se rappelait :

« *Bien que je fusse nommé pour assister le Dr Walter Thiel, directeur du développement de la propulsion, je n'étais*

pas trop enthousiaste à l'idée de me retrouver dans un bureau luxueux. Je suis pour toujours reconnaissant à von Braun et à Thiel d'avoir échappé à cela. Ils me donnèrent la première occasion de travailler à la clef à molette sur un établi, et je pus ainsi me familiariser à fond avec les techniques disponibles, avant de faire des théories pour les améliorer. Après tout, c'est ainsi qu'ils commencèrent tous les deux et ils étaient de parfaites illustrations de l'intérêt d'un tel travail.

Au cours des dernières années, j'ai pu observer de jeunes ingénieurs commencer leur carrière comme experts, sans avoir jamais travaillé sur un seul composant, sans s'être jamais sali les mains dans un travail matériel. Je le regrette pour eux, parce qu'ils se privent ainsi d'une merveilleuse occasion qui ne reviendra pas, une fois qu'ils auront des responsabilités et un statut croissants. » (Thomas, 1960)

A Peenemünde, Ehricke travailla sur la possibilité d'utiliser l'énergie nucléaire pour la propulsion des fusées.

Cependant, il ne fit pas partie du premier groupe de spécialistes allemands qui furent emmenés aux Etats-Unis dans le cadre de l'opération Paperclip, dans les derniers jours de la seconde guerre mondiale. Sa femme,

Ingeborg, était à Berlin et il ne voulait pas quitter l'Allemagne sans avoir repris contact avec elle. « *Il n'y avait aucun moyen de transport pour aller là-bas — absolument aucun* » déclarait-il à Shirley Thomas en 1960. « *Aussi, il marcha pendant 30 jours, de la Bavière jusqu'à la capitale* », et trouva à son grand soulagement Ingeborg en bonne santé. (Thomas, 1960)

En décembre 1946, Ehricke se vit offrir un contrat de travail aux Etats-Unis. Il rejoignit alors le reste du groupe de Paperclip à Fort Bliss et reçut deux missions principales : familiariser le personnel militaire et industriel avec le V-2 et faire du travail théorique.

Lorsque le groupe d'Allemands fut transféré à Huntsville, en Alabama, il devint le directeur de la section de dynamique des gaz à l'Arsenal de Redstone. Ehricke travaillait sur les statoréacteurs et faisait des recherches sur le transfert de chaleur, essentiellement sur les diffuseurs supersoniques utilisés dans les statoréacteurs de grande vitesse. Mais il n'aimait ni le climat de Huntsville, ni ce qu'il considérait comme la vision conservatrice de von Braun en matière d'ingénierie. Lorsque son contrat expira en 1952, il alla travailler à Bell Aircraft, dans l'industrie aérospatiale naissante. Von Braun et Ehricke étaient trop semblables — dans leur énergie illimitée, leur esprit créatif sans repos et leur volonté de parvenir à des réalisations concrètes — pour continuer à travailler correctement ensemble.

Une philosophie de l'espace

Dès les premiers instants de l'ère spatiale, Krafft Ehricke pensa qu'il était aussi important de développer une base philosophique pour cette nouvelle ère, que de développer les technologies qui pouvaient lui donner naissance. « L'astronautique est la science du travail dans l'espace et du voyage vers d'autres mondes. Les implications sont telles qu'il devient de plus en plus important de développer la philosophie, en même temps

que les aspects plus utilitaires, de cette science » écrivait-il en 1957.

Bien que les aspects pratiques de l'astronautique fussent développés depuis un certain temps déjà, Ehricke écrivait :

« La philosophie de l'astronautique est jeune et fertile. Ses implications sans nombre sont loin d'être épuisées. Pour cette raison, l'auteur, qui étudie depuis vingt ans l'astronautique en tant que mission culturelle et technique, soumet quelques pensées additionnelles sur ce sujet.

Le concept de voyage dans l'espace porte avec lui un impact énorme, parce qu'il défie l'homme sur pratiquement tous les fronts de son existence spirituelle et physique. L'idée de voyager vers d'autres corps célestes reflète le plus haut degré d'indépendance et d'agilité de l'esprit humain. Elle donne une dignité aux entreprises techniques et scientifiques humaines. Par dessus tout, elle touche à la philosophie de son existence même. En conséquence, le concept de voyage spatial méprise les frontières, refuse les différences d'origine ethnique ou historique, et pénètre la fibre de toutes les croyances sociologiques ou politiques.

Le voyage spatial représente peut-être le plus grand appel à notre monde divisé et complexe... Si cela peut être fait ici, cela pourra en fin de compte être fait dans d'autres domaines de notre vie actuelle, qui semblent des impasses perpétuelles et sans espoir pour l'homme d'aujourd'hui. Un sentiment d'enthousiasme et d'intérêt réel semble prévaloir chez tous ceux qui traitent du vol spatial et de l'astronautique — l'élève qui apprend, le parlementaire qui lui alloue des fonds, les dirigeants politiques de l'Est et de l'Ouest qui saluent la contribution de leur nation à son progrès, et enfin, last but not least, les chercheurs et les ingénieurs qui balisent la piste menant à son accomplissement. » (Ehricke, 1957b, p. 26).

Les trois lois de l'astronautique

Ehricke résumait sa philosophie de l'astronautique en trois lois :

« Première loi. Personne, et rien d'inférieur aux lois naturelles de l'univers, ne peut imposer de limites à l'homme, en dehors de l'homme lui-même. Deuxième loi. Non seulement la Terre, mais le système solaire tout entier et toute partie de l'univers pouvant être atteinte par les lois de la nature sont le champ légitime de l'activité humaine. Troisième loi. Par son expansion dans l'univers, l'homme accomplit sa destinée d'être vivant intrinsèquement doté du pouvoir de la raison et de la sagesse de la loi morale.

La première loi est le défi que l'astronautique pose à l'homme d'écrire sa déclaration d'indépendance à partir d'une pensée a priori, dans des conditions acceptées sans discernement, en d'autres termes, à partir d'un monde pré-technologique passé et par principe différent s'accrochant à lui. Ceci peut être fait. La Déclaration d'Indépendance et la Constitution de ce pays le prouvent. » (Ehricke, 1957b, pp. 26-27)

Ehricke écrivait qu'« après le développement de la vie à partir des océans, l'expansion de la vie sur la terre et le développement des mammifères, l'animal terrestre le plus versatile et le plus parfait (...) la vie humaine se trouvait coincée aux frontières de l'espace. Il n'existe pas de moyen biologique dont l'application directe permette aux êtres vivants de pénétrer dans l'espace et de le traverser. Il est intrigant de penser que la vie ait pu répondre à ce défi en produisant un nouveau type d'amphibien — l'homme — dont l'esprit sans repos va au-delà des confins de son monde biologique. Seul le cerveau humain est capable d'utiliser certaines qualités supérieures de la matière inorganique pour aller dans l'espace. (...) L'histoire nous apprend que l'esprit humain croît avec l'espace dans lequel il lui est permis d'opérer.

