



SCIENCE
VIE
et

LA

LUNE



Cette photo est extraordinaire...

Malheureusement elle est unique en son genre :

Ne le regrettez pas trop et dites-vous qu'il reste encore de si belles choses à photographier sur notre bonne vieille Terre.

VOUS AIMEZ LA PHOTO NOUS AUSSI !

Quel que soit votre problème (développement, choix d'un matériel, même un simple conseil), quel que soit votre « degré de technique » (amateur débutant ou chevronné, professionnel) vous tirerez toujours profit d'une visite chez Grenier Natkin.

7 Centres Pilotes et 104 Revendeurs Spécialistes Agréés dans toute la France toujours prêts à vous accueillir.

Centres Pilotes :

27, rue du Cherche Midi - PARIS 6^e

15, avenue Victor Hugo - PARIS 16^e

7, boulevard Haussmann - PARIS 9^e

25, allées de Tourny - BORDEAUX

5, rue Gentil - LYON

27, rue des Carmes - ROUEN

334, rue de la République - TOULON

Revendeurs Spécialistes agréés :

liste gratuite sur simple demande à

GRENIER NATKIN

27, rue du Cherche Midi - PARIS 6^e

QUE VOIR AU



**PALAIS DE LA
DECOUVERTE**

CET ETE ?

Toutes les salles du Palais de la Découverte seront ouvertes pendant la période de vacances.

Parmi les expériences les plus spectaculaires, il faut retenir :

- la loterie de l'hérédité, en génétique ;
- les pigeons conditionnés, en biologie ;
- la grande machine de 300 000 volts, en électrostatique ;
- les expériences sur l'air liquide, en métallographie ;
- les combustions, en chimie ;
- la maquette de la pile G 2, en électrostatique, etc.

Une exposition très vivante : « **Les corps gras végétaux alimentaires** », occupe deux salles du premier étage ; des maquettes, des films, des expériences illustrent l'intérêt des oléagineux dans l'alimentation.

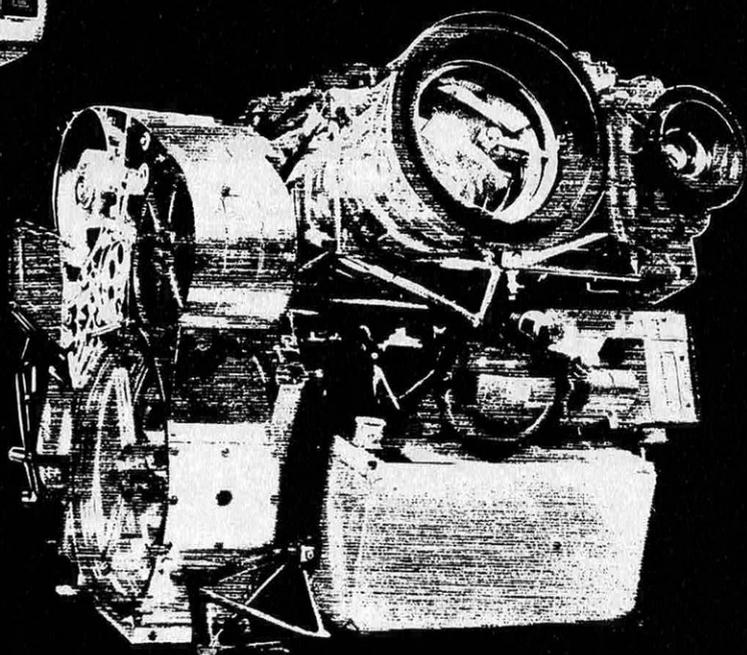
Deux belles maquettes ont été prêtées par le CNEXO : le bathyscaphe « Archimède », à l'échelle du 1/5, seul appareil au monde capable de descendre dans les plus grands fonds marins, et la soucoupe plongeante « S P 3000 », grandeur nature, petit sous-marin autonome d'étude et d'observations océaniques.

On ne peut pas enfin négliger l'activité du **cinéma** qui propose trois séances par jour, encore moins celle du **planétarium** qui renouvelle ses exposés chaque jour de la semaine : le planétaire projette sur une coupole hémisphérique de 23 m de diamètre les étoiles visibles à l'œil nu, le Soleil, les planètes et la Lune. Le spectateur y a l'illusion d'un ciel parfaitement pur.

Rappelons que le Palais de la Découverte est ouvert tous les jours, sauf le vendredi, de 10 h à 12 h et de 14 h à 18 h. Entrée : 2 F, planétarium : 3 F.

**Avenue Franklin Roosevelt - Paris VIII^e
Bal 17.24.**

quelle différence
y a-t-il entre
ces 2 caméras ?



studio gonzague

Aucune (ou presque).

Ce sont toutes les deux des caméras Kodak "miniaturisées". A droite, la caméra spéciale qui a équipé tous les satellites Lunar Orbiter de la NASA

préparant l'atterrissage sur la lune d'une cabine habitée.

A gauche, la caméra de vos vacances; une caméra Kodak Instamatic*

qui a bénéficié de la miniaturisation qu'implique la recherche spatiale.

La NASA a choisi Kodak.

Pourquoi ne profiteriez-vous pas, vous aussi, de cette remarquable avance technique?

Demandez à votre négociant photo-ciné une démonstration des caméras Kodak Instamatic "miniaturisées".

M 12



Objectif Kodak Ektanar
de 14 mm f/2,7 :
Moins de 250 F

M 14



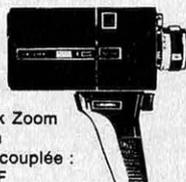
Réglage automatique
de l'exposition
par cellule CdS couplée :
Moins de 340 F

M 16



Objectif Kodak Ektanar
de 13 mm f/1,8
+ cellule CdS couplée :
Moins de 405 F

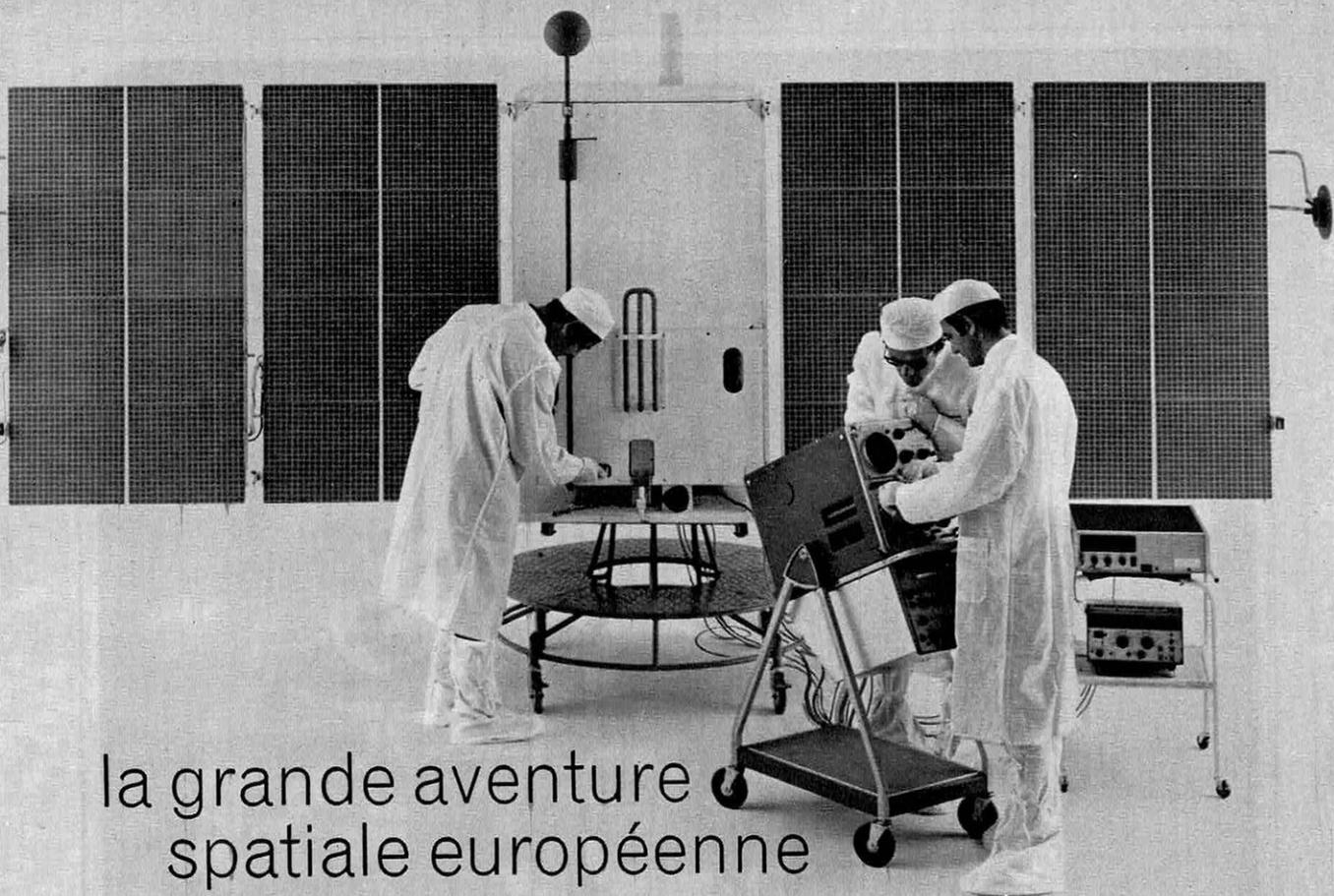
M 18



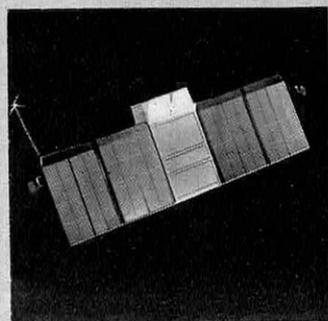
Objectif Kodak Zoom
de 13 à 28 mm
+ cellule CdS couplée :
Moins de 580 F

*marques déposées

Kodak



la grande aventure spatiale européenne passe par Matra...