On peut mesurer l'importance de la seconde loi par l'effet qu'a eu l'expansion des Européens à la surface de la Terre sur le développement de la civilisation. (...) Nous ne sommes aujourd'hui que des constructeurs de navires pour des hommes et des femmes qui vivront une nouvelle ère de découvertes, et poseront les fondations pour ceux qui les suivront, ceux qui développeront les technologies planétaires permettant de créer des civilisations cosmiques.

La troisième loi spécifie le caractère anthropologique des opérations spatiales. (...) Elle [proclame] le droit naturel de l'homme à explorer et tenter de fertiliser par sa sagesse et ses capacités toutes les parties de l'univers qu'il peut atteindre, qu'elles soient ou non habitées par des êtres intelligents. » (Ehrlicke, 1957, pp. 26-27).

« Nous avons besoin d'un réalisme de la vision » croyait Ehrlicke :

« Nous devons être réalistes, mais il existe une mauvaise sorte de réalisme, timide et statique, qui conseille à l'homme de ne vivre que pour son existence individuelle, et de ne pas prendre de risques. Le genre de réalisme dont nous avons besoin est un réalisme de la vision — le réalisme de Christophe Colomb, de notre Constitution, de Benjamin Franklin, d'Albert Einstein, de Konstantin Tsiolkovsky et d'Hermann Oberth. » (Ehrlicke, 1957b, p. 27)

Pensant au programme spatial à venir, Ehrlicke développa en 1952 l'idée révolutionnaire d'avoir deux types de fusées pour les missions habitées — l'une pour l'équipage, l'autre pour la charge. A l'époque, il était ingénieur de projet adjoint pour les études à long terme sur les fusées planantes chez Bell Aircraft, où il travaillait avec son ancien commandant de Pennemünde, Walter Dornberger. Ehrlicke étudia les véhicules orbitaux ailés réutilisables, ce qui mena à la conception du Dynasoar de l'Armée de l'Air, et il calcula les spécifications des véhicules orbitaux ailés, qu'il considérait comme les héritiers du prototype A-4 testé à Pen-
nemünde.

Des concepts révolutionnaires

Dans les scénarios de mission antérieurs, on avait toujours émis l'hypothèse que l'équipage emmènerait avec lui tout l'équipement requis pendant le vol. Mais un véhicule habité devait inclure un véhicule de retour ailé et des systèmes biologiques ; il imposait aussi des critères de sûreté plus élevés. Avec la charge, le véhicule habité devenait très lourd.

Les véhicules de transport n'avaient besoin d'aucun de ces systèmes. Si l'on séparait les deux fonctions, chaque véhicule pouvait peser beaucoup moins et être conçu de façon optimale pour sa fonction spécialisée. Sur une suggestion d'Ehrlicke, Wernher von Braun inclut ce concept de séparation des hommes et de la charge dans son plan pour *Le Projet Mars*.

Dans un article de 1954, Ehrlicke proposa qu'un petit ferry soit utilisé pour transporter du fret à partir d'un transport de charge lancé de la Terre jusqu'à la station spatiale. Deux ans plus tard, il améliora ce plan et pro-

« Nous devons être réalistes, mais il existe une mauvaise sorte de réalisme, timide et statique, qui conseille à l'homme de ne vivre que pour son existence individuelle, et de ne pas prendre de risques. »

posa l'utilisation d'un véhicule de service non-habité, qui serait placé en orbite et déchargé directement par un équipage de quatre hommes travaillant dans l'espace. Le véhicule habité, d'après ses calculs, pouvait n'emporter que 600 kg de charge, celle-ci étant composée essentiellement de l'équipage, des systèmes biologiques et du planeur de retour.

Chaque véhicule cargo, de taille similaire, pouvait emporter 600 kg de charge, par exemple de la nourriture et de l'eau pour 30 jours. Le but de la station, pour Ehrlicke, était de permettre le début d'un autre voyage. Il proposa un troisième véhicule, d'une capacité de 5,5 tonnes. Ce type de véhicule laisserait ses réservoirs de combustible en orbite, l'idée étant de les utiliser plus tard comme éléments de construction de la station spatiale. La construction de la station envisagée nécessiterait 47 vols de ce type. Pour la circumnavigation lunaire, il estimait qu'il fallait 50 vols pour équiper et alimenter en carburant les vaisseaux spatiaux allant jusqu'à la Lune.

Ehrlicke proposa en 1959 un autre véhicule spatial spécialisé, alors que la nouvelle ère spatiale ouvrait la porte du système solaire. Il s'agissait d'un « véhicule secondaire » ou « fusée canot de sauvetage » devant accompagner une mission habitée vers Mars. Ehrlicke disait :

« En 1947 et 1948, l'auteur a analysé un certain nombre de missions habitées vers Mars, dans le cadre de la préparation d'un roman. La volonté d'y inclure des événements dramatiques, mais factuels, l'a mené à envisager de près les problèmes, pannes ou accidents possibles au long d'un tel voyage, au lieu de considérer que tout irait bien. » (Ehrlicke, 1960c, p. 505)

Il décida qu'une « fusée sœur » était nécessaire pour sauver l'équipage en cas d'accident. Les stations spatiales seraient dotées de véhicules de retour d'urgence, prêts à tout moment à être lancés à partir de la Terre. Mais pour les voyages à des millions de kilomètres de la Terre, seul un véhicule d'accompagnement pouvait remplir cette mission de sauvetage. Un véhicule de secours ne pouvait être utilement lancé de la Terre que s'il était doté de moteurs nucléaires et qu'il pouvait prendre un « raccourci » pour le vaisseau en péril situé près de Mars (Ehrlicke, 1960c, p. 520).

Comme Ehrlicke devait le déclarer plus tard de façon éloquente : « Nous voulons éviter d'avoir à dire : 'Eh bien, c'était vraiment pas de chance' et de donner aux familles de l'équipage des gros chèques de la compagnie d'assurance pendant que leurs proches se baladent sur une orbite excentrique entre Mars et Jupiter. Nous voulons les ramener à Terre. » (Grey et Grey, 1962, p. 56)

Plus tard, Ehrlicke élargit ce concept de famille spécialisée de véhicules vers la sphère des sondes planétaires automatiques, proposant le développement de « métasondes » pour l'exploration. Plutôt que d'envoyer un ou deux vaisseaux polyvalents, il proposait de déployer pour chaque mission une série de petits transporteurs expérimentaux, chacun étant conçu pour des tâches spécifiques. Cela aurait également permis à de

nombreuses nations de contribuer à l'exploration spatiale, affirmait-il aux délégués du congrès de la Fédération astronautique internationale, en octobre 1968. Un vaisseau unique de communication et de surveillance permettrait de diriger et de surveiller les divers transporteurs expérimentaux et de communiquer leurs résultats à terre.

La bataille de l'hydrogène

En 1947, Wernher von Braun demanda à Krafft Ehricke de vérifier l'affirmation de Richard Canright, du Jet Propulsion Laboratory, à propos de l'importance relative de la vitesse d'échappement et de la densité du propergol pour les fusées de la taille du V-2 ou de taille supérieure. L'analyse de Canright montrait que pour certaines grosses fusées, la vitesse d'échappement (qui est plus grande dans le cas de l'hydrogène) était plus importante que la densité du combustible (qui est plus haute avec les dérivés du pétrole) et que, par conséquent, l'hydrogène liquide était un combustible supérieur pour certaines applications.

Du fait des problèmes posés par les matériaux et les manipulations requis par l'hydrogène cryogénique, von Braun estimait que les combustibles chimiques basés sur le kérosène étaient préférables pour les systèmes militaires qu'il développait avec l'armée américaine. Mais, pensant à l'avenir, « Ehricke était moins borné et le potentiel de l'hydrogène tenait une grande place dans sa pensée » (Sloop, 1978, p. 192).

En concevant sa mission pour *Le Projet Mars*, von Braun avait écarté l'utilisation d'hydrogène liquide. « Je n'aime pas l'hydrogène. C'est une invention du diable ! » écrivait-il à Hermann Koelle. « Il avait peur qu'il y ait de trop nombreux problèmes techniques » expliquait Koelle. « L'alternative consistait à construire une fusée plus grande, et il pensait donc qu'il était plus facile de construire des grandes fusées que des fusées à hydrogène. » (Koelle, 1992)



Le Centaur, « l'enfant » de Krafft Ehricke, fut le premier moteur du monde à voler en utilisant comme propergols l'hydrogène et l'oxygène liquide.

Ici, lancement de la première sonde Viking à bord d'une fusée Titan/Centaur.

Dans une étude exhaustive, Ehricke vérifia l'affirmation de von Braun pour qui l'hydrogène liquide n'était pas optimal pour les missiles suborbitaux ; mais il confirma aussi la conclusion antérieure de Hermann Oberth, selon laquelle, pour les étages supérieurs à haute énergie, nécessaires pour envoyer des hommes sur la Lune ou des sondes interplanétaires, le mélange oxygène/hydrogène était le plus intéressant.

Comme Oberth et Tsiolkovsky l'avaient montré de façon théorique, les fusées devaient être construites par étages pour être les plus efficaces possible. Lorsqu'un étage de propulsion a épuisé son carburant, il est largué, ce qui abaisse le poids total de la fusée. Une deuxième unité de propulsion est alors lancée sur le deuxième étage. La vélocité finale de la fusée est la vitesse atteinte grâce au second étage additionnée à la vitesse acquise au moment de la coupure du moteur du premier étage. En ajoutant des étages, on peut donc obtenir une vitesse finale supérieure.

Dans un article donné en 1953 au *Journal de la Société américaine de fu-*

sées, Ehricke fit une comparaison détaillée des multiples combinaisons possibles des combustibles chimiques et des comburants, et de la vitesse d'échappement de chaque ensemble de propergols. Il détermina ensuite le niveau optimum d'application pour chacun d'eux, y compris la vitesse que l'on peut obtenir en travaillant avec des fluides issus de réactions nucléaires. Il conclut que, pour obtenir des vitesses finales de quelque 10.000 pieds par seconde, un grand nombre de combustibles chimiques étaient les plus efficaces. Mais pour la gamme de 10.000 à 20.000 pieds par seconde, nécessaire pour quitter l'orbite terrestre, la densité du combustible devient moins importante, et ce sont les propergols à haute impulsion spécifique (à haute vitesse d'échappement) qui sont préférables. Pour des vitesses encore plus élevées, nécessaires à la circumnavigation vers la Lune ou les vols interplanétaires, les fluides de travail tels que l'hydrogène chauffé par une source nucléaire seraient encore supérieurs.

C'est l'hydrogène utilisé avec l'oxygène liquide qui ouvrait à l'homme l'espace cislunaire et le système solaire (Ehricke, 1953).

Le Centaur, enfin

« *Le Centaur était l'enfant de Krafft Ehrlicke* » déclare l'histoire de la NASA au sujet de l'utilisation d'hydrogène :

« *Pendant presque trois décennies, Ehrlicke s'était préparé pour l'ère spatiale ; lorsque celle-ci apparut à l'horizon, avec le Spoutnik, il était prêt. En un mois, il proposa un étage hydrogène/oxygène à mettre en place sur le missile Atlas. Ehrlicke put alors avancer rapidement parce que les premiers travaux sur Atlas et les idées d'autres chercheurs [Tsiolkovsky et Oberth] sur les étages supérieurs à hydrogène et oxygène en avaient établi les fondations.* » (Sloop 1978, p. 191)

Le 10 décembre 1957, General Dynamic Astronautics soumit à l'armée de l'Air une proposition intitulée « Un plan de développement des satellites et de l'espace ». Elle comprenait un étage à quatre moteurs, alimenté par de l'hydrogène et de l'oxygène sous pression, chaque moteur développant une poussée de 3,5 tonnes. La proposition ne fut pas adoptée. (Sloop 1978, pp. 194-5)

Dès que la NASA fut créée, en juillet 1958, elle établit un comité destiné à coordonner les plans gouvernementaux pour le lancement et la propulsion de véhicules spatiaux. Le 29 août, l'Agence sur les projets de recherche avancée du Pentagone (l'ARPA) lança le programme Centaur pour un étage supérieur d'Atlas (Sloop, 1978, p. 195). En octobre, l'administrateur de la NASA Keith Glennan transféra ce programme de l'ARPA vers la NASA, afin qu'il fût utilisé à la fois par les civils et les militaires (Sloop, 1978, p. 200).

Le premier moteur du monde à voler en utilisant comme propergols l'hydrogène et l'oxygène liquide fut donc le Centaur, placé en haut d'un missile Atlas. Depuis lors, la technologie de l'hydrogène liquide a été utilisée pour mettre des hommes sur la Lune, sur les second et troisième étages de Saturn V, et pour envoyer des sondes automatiques vers presque toutes les planètes du système

solaire. Comme Ehrlicke l'avait prévu dès les années 50, cette technologie ouvrait les portes du système solaire.