Dès 1962, MATRA s'est lancé dans l'aventure spatiale européenne. Cela représente déjà quatre lancements, tous réussis.

Actuellement, MATRA a entrepris la réalisation de TD, le satellite scientifique de l'ESRO qui sera lancé vers 1972. Envergure 5 m. Poids 450 kg.

Un record d'Europe!

Consécration de son expérience spatiale unique en Europe, MATRA a été chargé de la maîtrise d'œuvre de ce programme, au sein du groupe MESH.

Le Satellite TD1, d'un poids total de 450 kg environ, est destiné à l'observation du ciel et du soleil. Son orbite sera perpendiculaire à la direction terre soleil, de façon qu'il soit continuellement éclairé par le soleil pendant 6 mois.

Il sera stabilisé de manière qu'un de ses axes soit pointé vers le centre du soleil à 1° d'arc près et qu'un autre passe par le centre de la terre à 1° près. Il emportera 7 expériences scientifiques. Deux d'entre elles pointées vers le soleil enregistreront l'une l'émission des rayons GAMMA, l'autre l'émission des rayons X, les 5 autres expériences observeront le ciel au moyen de 2 télescopes dans l'ultra-violet et l'infrarouge, d'une chambre à étincelles dans la bande des rayons GAMMA, d'un compteur de particules lourdes et d'un détecteur de rayons X.

Ce programme est réalisé pour l'ESRO par le groupe MESH qui comprend HAWKER SIDDELEY DYNAMICS (G.B.) SAAB (Suède) ERNO (Allemagne) MATRA, maître-d'œuvre.

ENGINS
MATRA



B.P. N° 1 - 78 - VELIZY

SOMMAIRE

1^{re} partie LA LUNE



POURQUOI LA LUNE ?
par Charles-Noël Martin

La plus coûteuse entreprise de l'humanité n'a pas de prétexte pratique : c'est simplement la réalisation du plus vieux rêve de l'homme.

6

QUATRE PAS SUR LA LUNE
par Marcel Péju

Que verront les premiers hommes sur la Lune ? Une synthèse de tout ce que l'on sait déjà sur notre satellite.

12

D'OU VIENT LA LUNE
par Renaud de la Taille et Charles-Noël Martin

Est-elle une « fille » ou bien une « sœur » de la Terre ? Ou bien vient-elle d'ailleurs ? A-t-elle vraiment heurté la Terre ? Pourquoi a-t-elle la « petite vérole » ? Et pourquoi est-elle si anormalement grosse ?...

18

QU'EST-CE QUE LA LUNE ?
par J. C. Cramenil

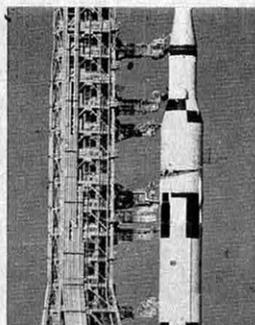
La fiche technique.

30

**LES NATIONS S'EPANOUISSENT
OU MEURENT SELON LES BUTS
QU'ELLES SE SONT FIXES**
par le D^r Wernher von Braun

Le célèbre spécialiste de l'espace commente l'utilité culturelle, psychologique et économique de l'aventure Apollo.

34



2^e partie LA FUSEE ET LE VAISSEAU

**DOUZE ANS DEJA
DEPUIS SPOUTNIK I**
par Jean Létrusque

Une extraordinaire illustration de l'accélération de l'histoire scientifique : en photos, les étapes qui ont jalonné les douze premières années de l'ère spatiale.

35

**CES QUATRE ECHECS QUI
ONT CONDUIT AU SUCCES**

Même dramatiques, les échecs sont accueillis favorablement par les savants : ils en apprennent plus que les réussites.

40

LES SOLDATS DANS L'ESPACE
par le Général Samuel C. Phillips,
Directeur du programme Apollo

Un militaire « démystifié », selon son point de vue, la conquête de l'espace.

42

COMMENT MARCHE UNE FUSEE
par Renaud de la Taille

Le B-A BA de l'espace.

43

LA GENESE DU MONSTRE
par Jacques Tiziou

Pas à pas, en photos, la fabrication de cette « montre suisse » de 3 000 tonnes...

44

QU'EST-CE QU'UN SATELLITE ?
par Renaud de la Taille

Ce pourrait être un simple caillou au bout d'une ficelle.

60

ENTRAINEMENT ET PREPARATIFS
par Jean Létrusque

On ne se lance pas dans l'espace comme on prend un avion.

66

**COMMENT, ET AVEC QUOI, ILS
FONT FILMS ET PHOTOS**
par Roger Bellone

Sans la photo, la conquête de l'espace perdrait la moitié de sa valeur.

72

3^e partie LE VOYAGE

**COMMENT ON CONDUIT
DE LA TERRE A LA LUNE**
par Renaud de la Taille

Quelle est la part de l'homme dans le contrôle du trajet Terre-Lune ?

78

**« NOUS NOUS SOMMES HISSÉS
SUR DES EPAULES DE GEANTS »**
par le Colonel Frank A. Borman,
de l'U.S. Air Force

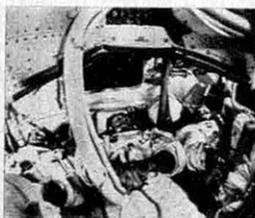
Un peu de modestie, un peu de poésie : les discours des nouveaux conquistadors décevraient Hérédia : mais ils sont riches de psychologie.

85

LA VIE A BORD
par Jean Létrusque

Comment se nourrissent-« ils » ? Et comment satisfont-« ils » leurs besoins naturels ? Comment et où dorment-ils ? Les réponses aux questions que tout le monde se pose.

86



**LES APPAREILS DEPOSES
SUR LA LUNE**

par Marcel-Henri Solant

Ils sont trois seulement ; lesquels ? Et pourquoi sont-ils tellement importants ?

94

**POURQUOI METTRE LES HEROS
EN QUARANTAINE ?**

par Léon-Michel Tarrans

Pendant trois semaines, à leur retour, les héros seront traités en pestiférés, car les germes qu'ils pourraient ramener de là-haut empoisonneraient la Terre.

102

4^e partie ET MAINTENANT ?...

**LA PRESENCE DE L'HOMME
EST NECESSAIRE DANS L'ESPACE**

par le D^r George A. Mueller, Administrateur-adjoint de la NASA

Le matériel automatique n'est-il pas assez perfectionné pour éviter de mettre en danger des vies humaines ? Là n'est pas la question...

108

A QUI APPARTIENT LA LUNE ?

par le Professeur Martial Tricaud

Théoriquement, il ne peut y avoir de « guerres coloniales de l'espace » : un code précis existe déjà, qui définit les planètes comme la propriété de l'Humanité entière.

109

ET LES RUSSES ?

par Jean-René Germain

Battus au poteau, ils préparent une revanche spectaculaire, comme le laissent prévoir les observations des satellites-espions américains.

116

**LA LUNE, UN STIMULANT DE
L'INDUSTRIE ET DE L'ECONOMIE**

par Gérard Morice

La Lune est aussi utile à l'économie que la guerre. En fait, c'est une guerre sans morts, mais c'est également un stimulant patriotique... et peut-être le Cheval de Troie d'un socialisme qui ne dit pas son nom.

122

**« CE QUE JE VAIS FAIRE DE MON
PREMIER MORCEAU DE LUNE »**

par le Professeur Jean Orcel, membre de l'Institut

Le savant qui va recevoir les cent grammes de Lune réservés à la France s'explique sur l'usage qu'il compte en faire.

126

**LA TERRE AURAIT-ELLE
D'AUTRES LUNES QUE LA LUNE ?**

par Marcel-Henri Solant

Bizarre, mais possible : il existerait de petites lunes qui ont échappé aux observateurs...

132

**COMMENT SE FERA
LE VOYAGE A MARS**

par Lancelot Herrisman

Le circuit Terre-Lune apparaît déjà comme un simple chemin de fer de ceinture spatial. La première grande liaison, c'est Mars. Les plans sont prêts.

138

PETIT LEXIQUE D'ASTRONAUTIQUE

par Renaud de la Taille

Les mots que vous connaissez et que vous ne comprenez peut-être pas. Des mots que tout le monde doit désormais connaître.

144

**SI VOUS VOULEZ EN SAVOIR
DAVANTAGE : LES LIVRES**

152

Dessins de Christian Broutin p. 6-7, 18, 43, 60-61, 100-101, Louis Delplanque p. 78-84, Alain Dufourcq p. 19-29, 132-133, Louis Murtin (dépliant) et NASA (p. 30-31, 138, 140-141, 143).
Photos Michel Tiziou, Roger-Viollet, Giraudon, NASA.