Mais déjà, Ehrlicke se battait pour l'étape décisive suivante, la propulsion nucléaire. Dans une déclaration au Congrès, il disait :

« *L'univers est organisé par l'énergie nucléaire. L'espace ne pourra être conquis que par des vaisseaux habités propulsés par des moteurs nucléaires. (...) Le moteur fusée chimique est un marchepied vers l'ère spatiale, comme le ballon nous aida à entrer dans l'ère aéronautique. Comme le ballon, la fusée chimique gardera très longtemps son utilité pour des applications spéciales. Mais la véritable astronautique et l'énergie nucléaire sont indissolublement liées.* » (Thomas, 1960, p. 21)

Pendant les 20 années qui suivirent, Ehrlicke allait améliorer et élargir ses concepts d'utilisation de l'énergie nucléaire en orbite terrestre, dans l'espace cislunaire et le système solaire tout entier.

La station spatiale

Fin 1954, Ehrlicke avait quitté Bell Aircraft pour rejoindre Convair Astronautics en Californie. Selon sa femme, il trouvait que les hivers neigeux de Buffalo, dans l'Etat de New York, lui rappelaient par trop le front russe, et il avait décidé de trouver un climat plus tempéré. Ehrlicke avait même envisagé de reprendre ses études et de passer un doctorat, mais dès qu'il fut engagé dans le programme Atlas, il n'eut plus une minute de libre.

« *Enfin il se trouvait près d'une fusée qui était probablement assez puissante pour atteindre les étoiles. (...) L'expert allemand ne mit pas longtemps à prouver que l'Atlas, sans étage supplémentaire, pouvait parfaitement mettre en orbite une petite charge autour de la Terre. Ehrlicke découvrit même que le missile pouvait se projeter lui-même en orbite.* » (Chapman, 1960, p. 152)

« *On trouve dans la littérature des projets envisageant des satellites géants,*

écrivait Ehrlicke. Cependant, on n'a suggéré pour ces satellites, aucune fonction qui ne pourrait aussi bien être assurée par des satellites beaucoup plus petits impliquant moins d'une demi-douzaine de personnes très qualifiées. Les très gros satellites habités ne peuvent être utiles que pour les applications industrielles, médicales ou de loisirs. Mais pour que ces applications soient utiles, il faut d'abord résoudre le problème d'un service surface-orbite de routine relativement peu cher. » (Ehrlicke, 1959a, p. 157)

Krafft Ehrlicke et le Dr Arthur Kantrowitz, directeur du Avco Research Laboratory, présentèrent en 1958, devant la Commission de l'Astronautique du Congrès, une proposition de station spatiale de quatre hommes, basée sur l'ICBM Atlas, devant être placée à une orbite de quelque 700 km. Elle pouvait, selon eux, être prête en 5 ans pour 500 millions de dollars.

Kantrowitz était déjà bien connu pour avoir résolu l'un des plus importants problèmes du programme des ICBM : comment concevoir une tête nucléaire pouvant supporter la chaleur de rentrée dans l'atmosphère.

En 1960, à peine âgé de 40 ans, Krafft Ehrlicke s'était déjà fait un nom dans la communauté spatiale. John Chapman, dans l'histoire du missile Atlas qu'il écrivit en 1960, décrit Ehrlicke comme « *un Allemand de 42 ans, inlassable, sympathique, qui devint citoyen américain en 1954. Il est peut-être le plus grand représentant du vol spatial aux Etats-Unis. Il en parle à tout moment et partout — à des étudiants, des généraux, des scientifiques, des ingénieurs, des membres du Congrès, des téléspectateurs ou à la personne qui est assise dans son bureau — toujours facilement et brillamment, avec toujours le même enthousiasme vibrant et juvénile.*

Il captive ses auditeurs, par la sincérité de ses buts, ses connaissances apparemment sans limites et sa diction animée. Un général de l'Armée de l'air fut un jour tellement pris par le discours d'Ehrlicke qu'il emmena celui-ci de la salle de conférence à l'aéroport — puis fit retarder le décollage — pour lui demander davantage de détails. Bombardé



Pour Krafft Ehrlicke, l'accès à l'espace n'était qu'une technologie permettant d'ouvrir de nouveaux champs d'exploration, en particulier dans le domaine médical. Ici, le Dr Rhea Seddon, lors d'une mission sur la navette spatiale en juin 1991.

de demandes de discours, d'interviews, d'articles ou de présentations, Ehrlicke doit voir une parade de visiteurs chaque jour, et se retrouve souvent à parler à deux personnes à la fois. » (Chapman, 1960, pp. 168-169)

L'espace au service de la vie

Pour Krafft Ehrlicke, l'accès à l'espace n'était qu'une technologie permettant d'ouvrir de nouveaux champs d'exploration à la science. Dès 1956, il proposait d'utiliser l'espace pour l'application de la médecine et de la biologie. Dans un discours au Franklin Institute de Philadelphie, il expliqua son idée de « biosat », qui serait utilisé pour étudier les effets de l'apesanteur prolongée, d'abord sur les plantes et les animaux. Le biosat pourrait aussi tester les technologies permettant de conserver les nourritures liquides et solides dans l'espace, le maintien de la vie végétale et la conception des aéronefs.

De plus, la recherche scientifique pourrait « être consacrée à la vie elle-même et à ses multiples réponses à différentes conditions de l'environnement. » (Ehrlicke, 1956a, pp. 33)

En 1966, avec D. Newsom, un chercheur du département des sciences de la vie de Convair, Ehrlicke présenta un concept global d'« utilisation de l'environnement spatial à des fins thérapeutiques ». L'impesanteur et la possibilité de varier le niveau de gravité en orbite en faisant tourner le vaisseau spatial sur lui-même offraient des possibilités de guérison, selon les auteurs. Ehrlicke racontait ainsi :

« L'auteur se souvient d'avoir lu vers 1930 ou 1931, lorsque son imagination enfantine était captivée par les premiers concepts du vol spatial, un résumé des « raisons » biomédicales pour lesquelles le vol spatial était « impossible ». (...) [les astronautes] auront beaucoup de possibilités pour mourir — écrasement pendant l'ascension, congélation, vomissements, crémation. » (Ehrlicke et Newsom, 1966, p. 334).

Ces peurs furent anéanties après les premiers vols orbitaux habités des années 60. Ehrlicke et Newsom expliquaient que beaucoup des changements biologiques dus au vol spatial « soi-disant défavorables sont ainsi classés parce qu'ils seraient néfastes dans le cas où un individu étant parvenu à un nouvel équilibre [en impesanteur] serait soudainement transféré dans un environnement de gravité 1 g. » (Ehrlicke et Newsom, 1966, p. 366)

Ils émettaient l'hypothèse que les astronautes pourraient se réajuster graduellement à une gravité de 1 g avant de retourner sur Terre, grâce à un véhicule spatial en rotation à gravité variable.