Tarif des abonnements : UN AN. France et Etats d'expr. française, 12 parutions : 35 F (étranger : 40 F) ; 12 parutions envoi recom. : 51 F (étranger : 72 F) ; 12 parut. plus 4 numéros hors série : 50 F (étranger : 58 F) ; 12 parut. plus 4 numéros hors série envoi recom. : 71 F (étranger : 100 F). Règlement des abonnements : Science et Vie, 5 rue de la Baume, Paris. C.C.P. PARIS 91-07 ou chèque bancaire. Pour l'Etranger par mandat international ou chèque payable à Paris. Changements d'adresse : poster la dernière bande et 0,60 F en timbres-poste. — Belgique, Grand Duché de Luxembourg et Pays-Bas (1 an) : service ordinaire FB 300, service combiné, FB 450. Règlement à Edimonde, 10 boulevard Sauvenière, C.C.P. 283-76, P.I.M. service Liège. — Maroc : règlement à Sochepress, 1, place de Bandoeng, Casablanca, C.C.P. Rabat 199-75.

Directeur général : Jacques Dupuy. Rédacteur en chef : Philippe Cousin. Direction, Administration, Rédaction : 5 rue de la Baume, Paris-8^e. Tél. : Elysée 16-65. Chèque Postal : 91-07 PARIS. Adresse télégr. : SIENVIE PARIS. Publicité : Excelsior Publicité, 2, rue de la Baume, Paris 8^e (Ely 87-46). Correspondants à l'étranger : Washington : « Science Service », 1 719 N Street N.W. Washington 6 D.C. New York : Arsène Okun, 64-33 99th Street, Forest Hills 74 N.Y. Londres : Louis Bloncourt, 38, Arlington Road, Regent's Park, Londres N.W.1.

PREMIÈRE PARTIE :

LA LUNE

**Pourquoi
tant d'efforts ?
Et que savons-nous
déjà de
cette inconnue ?...**

POURQUOI LA LUNE ?

D'abord, parce que
c'est un rêve bi-millénaire...

Par Charles-Noël Martin







Soma ; c'était, chez les Hindous, l'ancien dieu védique du sacrifice ; il est devenu le dieu de la Lune. Les textes sacrés de la Bhagavad Gita assurent que le déclin de la Lune correspond au temps où s'y rendent les yogis...



« Le train de projectiles pour la Lune », tel que le représente l'illustration de la célèbre édition Hetzel du voyage « De la Terre à la Lune », de Jules Verne.

La projection des rêves humains s'est faite de tous temps vers l'astre étrange qui tourne inlassablement autour du globe terrestre.

Le Soleil, par son flamboiement, sa lumière, sa chaleur surtout, a été l'objet de l'adoration des anciens : c'est vraiment l'astre de vie, celui sans lequel nous ne serions pas. Mais la Lune, par son envoûtante beauté, ses alternances de lumière argentée et d'obscurité cendrée, par sa fidélité dans les phases a toujours eu un pouvoir de fascination.

Les quelque cent à deux cents milliards d'êtres humains qui ont vécu depuis que l'homme est Homme en tant qu'espèce pensante (un ou deux millions d'années), ont eu les yeux sans cesse tournés vers la pâle Séléné, tour à tour effrayante et attirante.

Il y a cinq mille ans les populations inconnues, pré-celtiques, qui s'étendaient sur une partie de l'Europe, élaboraient des monuments de pierre dont l'objet astronomique ne fait plus de doute. Ces monuments, tel Stonehenge, étaient de véritables « ordinateurs » grâce auxquels les « savants » de cette époque perdue dans la nuit des temps prévoyaient le retour des saisons, les lunaisons et les éclipses.

Le jour s'identifie au Soleil, la nuit est personnifiée par la Lune avec la projection psychique qu'elle implique : celle des rêves. Et dans les rêves il y a le désir, ce désir subconscient d'évasion, de projection vers l'ailleurs.

Aussi n'est-il pas étonnant que la Lune ait été tout au long de la pensée humaine l'objet d'une concrétisation. On l'a toujours considérée comme un monde et ce monde pouvait être analogue au nôtre, il *devait* être analogue au nôtre.

De sorte qu'on a de tous temps pensé et écrit — depuis l'avènement de l'écriture — que la Lune était habitable, donc habitée. L'anthropocentrisme a obligé les Anciens à faire de notre satellite le lieu d'une fixation nécessairement humanoïde.

La science ayant apporté ensuite une négation à cette croyance, la Lune ne permettant pas à la vie dans sa forme terrestre de se développer, on devait glisser vers la conception moderne, née voici trois ou quatre siècles à peine dans l'esprit de quelques-uns : la Lune est un monde vierge à conquérir, l'homme terrestre ira un jour s'y poser et l'habiter.

Le grand jour de cette concrétisation d'un rêve fou est arrivé. L'homme s'est posé sur la Lune. C'était un technicien et non un poète, mais si ses heures ont été accaparées par les multiples tâches scientifiques qui lui ont été commandées, il n'en était pas moins le représentant d'une humanité lettrée. A ce titre il a dû, au moins un bref instant, rendre hommage aux grands précurseurs, ceux-là même qui, à travers les siècles, ont désiré ou imaginé cet instant.

Et pour être sûr que cet hommage a été rendu, nous allons, brièvement aussi, le faire en quelques pages préalables à la description de ce grandiose exploit.

Commençons par citer les Védas des Hindous. « *L'âme va dans le monde auquel appartient ses œuvres... Le monde de la Lune est celui où l'on reçoit la récompense des bonnes œuvres faites sans avoir renoncé à leur fruit ; mais cette récompense n'a qu'un temps fixé, après lequel on renait dans un monde inférieur.* »

Et de préciser « ... L'homme qui avait pour but la récompense de ses bonnes œuvres étant mort, va au monde de la Lune. Là, il est au service des préposés de la moitié de la Lune dans son croissant. Ceux-ci l'accueillent avec joie ; pour lui, il n'est pas tranquille, il n'est pas heureux ; toute sa récompense est d'être parvenu pour un temps au monde de la Lune. Ce temps écoulé, le serviteur des préposés de la Lune en son croissant redescend dans l'enfer (notre monde) : il y renaît ver, papillon, lion, poisson, chien... ou humain à nouveau. »

Voilà l'objet de la Lune, c'est une station orbitale d'attente où les âmes, bonnes mais non désintéressées, font un séjour avant de redescendre à Terre, à l'aide d'une navette spatiale sans doute, et recommencent une existence par le mécanisme de la métempsycose. Il est bon d'ajouter d'ailleurs « ... qu'au contraire, par la renonciation à la récompense des œuvres, cherchant Dieu avec une foi ferme, on parvient à ce Soleil qui est le grand Monde ».

Cela est clair. Le Bhagavad Gita, établissant une distinction entre les bons, qui retournent à l'objet de leurs pensées (Dieu) pour n'en plus revenir, et les indifférents, qui transmigrent pour revenir, ajoute : « La lumière, le jour, la Lune croissante, les six mois où le Soleil est au Nord, voilà le temps où les hommes qui connaissent Dieu se rendent à Dieu. La fumée, la nuit, le déclin de la Lune, les six mois du Sud, sont le temps où le yogi se rend dans l'ombre de la Lune pour en revenir plus tard. »

Ne croirait-on pas, en fonction de nos connaissances actuelles, lire dans ces émouvantes lignes millénaires un raccourci de voyage interplanétaire ? Les astronautes de l'avenir iront sur la Lune, les meilleurs s'élanceront plus loin, autour des astres du Soleil, les autres reviendront sur Terre, après un séjour dans l'étrange et l'inconnu des rêves ?

Ce thème de la métempsycose était déjà enseigné par l'école grecque pythagoricienne. Proclus, dans son *Timoeus* cite les vers grecs attribués à Orphée où il est dit que la Lune est une Terre où il y a des montagnes, des hommes, des villes... Aussi, un siècle après Lucrèce, Plutarque, en s'appuyant vraisemblablement sur le *De natura rerum*, commençait son *De facie in orbe lunæ* en posant la question : « Je voudrais... que l'entretien se portât sur l'opinion qui place des habitants dans la Lune. Je désirerais savoir, non pas précisément si elle est habitée, mais s'il est possible qu'elle le soit. S'il est impossible qu'il y ait des habitants, on ne peut soutenir raisonnablement que la Lune soit une Terre ; autrement elle aurait été créée en vain et sans motif puisqu'elle ne porterait aucun fruit et qu'aucune race d'hommes n'y trouverait une assise solide pour y naître et pour s'y nourrir, fins pour lesquelles nous croyons avec Platon qu'a été formée la Terre que nous habitons. »

Plutarque émaillera son curieux traité d'un mélange de fantaisies à tournure satirique et de spéculations sérieuses sur les conditions d'habitabilité. On est étonné de lire ces lignes et l'on comprend combien l'esprit humain est — au fond — peu rationnel. Mais il est malicieux aussi !

C'est dans le sens de la malice qu'il faut lire Lucien de Samosate que Camille Flammarion appelle le « père de Rabelais ». Lucien écrivit vers 170 après J.-C. un *Voyage à la Lune*. C'est un voyage fictif, prétexte à satire, analogue au *Voyage*



Les dolmens de Stonehenge, en Angleterre. Ces blocs mal équarris servaient, en fait, d'observatoire capable de prédire les éclipses de Lune avec une étonnante précision.



Le vrai Cyrano de Bergerac avait écrit une « Histoire comique des Etats et Empires de la Lune », où l'y voilà représenté.

dans la Lune de Cyrano de Bergerac ou aux Voyages de Gulliver. De ce moment, d'ailleurs, la Lune sera beaucoup plus un prétexte à élucubrations socio-philosophiques que l'objet d'études physiques. Elle devient une Atlantide, une Thulé, une Hyperborée spatiale où chaque époque loge ses désirs et ses fantasmes, refuge de sociétés parfaites ou caricaturales. Pour revenir à Plutarque il est bon de citer ce que lui-même ne faisait que citer. Il attribue la croyance que l'on va lire aux habitants d'une île située au-delà de la Grande-Bretagne, non loin des pôles, gouvernée par Saturne depuis son départ de l'Olympe. Les Anciens de ces Anciens distinguaient trois parties dans l'homme : le corps, l'âme et l'intelligence : cette dernière faculté serait aussi supérieure à l'âme que celle-ci est supérieure au corps. « Cette union de l'âme avec l'entendement fait la raison ; son union avec le corps fait la passion dont l'une est le principe du plaisir et de la douleur, l'autre de la vertu et du vice. De ces trois parties le corps vient de la Terre, l'âme de la Lune et l'entendement du Soleil. L'entendement est la lumière de l'âme comme le Soleil est la lumière de la Lune. Nous éprouvons deux morts : la première a lieu sur la Terre, la seconde arrive dans la Lune. Les âmes restent entre la Terre et la Lune pendant quelque temps puis sont attirées vers leur patrie (la Lune) comme à la suite d'un long exil ; là elles subissent la seconde mort, qui les laisse à l'état d'intelligence éternelle. Les bons sont dans la partie de la Lune qui regarde le ciel et qu'on appelle l'Elysée ; les méchants occupent le côté de la Terre qui se nomme le champ de Proserpine. »



Kepler : cet astronome rigoureux s'était déjà imaginé, dans un texte de « pré-science-fiction », observant la Terre depuis la Lune.

Fariboles sans intérêt ? Je ne le pense absolument pas et je ne trouve pas, personnellement, que l'on ait imaginé beaucoup mieux et surtout plus poétique que ces images touchantes. Elles sont nées dans l'esprit d'hommes qui vivaient il y a si longtemps et qui se posaient exactement les mêmes questions que nous autres sur la mort, la survie et notre condition cosmique.

Sautons à 1300 et mentionnons le voyage aux enfers de Dante. Il franchit, guidé par Béatrice, les zones successives dont la première est celle de la Perle éternelle, c'est-à-dire, la Lune. « En approchant d'elle les voyageurs sont couverts d'un nuage translucide, et leurs corps semblent pénétrer le corps lunaire... La Lune est le séjour de la Virginité... elle reçoit les âmes élues qui plus tard doivent se rendre au séjour des bienheureux. »

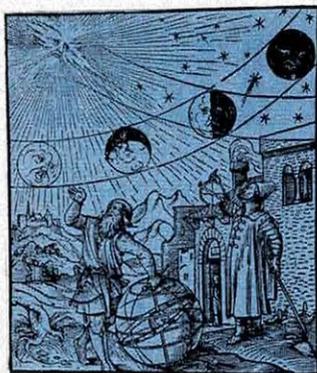
Donc, là encore, la Lune est le tremplin d'où l'on s'élance pour aller plus loin, les âmes y font transition.

Citons au passage Nicolas Krebs (1401-1464) né à Cuss sur la Moselle d'où son nom Nicolas de Cusa. Il fut cardinal et écrivit vers 1445 un *De docta ignorantia* dans lequel se trouvent les thèses qui feront brûler Giordano Bruno cent cinquante ans après. On y lit en particulier la fort belle assertion selon laquelle « les influences stellaires ont dû produire sur les autres mondes des effets analogues à ceux qu'elles produisent sur le nôtre ; l'action de la Terre agit sur elles comme la Lune sur nous ; il y a échange perpétuel entre les diverses parties de l'Univers, soit dans le règne de l'esprit, soit dans celui de la matière. »

L'Arioste fit un voyage à la Lune dans son *Orlando furioso*



Michel Ardan, l'un des héros du « Voyage de la Terre à la Lune », de Jules Verne, se voyait, avec fantaisie mais justesse, délivré de la pesanteur au sommet du fameux boulet qui l'emmenait vers l'astre des nuits.



Cette illustration des quartiers de la Lune selon Galilée date du XVI^e siècle; elle reflète bien l'obsession qui s'accusa au cours des siècles et mena à l'aventure « Apollo ».



Daumier ironisait sur la poésie facile que la Lune a inspiré à des générations d'esprits médiocres et sincères. Le temps des songe-creux n'est sans doute pas clos, mais la hantise lunaire a enrichi l'industrie américaine...

(chant XXXIV) et Rabelais, dans les livres IV et V de *Pantagruel*, traite des mondes différents sans les situer, toutefois. A partir de là, nous entrons dans l'époque moderne. Galilée invente la lunette, mot qui fera fortune et qui dépassera singulièrement sa portée initiale. L'observation de la Lune lui fera voir ce qu'il reconnaîtra comme des montagnes et il prouvera ainsi pour la première fois scientifiquement (nous sommes au début du XVII^e siècle) que la Lune est une planète au même titre que la Terre. Et il ajoute dans son *Système cosmique* :

« Y a-t-il sur la Lune ou sur quelque autre planète des générations, des herbes, des plantes ou des animaux semblables aux nôtres? Y a-t-il des pluies, des vents, des tonnerres comme sur la Terre? Je ne le sais ni ne le crois et encore moins que ces globes soient habités par des hommes. Mais cependant, de ce qu'il ne s'y engendrerait rien de semblable à ce qui existe parmi nous, je ne vois pas qu'il y ait nécessairement à inférer qu'il ne s'y trouve rien de sujet au changement et qu'il ne puisse y avoir des choses qui se modifient, qui s'engendrent, qui se dissolvent, et non seulement différentes des nôtres mais très éloignées de nos idées et, au résumé, tout à fait inconcevables. »

Kepler (1571-1630), le grand Kepler qui fut, avec Copernic, Galilée et Newton le fondateur de l'astronomie cosmique, a laissé un curieux écrit appelé le *Somnium* (Le Songe) publié en 1634, après sa mort (1630), par son fils, le médecin Louis Kepler. On est sûr que cet ouvrage posthume fut écrit avant 1620, car le fils, respectant l'ordre chronologique, l'a inséré avant le volumineux appendice de 223 notes écrites entre 1620 et 1630. Inclus dans un titre général d'*Astronomie lunaire*, ce n'est pas le traité lunaire qu'on aurait pu attendre de l'illustre astronome, mais purement et simplement une fantaisie romancée tout à fait dans la lignée des visions dantesques et de *Cyrano*. Kepler prend la Lune pour observatoire et décrit l'aspect du monde extérieur pour ceux qui y résideraient. C'est donc une véritable fiction, on peut même être tenté de dire science-fiction, compte tenu de la qualité de son auteur. Effectivement, Kepler, dans ses descriptions, garde le contact avec la réalité astronomique, il appelle la Lune *Levania*, de l'hébreu *Lbana* ou *Lavana*, la Terre est *Volva* (la tournante) et le système de division des jours, des saisons et des mouvements stellaires vus de la *Levania* sont décrits avec minutie.

Le *Somnium* est suivi du traité de Plutarque *De facie in orba Lunæ* avec de longues notes de Kepler sur cet écrit et l'œuvre du grand précurseur.

Ces quelques noms ne doivent pas cacher que, du quinzième au dix-huitième siècle, le nombre de traités écrits en latin, d'ordre astrologique et qui font référence à la Lune et ses habitants supposés, est effarant. Leur liste seule occuperait un volume de cinq cents pages ! L'astronome Lalande a réuni les seuls titres des livres astronomiques publiés depuis les Grecs jusqu'à 1781 et en a rempli un énorme volume in-4° !

Parmi ces traités astrologiques où l'alchimie se mêle à la mystique et où les sciences occultes règnent en souveraines, il faut en citer quelques-uns dont l'originalité et la prescience partielle sont remarquables : *Cornelius Agrippa* (1531) entre

(fin p. 158)