Ehrlicke et Newsom supposaient que l'environnement d'impesanteur pourrait être thérapeutique, et améliorer des conditions pathologiques telles que les problèmes cardiaques, l'hypertension, les défauts de contrôle et de coordination musculaires, ainsi que les hernies discales. Ils envisageaient ultérieurement un véhicule de lancement ambulance pouvant transporter dans cet environnement unique des personnes sévèrement brûlées ou atteintes d'une fracture de la colonne vertébrale. Ils décrivaient un hôpital en orbite permettant de soigner les blessures intervenues dans l'espace, ainsi que d'assurer le traitement des Terriens.

En 1969, ayant défini pour la communauté spatiale internationale le rôle de l'espace pour les applications biomédicales, la Société américaine d'aéronautique demanda à Ehrlicke de préparer un article sur le tourisme spatial : pourquoi l'espace ne serait-il pas délassant ? Ehrlicke définit alors le touriste spatial comme « celui qui profite de l'espace » au sens où l'on profite d'un paysage. Il considérait le tourisme spatial comme un moyen important d'amener plus de gens à participer à l'aventure spatiale (Ehrlicke, 1967, pp. 259,261).

Regarder la Terre et les cieux à partir de l'espace pouvait avoir un effet revitalisant, imaginait Ehrlicke, et permettre de garder ouverte l'exploration de nouvelles frontières pour beaucoup de gens. Point de vue glo-

bal, relaxation et repos, excursions orbitales, sports, plaisir de l'expérimentation scientifique et observations planétaires et stellaires : telles étaient les activités qu'il proposait aux futurs touristes de l'espace (Ehricke, 1967, p. 269). Il suggérait un prix de 80 \$ par nuit pour des vacances en orbite ! Un zoo spatial et des expositions botaniques pourraient aussi montrer les changements que la microgravité entraînait dans les systèmes biologiques. Des marches spatiales, de courtes excursions en « bateaux de l'espace » et de nouvelles activités sportives seraient disponibles.

L'impératif extraterrestre

« Les hommes et les femmes seront attirés à l'idée d'être en face de la création ou des premiers instants de l'univers et de notre système solaire en particulier » disait Ehricke (Ehricke 1967, p. 265).

« Longtemps avant le programme Apollo, alors que nous travaillions sur les sondes interplanétaires au début des années 60, il y avait déjà des critiques du programme spatial » expliquait Ehricke à New York en 1981. « Face à ces critiques croissantes, et au manque de réponses adéquates, je fus amené à continuer ce que j'avais commencé à la fin des années 50 — le développement d'une philosophie de l'espace et plus généralement de la croissance et de la technologie. » (Ehricke, 1982a, p. 20) « Il devint clair relativement tôt qu'au-delà des problèmes purement techniques, il fallait une approche globale, prenant en compte la technologie, l'économie, la culture et l'anthropologie ». (Ehricke, 1982b)

Pour parvenir à cette vision globale, Ehricke développa durant les années 60 le concept de l'impératif extraterrestre, et il écrivit un livre portant ce titre, qui reste à publier. Son concept central est basé sur la « distinction entre la multiplication et la croissance. » En développant ce concept, Ehricke était très clair quant à ses adversaires : « Les gens de Halte à la croissance ? voient la Terre comme un

canot de sauvetage dans un espace hostile. Du coup, ils considèrent le monde humain comme un système fermé — restreint à la Terre. Moi pas. Le monde ouvert à l'action de l'homme n'est pas plus fermé qu'il n'est plat. » (Maxwell, 1974, p. 6)

Ehricke attaquait les hypothèses du mouvement néo-malthusien qui demandait une croissance zéro :

« Meadows et Forrester (...) comparent dans leur livre Halte à la Croissance ? la croissance de l'humanité à la multiplication aveugle et sans conscience de nénuphars dans une mare. Je n'ai jamais considéré l'humanité comme un nénuphar dans une mare, aveugle et sans conscience. (...) Le rapport Global 2000, version réchauffée du livre précédemment cité, renferme de la désinformation pure et simple et, comme son infâme prédécesseur, ignore totalement la capacité humaine à croître sans limite. La croissance, contrairement à la multiplication, est l'accroissement de connaissance, de sagesse, de capacité à croître de façon nouvelle. » (Ehricke, 1982a, p. 20)

En novembre 1981, devant une audience captivée, Ehricke décrivit comment la biosphère terrestre avait connu deux Grandes Crises pendant son évolution. Elles furent vaincues grâce au développement de la photosynthèse, permettant à la plante de produire ses propres « ressources », et grâce au développement de la vie multicellulaire qui pouvait utiliser la nouvelle atmosphère à oxygène créée par les plantes. Dans chaque Grande Crise, disait-il, « la vie avait trois possibilités : rendre les armes et périr, régresser à un stade minimal d'existence, ou avancer et croître. » (Ehricke, 1982a, p. 21)

Il tenait à préciser clairement les conséquences du choix de l'une ou l'autre des deux premières possibilités :

« En 1979, année déclarée « Année de l'Enfance » par les Nations Unies, il y eut 12 millions d'enfants qui n'atteignirent pas leur premier anniversaire. C'est 50% de plus que tous les morts de la première guerre mondiale en quatre ans. Et c'est un outrage pour une espèce

qui se dit civilisée. » (Ehricke, 1982a, p. 19)

Avons-nous atteint la limite de ce qui peut être accompli par des percées scientifiques ? Sommes-nous condamnés à voir notre monde se contracter continuellement et devenir plus « pollué » et misérable ?

« Les catastrophistes sont les pollueurs de notre avenir. Ils refusent les options vitales aux générations futures. Tout le monde est en train de dire que nous ne pouvons plus croître. Cela deviendra une prophétie qui se réalisera d'elle-même si quelqu'un ne se lève pas pour dire « Mais si nous pouvons ! » Ceux qui pensent que nous sommes au bout de nos ressources vivent dans un monde encore plus irréal que ceux qui, à la fin du siècle dernier, voulaient fermer les bureaux de brevets parce que leurs esprits malades ne pouvaient concevoir qu'il resta quelque chose à inventer. » (Maxwell, 1974, p. 10)

Dans un article de 1972 écrit pour le *New York Times*, Ehricke renversa complètement la description que les écologistes faisaient des merveilleuses photos du globe terrestre prises par les astronautes d'Apollo, la présentant comme une Terre « fragile » que l'homme était en train de détruire. Pour lui, « voir notre Terre de l'espace, devrait rendre évident le fait que le monde dans lequel nous pouvons maintenant croître n'est plus fini. » (Ehricke, 1972c)

« La Terre n'est pas seulement un vaisseau spatial. C'est un membre du convoi solaire traversant le vaste océan de notre galaxie, la Voie Lactée. Nous sommes séparés des autres vaisseaux par des distances plus grandes que celle qui sépare notre surface terrestre du fond de nos océans. Mais la nature du médium est beaucoup plus importante que la distance.