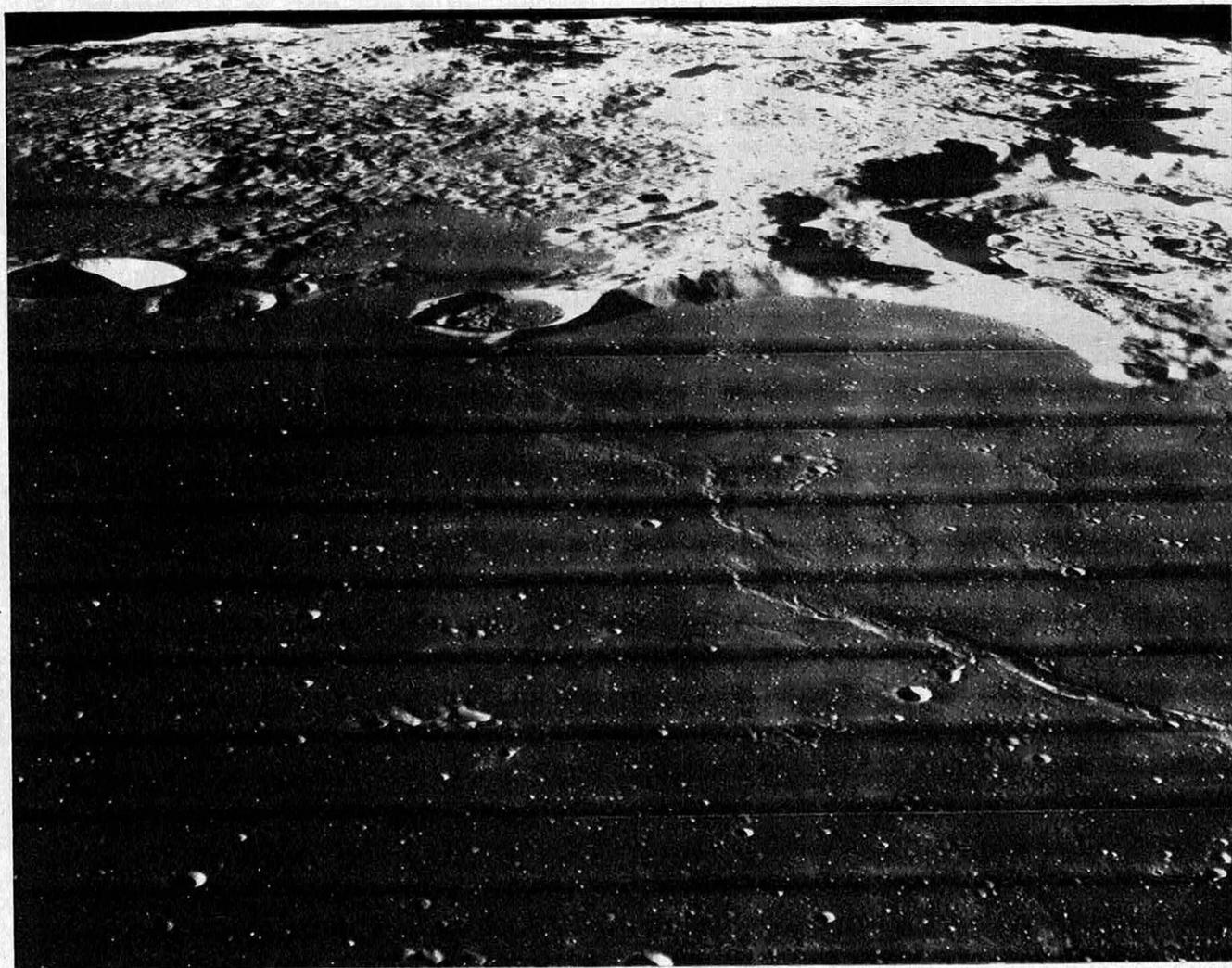
QUATRE PAS SUR LA LUNE

L'exploration de la Lune commence sur un paradoxe : il n'y a rien à explorer... Rien, du moins, de ce qu'on a accoutumé d'entendre par ce mot. Les « grands explorateurs » de la Terre, ce qu'ils cherchaient d'abord, c'est à dresser des cartes : que trouvait-on en remontant le Nil, en longeant la côte de l'Afrique, en voguant droit vers l'Ouest ? Qu'y avait-il de l'autre côté du globe ?

La Lune, elle, est plus photographiée, cartographiée, que ne l'est peut-être notre planète. Les « Lunar Orbiter », à eux seuls, ont filmé 38 millions de km², sur ses deux faces, avec une résolution de 100 à 200 m, et 100 000 km² avec une résolution de 1 à

2 mètres. Vingt millions de cratères, dômes, pics, vallées figurent sur des clichés si nombreux qu'ils suffiraient à occuper une génération de chercheurs. Lorsqu'ils poseront le pied sur la Lune, ses premiers « explorateurs » sauront qu'à droite il y a un fossé, à gauche un monticule, que la falaise, en face, masque une vallée, que tel cratère est à cinq kilomètres, etc. Nous sommes si habitués aux cartes touristiques et aux voyages en avion que nous oublions cet extraordinaire renversement : sur Terre, les cartes ont suivi l'exploration ; sur la Lune, elles la précèdent.

Heureusement, il faut le dire. D'abord parce que les hommes d'« Apollo » 11 ne feront



EN DESCENDANT VERS LA LUNE, les astronautes découvrent ce paysage : au-dessous d'eux, l'étendue plate et noire d'une mer,

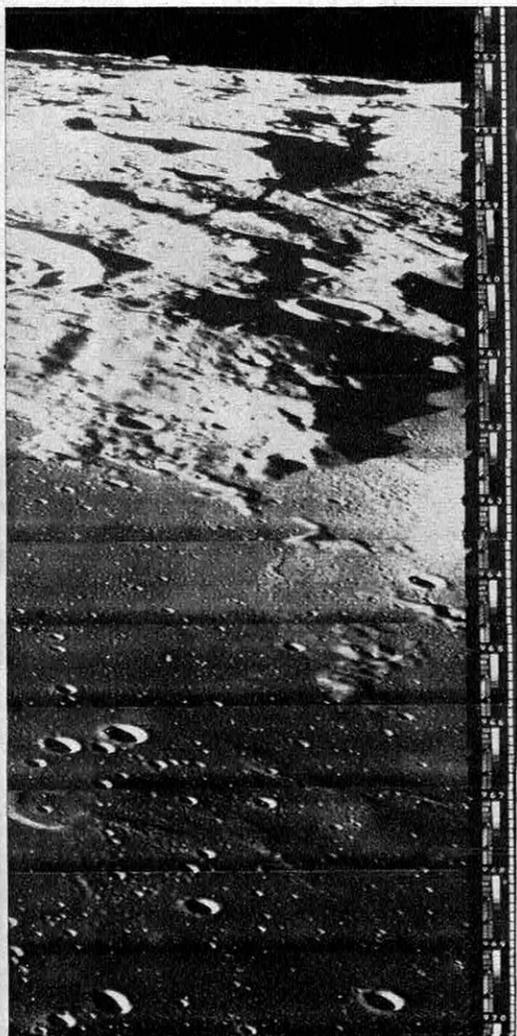
dont le « rivage » longe un massif montagneux qui brille. Le cratère Damoiseau, au centre, a environ 6 km de diamètre.

que quelques pas hors de leur engin. Ensuite, parce qu'ils verront beaucoup moins de choses que sur leurs photos. Le diamètre de la Lune n'étant que le quart de celui de la Terre, la surface du sol se courbe si rapidement que l'horizon, pour un homme d'un mètre soixante-quinze, ne sera guère qu'à 2,3 km. Il y a sur notre satellite des chaînes de montagnes atteignant 6 000 m, beaucoup plus hautes, donc, — proportionnellement — que le massif de l'Himalaya. Mais, à moins d'être à leur pied, les astronautes, même très proches, n'en apercevraient que les plus hauts sommets, émergeant à peine. Comme ils choisiront, pour atterrir, un lieu peu accidenté, ils ne découvriront, en ouvrant leur porte, qu'un terrain plat, marqué de quelques ondulations et percé d'innombrables trous. Leur problème sera ailleurs, et c'est le second paradoxe de l'exploration lunaire.

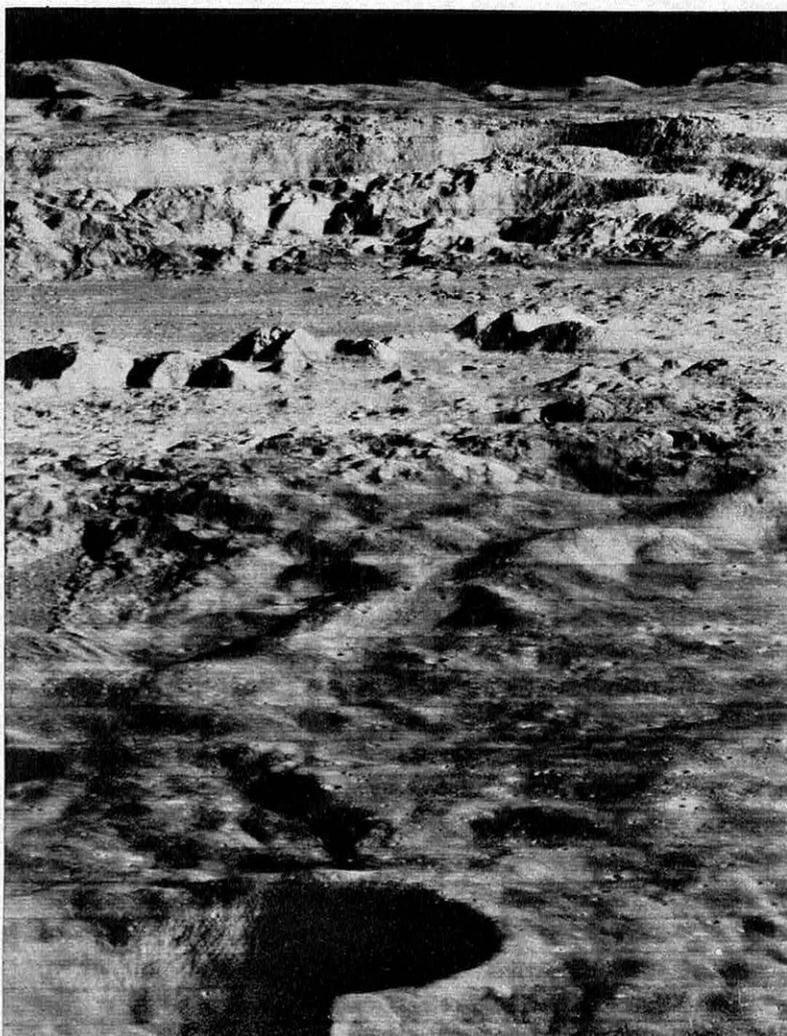
Sur Terre, partant à l'aventure, on ne savait pas ce qu'on trouverait, mais on savait ce que ce serait : un fleuve, un lac, un volcan, un désert... Sur la Lune, on sait tout ce qu'il y a, mais on ne sait pas ce que c'est.