Il est tout à fait fortuit que nous n'ayons qu'à traverser l'espace ouvert pour trouver nos ressources terrestres lointaines (...) Nos mondes compagnons sont sous-développés. La Terre est le seul paquebot de luxe pour passagers dans un convoi de cargos bourrés de marchandises. Nous pouvons utiliser ces ressources, après que la Terre nous ait couvés

jusqu'au moment où nous avons les moyens et l'intelligence de parvenir à une indépendance partielle de notre planète. » (Ehricke, 1971c, p. 24)

L'espace comme nouvelle renaissance

Le « meilleur des mondes » de la croissance zéro, soulignait Ehricke, ne pouvait être imposé aux peuples du monde sans établir un ensemble de « nouveaux systèmes de valeurs ». Ce qui est en jeu, pour lui, ce n'est pas seulement le programme spatial, mais les 500 ans d'histoire du développement de la civilisation depuis la Renaissance. Il définissait la civilisation comme « un état de croissance mentale » (Ehricke, 1972c)

« La nouvelle espèce de désillusion aboutit à une vague de pessimisme minant la confiance de l'Homme en un monde meilleur — et donc en sa nature qui selon certains doit être altérée radicalement pour se conformer avec ce qu'ils appellent des limites insurmontables. La confiance en un monde meilleur — spirituellement aussi bien que matériellement — est l'essence de notre civilisation techno-scientifique, et le message le plus important de l'homme occidental à l'humanité tout entière. L'érosion de cette confiance menace le système de valeurs et affaiblit le mouvement sur lequel repose nos monumentales réussites depuis l'aube de la Renaissance.

Et les sources de l'esprit de la Renaissance ne sont nulle part aussi profondément enracinées que dans l'exploit social le plus audacieux de l'histoire, les Etats-Unis d'Amérique. » (Ehricke, 1971c, p. 18)

« Pour moi, le développement de l'idée du voyage dans l'espace fut toujours la conséquence la plus logique et la plus noble de l'idéal de la Renaissance, qui replaçait l'homme en relation organique et active avec l'univers environnant, et qui faisait de la synthèse de sa connaissance et de ses capacités l'objectif le plus élevé. C'est ainsi que fut rétablie la connexion avec les traditions les plus nobles de l'ancien monde. Mais quelque chose de fondamentalement nouveau était ajouté : l'expérimentation et les

méthodes objectives de la recherche scientifique. Le concept philosophique déjà présent à l'état embryonnaire dans l'ancien monde, pierre de touche de la civilisation occidentale — il ne peut y avoir qu'une et une seule vérité ; les contradictions logiques dans un système sont fondamentalement fausses, et donc l'expression d'une connaissance imparfaite et non une quelconque influence magique — prit la forme des sciences de la nature.

Les concepts de « limite » et d'« impossibilité » furent tous deux relégués dans deux régions clairement délimitées : la « limite » de l'état actuel

« L'idée du voyage dans l'espace fut toujours la conséquence la plus logique et la plus noble de l'idéal de la Renaissance, qui replaçait l'homme en relation organique et active avec l'univers environnant »

des connaissances, et l'« impossibilité » d'un processus allant contre les lois bien comprises de la nature. Grâce aux percées de Léonard de Vinci, Galilée et Copernic, de Giordano Bruno, Kepler et Newton, une nouvelle énergie intellectuelle d'une fabuleuse étendue fut concentrée. Ses caractéristiques les plus nobles étaient la vigueur de synthèse et l'audace de perspective, renforcées par la nouvelle discipline de pensée. A la fin, tout culminait avec la relativisation des « limites » et des « impossibilités » — un accomplissement créatif du premier ordre. Cela mena à une synthèse et forma alors le noyau lumineux de la pensée de la Renaissance. Cela concentra le développement de l'homme sur de nouvelles voies pour le prochain million d'années, parce que cela donnait une dimension cosmique à ses pensées et ses réalisations. » (Ehricke, 1973, pp. 196-197)

Ehricke considérait l'extension du passé vers le présent lorsqu'il se rappelait que : « jeune homme, j'ai formé mes idéaux en accord avec ces géants. Il devint clair pour moi, lorsque j'ai commencé à lire le livre de Hermann Oberth,

La fusée dans l'espace interplanétaire, après y avoir été amené par le film La femme dans la Lune, que je n'avais pas besoin de regarder seulement dans les siècles passés, mais que j'étais le contemporain d'un Léonard de Vinci moderne. Le travail d'Oberth reflète une vigueur de synthèse, une audace de perspective qui atteignent le niveau des plus grandes réussites de la Renaissance. » (Ehricke, 1973, p. 197)

La conquête de la Lune

« Si Dieu avait voulu que l'homme explore l'espace, Il lui aurait donné une Lune » disait souvent Krafft Ehricke. Avec une Lune si proche de la Terre, la tentation serait trop grande pour que l'homme soit « condamné au confinement solitaire sur une petite planète. »

Pendant toutes les années 70, Ehricke travailla sur une étude extrêmement détaillée de l'industrialisation de la Lune. Il voyait le compagnon de la Terre comme faisant partie d'un système biplanétaire, qui allait créer le « monde ouvert » de son impératif extraterrestre en terme de ressources, de fabrications et de produits pour d'autres centres civilisateurs répandus à travers le système solaire. « Notre système est un système biplanétaire, écrivait-il en 1984. « Il n'y a pas de raison qu'une moitié seulement soit habitée, simplement parce que la vie est venue de là. (...) Au lieu de rechercher ou de spéculer sur la vie dans l'espace extraterrestre, nous allons l'y mettre ». (Ehricke, 1981a, p. 55) Le livre qu'il écrivit à ce sujet, *Le septième continent : l'industrialisation et la colonisation de la Lune*, attend encore une publication.

Dans ce livre, Ehricke prévoyait cinq stades évolutifs, reposant sur des avancées technologiques dans la production et l'utilisation d'énergie, et dans les systèmes de transport spatial, qui mèneraient à l'établissement de Sélénopolis, la capitale d'une nouvelle civilisation lunaire.