Les « mers » mystérieuses

Premier mystère : le sol même sur lequel les astronautes feront leurs premiers pas. Par souci de sécurité, c'est une des « mers » qui a été choisie : ces immenses bassins peu accidentés recouverts d'un matériau de couleur noire. Mais sont-ils d'origine volcanique ou résultent-ils avant tout de collisions extérieures ? La controverse n'a jamais cessé entre partisans des deux thèses. Les sondes « Surveyor », jusqu'ici, n'ont révélé avec certitude que la consistance du sol. Il n'est pas dur, comme un champ de



PEU AVANT L'ATERRISSAGE, la vue sera comparable à celle-ci : le grand cratère qu'on aperçoit est celui de Copernic. Mais



il disparaît aux regards au moment où se pose le véhicule lunaire. Seules apparaissent encore ses crêtes déchiquetées.

laves, ni poudreux, comme du sable : mais granuleux et légèrement cohésif, à la manière d'un terreau de jardin ou d'un limon de rivière. L'analyse de ses éléments par bombardement aux rayons alpha a montré, d'autre part, qu'il pourrait s'agir de basalte. Mais ce point même est discuté.

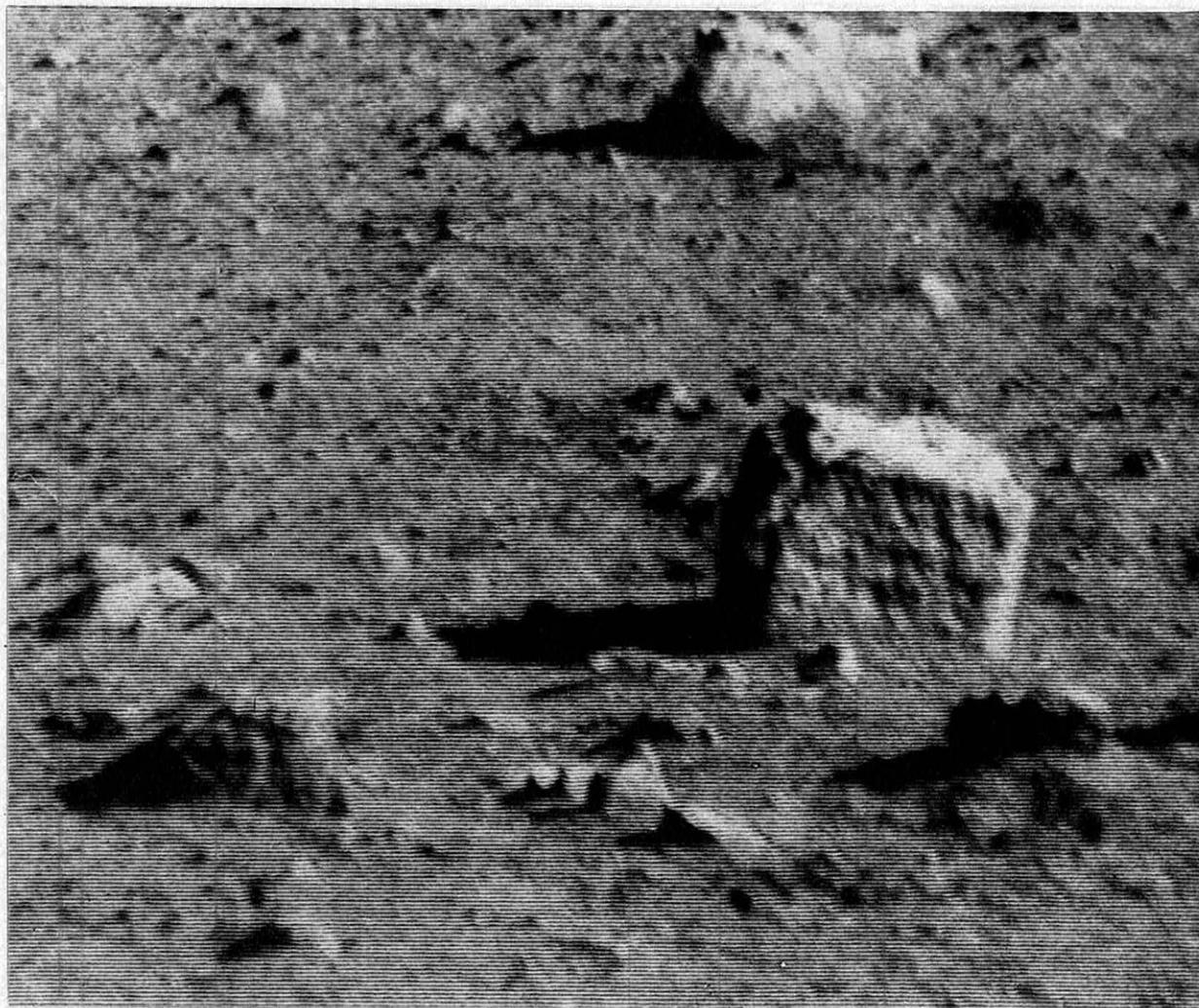
Le D^r Gilvarry, notamment, pense que les résultats obtenus correspondraient encore mieux à des dépôts sédimentaires : les « mers » lunaires, selon lui, ont été vraiment des mers durant près d'un milliard d'années.

L'examen direct permettra de trancher assez facilement. Et, dans le cas de basalte, une étude plus poussée dira si des processus volcaniques ont joué un rôle déterminant. Si, en effet, ce matériau a été, jadis, en fusion, il a perdu, en refroidissant, ses éléments volatiles. S'il a toujours été froid, et façonné seulement par

des chocs mécaniques, il a conservé tous ses éléments d'origine. Sa consistance actuelle, en tout cas, s'expliquerait par un incessant bombardement de petites météorites, qui l'auraient pulvérisé et « battu » jusqu'à des mètres de profondeur.

Des cratères et des dômes

Second problème, évidemment : les cratères. Il en existe, on le sait, de toutes dimensions : depuis quelques centimètres de diamètre, jusqu'aux 300 km du cratère Bailly, beaucoup se recouvrant d'ailleurs les uns les autres. Les plus grands ont souvent un pic central et sont parfois entourés d'une couronne d'immenses rayons : Copernic, par exemple, Kepler et Tycho. Leur profondeur est très variable et leur fond peut être rempli d'un matériau noir comparable à celui des « mers ».



CE N'EST PAS UNE HUTTE DE SELENITE, mais un caillou d'une quinzaine de centimètres seulement, situé à 10 m de la sonde « Sur-

veyor VII », au centre du cratère Tycho. C'est sur un terrain de ce genre que les astronautes font leurs premiers pas.

Ici encore, les partisans du volcanisme et ceux des météorites continuent de s'opposer. Bien des cratères ressemblent à des formations terrestres d'origine météoritique et sont probablement de même nature. Tycho, dans ce cas, aurait été creusé par un astéroïde de 3 à 4 km de diamètre et ses rayons, longs de 1 500 km, seraient des débris éjectés par le choc à une vitesse d'autant plus grande que la gravité est faible et qu'il n'y avait pas d'atmosphère pour le freiner. Quant au matériau noir, intérieur, il résulterait d'une fusion locale provoquée par la collision. Des prélèvements sur le terrain confirmeraient ou non cette double hypothèse.

Certains petits cratères, néanmoins, sont alignés sur des lignes de fracture et trahissent probablement une activité interne. On compte plus d'un millier de telles fissures, relativement droites, et qui résul-

teraient donc de phénomènes tectoniques : mais aucun volcan n'a été identifié, bien que l'absence d'érosion eût facilement préservé leur forme caractéristique.

En revanche, les « Lunar Orbiter » ont révélé des bombements linéaires, accompagnés de dômes, semblables à certaines formations volcaniques qu'on trouve dans l'Arizona. Les plus frappants, près du cratère Marius, sont larges d'une dizaine de kilomètres et hauts de 300 m. S'ils sont faits de laves venues des profondeurs, ils indiqueraient que notre satellite n'a pas toujours été un astre mort.

Les rivières de la Lune

Plus remarquables encore et plus troublantes sont des rainures sinueuses ressemblant à s'y méprendre aux vallées et aux méandres de nos rivières terrestres.



PANORAMA LUNAIRE filmé par « Surveyor VII ». La sonde étant située sur une éminence, la partie centrale de l'horizon se

trouve à 12 km. La surface ondulée caractérise les flancs des grands cratères lunaires : elle serait formée de débris éjectés.

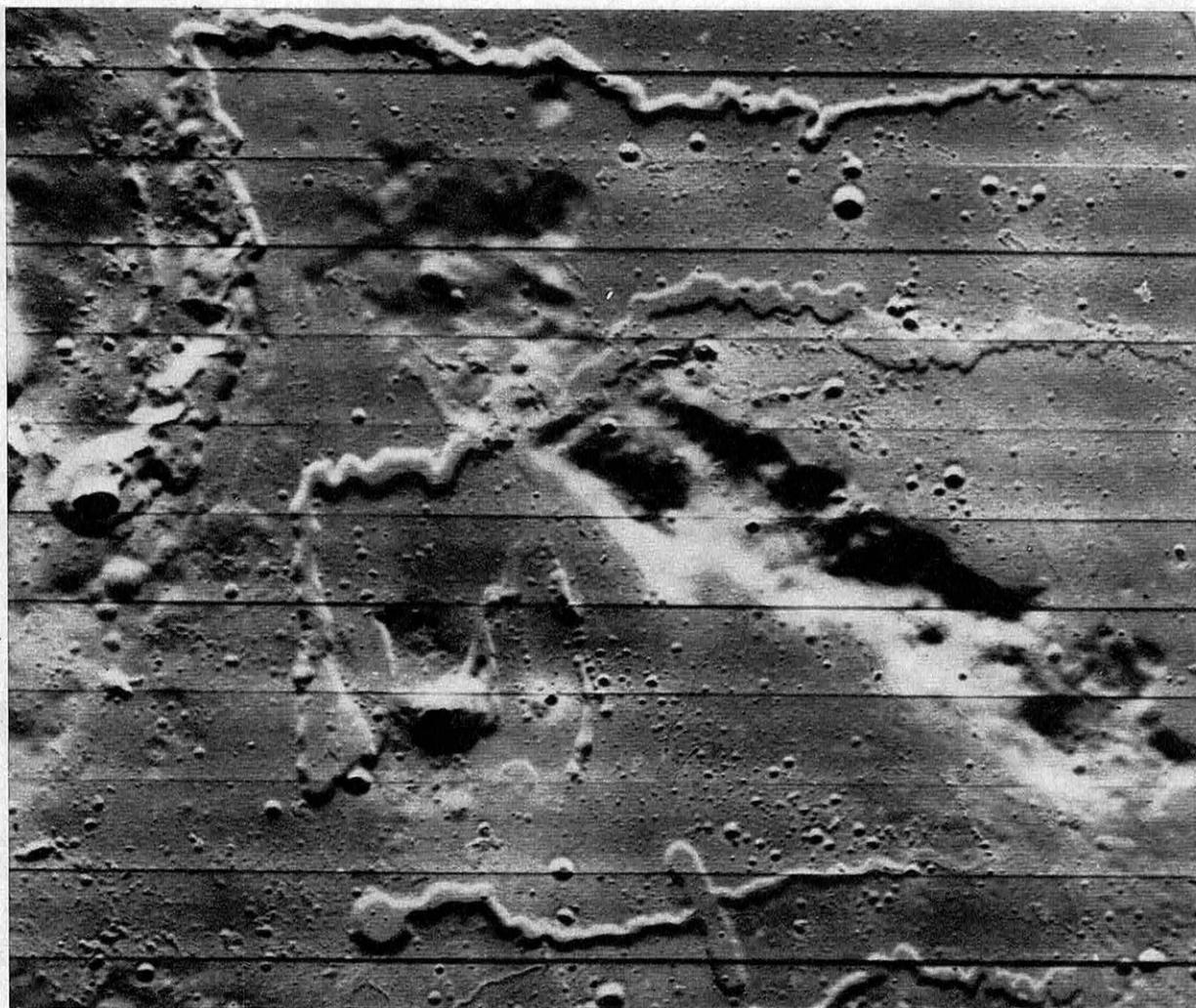
Certaines sont longues de plus de 300 km. Elles semblent « prendre leur source » dans des cratères et, pour cette raison, ont été parfois attribuées à des coulées de lave. Mais la plupart des spécialistes estiment que seule l'eau est assez fluide pour avoir coulé sur d'aussi longues distances.

Cela confirmerait-il l'existence, à une époque reculée, de vastes mers à la surface de notre satellite ? Ce n'est pas sûr : d'abord, ces formations sont relativement rares — une cinquantaine ; puis, elles ne présentent pas les autres caractéristiques des grands fleuves terrestres, par exemple un delta à leur « embouchure ». Aussi pense-t-on que le cours de ces rivières pourrait avoir été souterrain. Le sol lunaire emprisonnerait de grandes quantités d'eau sous la forme de *permafrost*, c'est-à-dire d'une couche profonde de terre mêlée de glace et gelée en permanence. Pour une

raison ou pour une autre (par exemple à la suite d'un impact de météorite), cette glace aurait fondu localement et, protégée de l'évaporation par une couche superficielle, aurait creusé un chenal que l'effondrement de son « toit » aurait fini par mettre au jour. D'autres, au contraire, estiment que l'eau a dû être apportée de l'extérieur : par des astéroïdes ou des comètes à tête de glace. Ici encore, l'étude du sol fournira la réponse.

Mais que sont les mascons ?

L'élément le plus original, cependant — le plus récemment découvert et qui sera peut-être le plus révélateur —, n'apparaît pas à la surface de la Lune. Ce sont les « mascons » (abréviation de « mass concentrations ») : masses énormes de matériel très dense enfouies sous les « mers » circulaires de sa face visible. Leur présence,



CES « RIVIÈRES » LUNAIRES ressemblent à des vallées de fleuves terrestres à différents stades de leur développement, avec

les méandres caractéristiques. Elles ont été photographiées dans les monts Harbinger par « Lunar Orbiter V ».

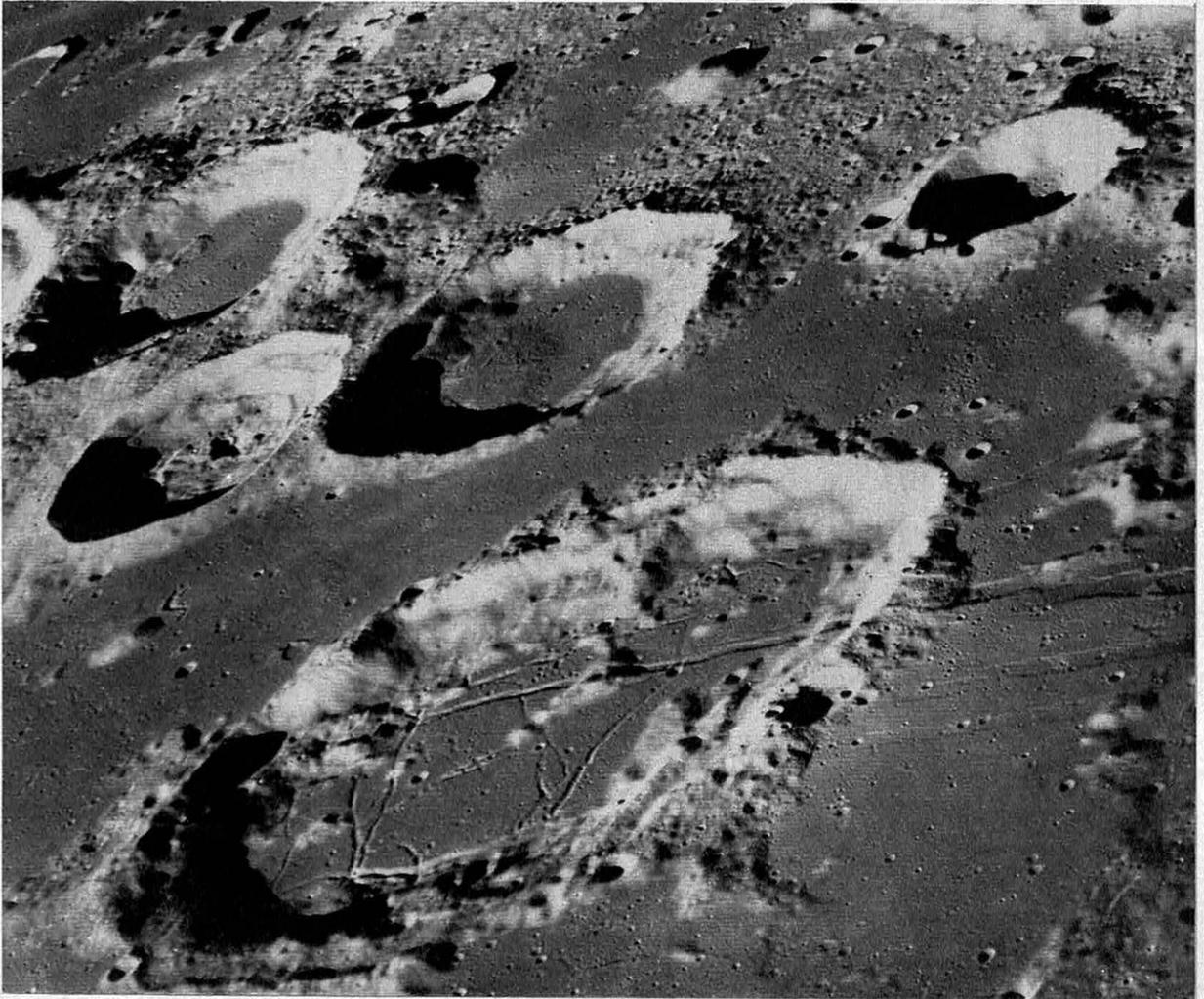
établie par Paul M. Müller et William L. Sjogren, a été révélée par l'étude des trajectoires des « Lunar Orbiter ». Celle-ci, en effet, a montré l'existence de fortes anomalies positives de gravité au-dessus des zones en question. Les calculs de Müller et Sjogren indiquent que les masses responsables du phénomène sont larges de 50 à 200 km, épaisses de 5 km et situées à une profondeur de 50 à 100 km.