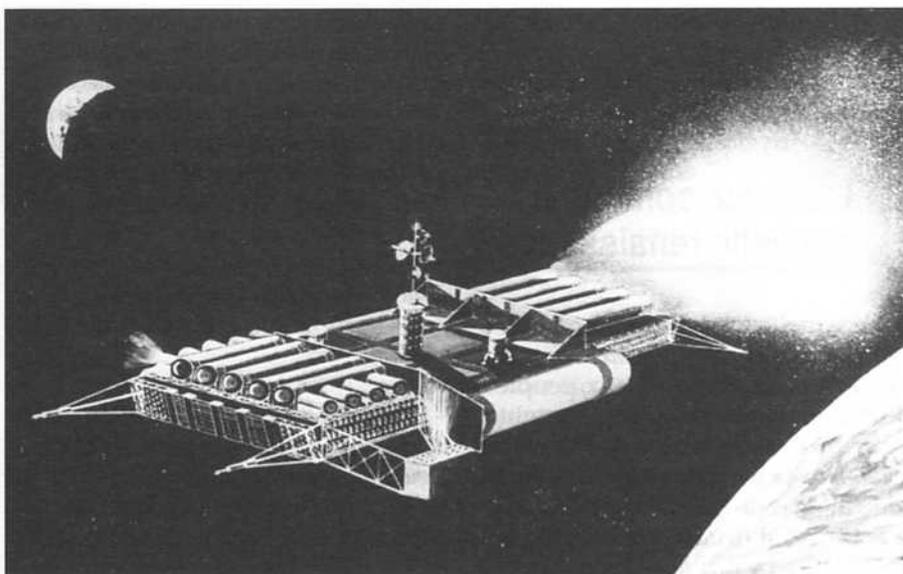
Dans la première étape, on mène une prospection détaillée de la Lune.

Pour ne pas exclure les régions polaires et de haute latitude, perpétuellement à l'ombre, on met en place un réflecteur en orbite, Lunetta. L'idée d'un tel miroir orbital avait été proposée par Oberth dans les années 20, et fut remise à jour dans le détail par Ehricke, d'abord pour des applications terrestres, puis pour la Lune. Pour la Terre, l'idée de lumière spatiale était de « *transmettre le rayonnement solaire de façon contrôlée vers des régions sélectionnées* », écrivait Ehricke.

Une deuxième étape verrait la création d'une station spatiale circumlunaire en orbite autour de la Lune. Il s'agirait d'un « *centre de contrôle et d'opérations pour des systèmes au sol plus sophistiqués, envoyés directement par la Terre à la surface lunaire* », avant que des quartiers permanents ne soient établis sur cette surface. Outre un espace d'habitation, la station serait aussi « *un laboratoire en biologie et en ingénierie, étudiant les matériaux lunaires ramenés par des mini-vaisseaux automatiques.* »

La troisième étape consiste à installer un « *complexe lunaire central de travail* » (CLCT) doté d'une centrale nucléaire, qui permette de débiter l'industrialisation. Le personnel du CLCT ferait des rotations de 9 à 12 mois, et commencerait la production d'oxygène, de silicium, d'aluminium, de fer, de verre et d'autres matériaux encore. Différentes technologies de production utiliseraient alors ces matériaux pour débiter la fabrication.

Des stations d'alimentation seraient ensuite établies à l'étape quatre, « *aux endroits identifiés durant les étapes un et deux comme ceux ayant la plus grande abondance de certaines matières premières* », à l'instar de l'industrie qui s'est développée en se concentrant autour des réserves minérales dans le Midwest américain ou dans la Ruhr allemande. Les stations d'alimentation seraient principalement automatiques, contrôlées à partir de la station orbitale pendant cette étape. Les matériaux ainsi collectés seraient transportés de façon balistique aux stations de réception, proches du CLCT, pour y être traités.



Cette peinture de Krafft Ehricke illustre le concept d'un super-affréteur utilisant l'oxygène et l'aluminium lunaires comme combustible.

La chaleur nécessaire aux technologies de traitement des matériaux du CLCT serait fournie par des réacteurs nucléaires à haute température, des fours solaires, des techniques d'arc électrique, des fours atomiques souterrains alimentés par de petites détonations à fission ou à fusion, et des plasmas à haute température venant directement d'un réacteur de fusion.

A cette étape, la population lunaire commencerait à augmenter, ce qui serait la base du développement de Sélénopolis à l'étape cinq. La ville serait ouverte dans son plan et croîtrait en même temps que la croissance de la population et des activités. « *Des enceintes de 500 mètres à quelques kilomètres de largeur et de 500 mètres de hauteur s'étendraient graduellement à la surface de la Lune et sous elle.* »

« *Sélénopolis reproduirait la diversité des climats terrestres. Elle aurait des hivers froids, des sections agricoles chaudes, et des climats secs, subtropicaux et semi-arides. Une telle nouvelle civilisation n'est possible que par l'utilisation de la fusion thermonucléaire comme source d'énergie*, déclarait Ehricke, alors que les besoins des étapes précédentes, pour l'industrie à plus petite échelle et pour l'habitation, peuvent être comblés par la fission nucléaire à haute température et les technologies associées. » (Ehricke, 1981a, pp. 21-31)

La production d'énergie de fusion sur la Lune créerait une nouvelle industrie cruciale, qui fournirait de nouveaux matériaux aussi bien pour l'économie de la Lune que pour celle de la Terre. Ehricke proposait que la première génération des réacteurs de fusion deutérium-tritium soit utilisée pour fertiliser l'isotope rare hélium 3, dont la fusion avec le deutérium est plus difficile à obtenir, mais produit une énergie de qualité supérieure. Ehricke ne savait pas à l'époque que le vent solaire déposait sur la Lune des réserves d'hélium 3. Ces dernières années, il a été proposé d'exploiter cet hélium dans des centrales à fusion (Freeman, 1990, pp. 29-37).

En étudiant soigneusement les différences et les similarités entre les deux mondes, Ehricke créait une nouvelle science, l'harenodynamique (du latin *harenosus*, qui signifie sableux) qui devait être à l'environnement lunaire ce que l'aérodynamique était au transport aérien sur Terre.

« *L'harenodynamique se compose de la dynamique des fluides, de la formation des couches limites ; et des conditions de poussion, de température et de dégagement de gaz (oxygène) dans la couche limite, pour les grande vitesses de flux de sable le long des freins harenodynamiques* » équipant un nouveau type

de véhicule à alunissage glissé. Les plaines lunaires peuvent être de parfaits sites d'alunissage pour ces véhicules qui jouent sur le vide, la faible gravité et la surface sableuse de la Lune. (Ehricke, 1981a, pp. 51-52)

Pour que ces étapes successives de l'industrialisation lunaire soient réalisables matériellement et économiquement, il faut une famille de transporteurs lourds propulsés par l'énergie chimique, de fission, puis de fusion nucléaire. Si la première étape peut se faire avec des dérivés de la navette spatiale, il faudrait toute une flotte de vaisseaux pour une industrialisation à grande échelle, qui importerait de moins en moins de la Terre, et exporterait de plus en plus vers elle et vers d'autres destinations spatiales.

A la deuxième étape, un transporteur géolunaire de première génération utiliserait un véhicule lourd chimique amélioré, avec des étages à hydrogène liquide. L'étape suivante exige un transporteur géolunaire plus grand, alimenté par l'oxygène liquide de la surface lunaire. Un cargo lunaire nucléo-électrique serait nécessaire pour transporter des charges entre la Lune et l'orbite terrestre ; à partir de la troisième étape, il utiliserait le sodium lunaire plutôt que l'hydrogène — rare sur la Lune — comme propergol.

Quand la construction de Sélénopolis marquerait l'entrée de l'humanité dans une civilisation tridimensionnelle, on développerait des super-cargos capables de transporter des milliers de tonnes, à partir de la technologie nucléaire pulsée. Le champ d'action approprié de cette technologie de fusion deutérium-hélium 3, en mode continu ou pulsé, était pour Ehricke « l'océan héliocentrique, car elle rendait possible, grâce à l'expérience lunaire, l'exploitation économique de Mercure, de Mars, des astéroïdes et tout particulièrement les satellites de Saturne et de Jupiter » (Ehricke, 1981a, p. 55).

Ehricke envisageait le développement de civilisations polyglobales créées par l'homme non seulement sur les autres corps célestes, mais aussi sur des orbites héliocentriques, avec

de nouvelles planètes autour du Soleil. « Il deviendra possible de construire des systèmes encore plus grands, assez autosuffisants pour atteindre leurs propres orbites héliocentriques — des « Androsphères cellulaires » ou « Androcelules ». » (Ehricke, 1974)

La civilisation terrestre est limitée à la surface, à deux dimensions. Le développement de la Lune donne à l'activité humaine une troisième dimension. Avec le concept d'androcellule, la civilisation n'est même plus limitée à un corps stationnaire ou à un lieu particulier de l'univers. « Lorsque des communautés spatiales auto-reproductrices, plus ou moins indépendantes, seront lancées, la civilisation tridimensionnelle sera pleinement développée, » écrivait Ehricke en 1975. « Les opérations interstellaires sont le théâtre où la civilisation passera à des proportions quadridimensionnelles. Que le transport soit relativiste ou non, le temps aussi bien que l'espace seront inclus dans ce genre de civilisation. »

Krafft Ehricke donna sa dernière conférence sur son concept d'industrialisation lunaire et sur la « naissance d'une civilisation polyglobale » quelques semaines avant de mourir, lors d'un symposium sur les bases lunaires et les activités spatiales au XXIème siècle, qui se tint à Washington en octobre 1984. Il reçut une ovation de la part de centaines de scientifiques, d'ingénieurs, de représentants de l'industrie et de la NASA. Pour eux, comme Shirley Thomas l'avait écrit presque 25 ans auparavant, Krafft Ehricke « était l'incarnation de sa conviction — les seules limites sont celles que l'homme s'impose lui-même, et l'univers est le champ légitime de l'action humaine. » (Thomas, 1960, p. 22) ■

Bibliographie

Chapman, John L., 1960. *Atlas : The Story of a Missile*. New York : Harper & Brothers.
 Ehricke, Krafft, 1953. « A Comparison of Rocket Propulsion at Constant Thrust and at Constant Acceleration ». *Rocketscience*, Vol. 5, N° 3.
 Ehricke, Krafft, 1956. « Astronautical and Space-Medical Research with Automatic Satellites », Monograph N°2, *Earth Satellites as Research Vehi-*

cles, Philadelphia : Journal of the Franklin Institute, June 1956.
 Ehricke, Krafft, 1957b. « The Anthropology of Astronautics », *Astronautics*, Vol. 2, N° 4.
 Ehricke, Krafft, 1959b. « Interplanetary Probes : Three Problems » *Astronautics*, Jan 1959.
 Ehricke, Krafft, 1960c. « Rescue from Space by a Secondary Vehicle », in proceedings, *Second International Symposium on the Physics and Medicine of the Atmosphere and Space*, ed. Benson, Otis O. and Strughold, Hubertus. New York : John Wiley & Sons
 Ehricke, Krafft, et Newsom, B.D., 1966. « Utilization of Space Environment for Therapeutic Purposes », in *Practical Space Applications*, ed. Kavanau, L.L., American Astronautic Society.
 Ehricke, Krafft, 1967. « Space Tourism », in *Commercial Utilization of Space*. ed. Gilmer, J. Ray et al., American Astronautic Society.
 Ehricke, Krafft, 1971c. « Extraterrestrial Imperative », *Bulletin of the Atomic Scientists*, November 1971.
 Ehricke, Krafft, 1972c. « The Extraterrestrial Imperative », *New York Times*, March 31, p. C29.
 Ehricke, Krafft, 1973. « Professor Oberth's Vierte Prämisse und das Raumzeitalter », *Astronautik*, Vol. 10, N° 3.
 Ehricke, Krafft, 1974. « Space Stations — Tool of New Growth in An Open World ». Conférence invitée au 25th International Astronautical Congress, Amsterdam, Octobre.
 Ehricke, Krafft, 1981. *Industrializing the Moon : The First Step into a New Open World* », Part I, *Fusion*, Vol. 5, N° 2, Part II, *Fusion*, Vol. 6, N° 1.
 Ehricke, Krafft, 1982a. « The Extraterrestrial Imperative : Why Mankind Must Colonize Space ». *Fusion*, Vol. 5, N° 6 (édition américaine).
 Ehricke, Krafft, 1982b. *Collected Works of K.A. Ehricke*, preface. La Jolla, California : Space Global.
 Freeman, Marsha, 1990. « Mining Helium on the Moon to Power the Earth », *21st Century Science and Technology*, Vol. 3, N° 3
 Grey, Jerry et Grey, Vivian, eds, 1962. *Space Flight Report to the Nation*, New York : Basic Books.
 Koelle, Heinz Hermann, 1992. Entretien avec l'auteur, le 11 décembre à Berlin.
 Maxwell, A.E., 1974. « Ehricke Space Garden », *Intellectual Digest*, Vol. 4, N° 10.
 Sloop, John L., 1978. *Liquid Hydrogen as a Propulsion Fuel*, Report SP-4404. Washington DC : NASA
 Thomas, Shirley, 1960. *Men of Space*, vol. 1 Philadelphia, Chilton Company.