Six de ces « mascons » avaient d'abord été identifiés. Six autres viennent de l'être. Leur seule existence confirme l'extrême rigidité de la Lune (bien qu'elle soit moins dense que la Terre), puisque de telles masses ne sont pas en équilibre isostatique. Ce qui contribuerait à prouver qu'elle n'a jamais été fluide et que le matériau qui couvre les mers n'est pas fait de vastes champs de lave. Mais, du coup, rebondirait le problème de l'origine du basalte (si ba-

salte il y a), celui-ci étant précisément associé sur Terre aux champs de lave. Mais que sont ces « mascons » ? Le plus tentant est évidemment d'y voir des astéroïdes de fer et de nickel qui se seraient enfoncés dans le sol en formant ces « mers » circulaires sous lesquelles ils se trouvent. Mais pour que ces objets n'aient pas éclaté en frappant la Lune, il faut leur attribuer une faible vitesse qui soulève alors de nouveaux problèmes. L'étude approfondie des régions en cause devrait permettre d'en préciser les données. Une chose, en tout cas, est sûre : parmi les éléments qui apporteront le plus d'enseignement non seulement sur l'origine de la Lune, mais sur l'histoire de la Terre et l'évolution initiale du système solaire, les mystérieux « mascons » tiennent la première place. (1)

Marcel PEJU

(1) Une explication des mascons résulte tout naturellement de l'hypothèse étudiée p. 29.



LE GRAND CRATÈRE GOCLENIUS photographié par les astronautes d'« Apollo VIII » présente une étrange caractéristique : une

rainure traverse le bord du cratère et se prolonge loin à l'extérieur. Sa nature est inconnue, comme celle de ses fissures.



**Pourquoi la Lune a-t-elle « la petite vérole » ?
 Et pourquoi est-elle si grosse ? Car
 c'est le plus volumineux de tous les satellites connus.
 De nombreuses théories ont
 essayé d'expliquer tantôt ceci, tantôt cela.
 Renaud de la Taille et Charles-Noël Martin vous les
 exposent ci-dessous. Mais ils se sont,
 chacun, attachés à la théorie la plus capable de rendre
 compte de ces deux mystères. Pour l'un, la Lune
 a bien heurté la Terre ; pour l'autre, elle a passé
 dangereusement près. Mais tous deux sont d'accord sur
 un point : la Lune vient d'ailleurs...**

D'OÙ VIENT LA LUNE ?

Pour Kant et Laplace : un satellite né de la Terre gazeuse. Non.

Pour Kant, Laplace et leurs successeurs, la Lune est un satellite de la Terre, né, comme tous les satellites, de la protoplanète encore gazeuse. Cette théorie a été rejetée depuis par presque tous les astronomes, car il est difficile de l'appliquer à la formation de la Lune : son volume et sa masse sont beaucoup trop importants pour que la Terre ait pu lui donner naissance ; par rapport aux satellites des autres planètes, la Lune est huit fois trop grosse.

Pour George Darwin : une fille de la Terre née d'un second centre de gravité. Douteux.

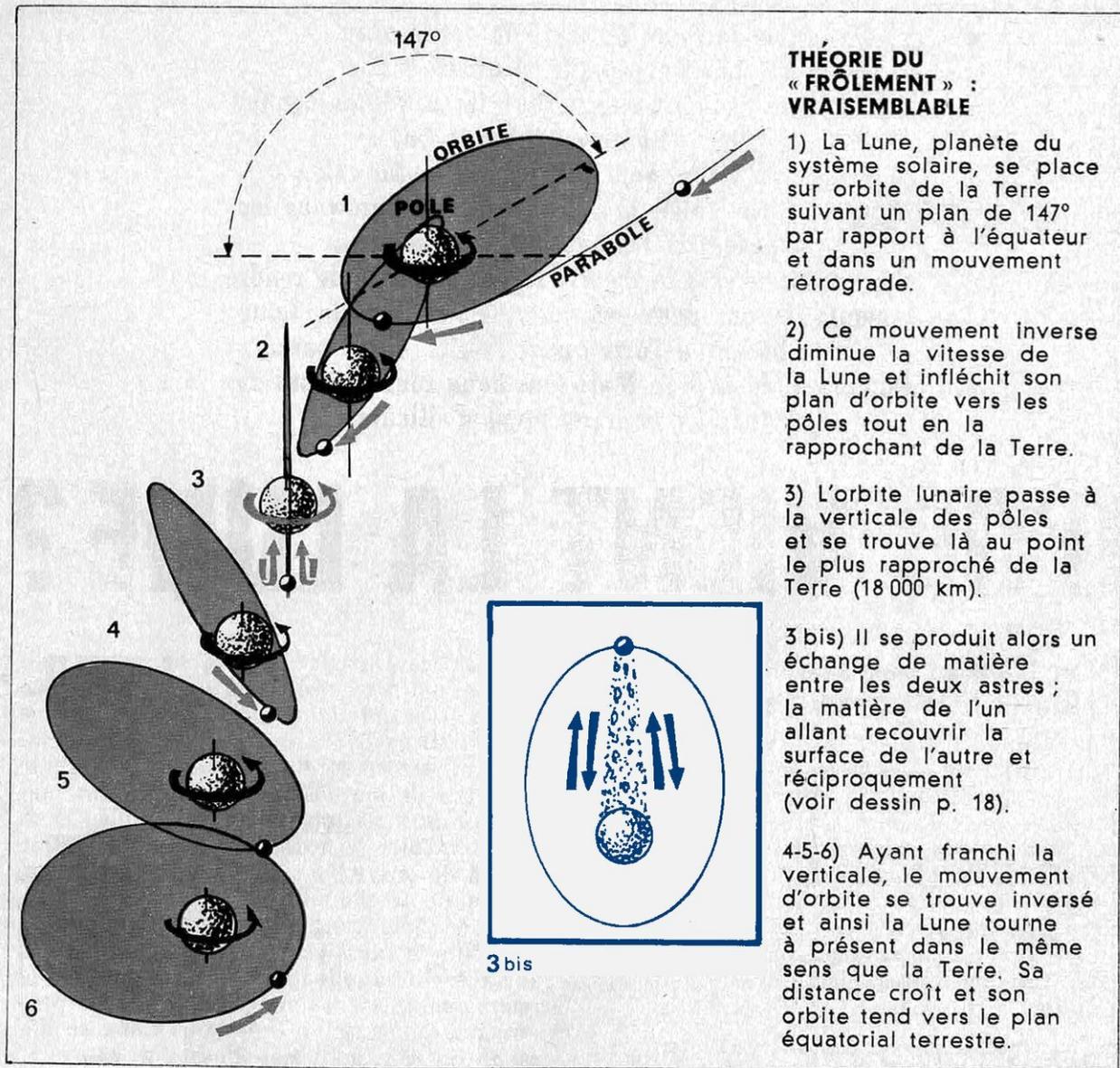
Pour trouver ailleurs l'origine de notre satellite, George Howard Darwin, le second fils

LE SOL DE LA TERRE EST UN TAPIS

DE CAILLOUX lunaires. Venue d'ailleurs, la Lune se met en orbite autour de la Terre, mais cette orbite se resserre en spirale et un jour vient où la distance entre les deux astres approche une limite, dite distance de Roche. Les forces d'attraction sont plus intenses que les forces de cohésion, et les deux corps commencent à se désagréger mutuellement. C'est la Lune qui va y perdre le plus : la plus grosse partie de son sol tombe en pluie sur la Terre et forme la croûte que nous connaissons (en coupe, en bas, à gauche). Devenue plus petite, la Lune s'éloigne de nous tandis que les derniers fragments lui retombent dessus en pluie.

de Charles Darwin, a proposé une explication déjà plus intéressante : il y a de cela à peu près cinquante millions d'années, la surface de la Terre étant encore liquide, un déséquilibre se serait produit, sous la seule influence de marées solaires, parmi les matériaux de la région centrale du globe. Il en aurait résulté la formation d'un deuxième centre de gravité, et, du fait de la rotation rapide de la planète, ce second centre se serait éloigné graduellement du premier et un début d'excroissance serait apparu à la surface. En application du principe de la résonance, cette excroissance prit des proportions telles qu'un jour bébé Lune se détacha du sein maternel (dessin p. 23).

Ainsi, alors que Kant ou Laplace considèrent la Lune comme sœur de la Terre, Darwin la voit, lui, comme une fille de la Terre. Mathématiquement valable, cette théorie exige au départ des conditions impératives dont on peut douter qu'elles aient existé réellement : d'une part l'orbite de la Terre devait être d'une grande excentricité, d'autre part sa rotation devait être très rapide, sa densité uniforme, et sa forme parfaitement sphérique. Ajoutons qu'un certain scepticisme demeure concernant la puissance des marées solaires mises en cause. Leur influence n'est pas niable, mais leur valeur intrinsèque, aujourd'hui connue avec précision, laisse des doutes quant à leur capacité de déclencher le phénomène imaginé par Darwin. Enfin, des questions de densité, et de géologie concernant le granit de l'Océan Pacifique, tendent à écarter cette explication.



THÉORIE DU « FROLEMENT » : VRAISEMBLABLE

1) La Lune, planète du système solaire, se place sur orbite de la Terre suivant un plan de 147° par rapport à l'équateur et dans un mouvement rétrograde.

2) Ce mouvement inverse diminue la vitesse de la Lune et infléchit son plan d'orbite vers les pôles tout en la rapprochant de la Terre.

3) L'orbite lunaire passe à la verticale des pôles et se trouve là au point le plus rapproché de la Terre (18 000 km).

3 bis) Il se produit alors un échange de matière entre les deux astres ; la matière de l'un allant recouvrir la surface de l'autre et réciproquement (voir dessin p. 18).

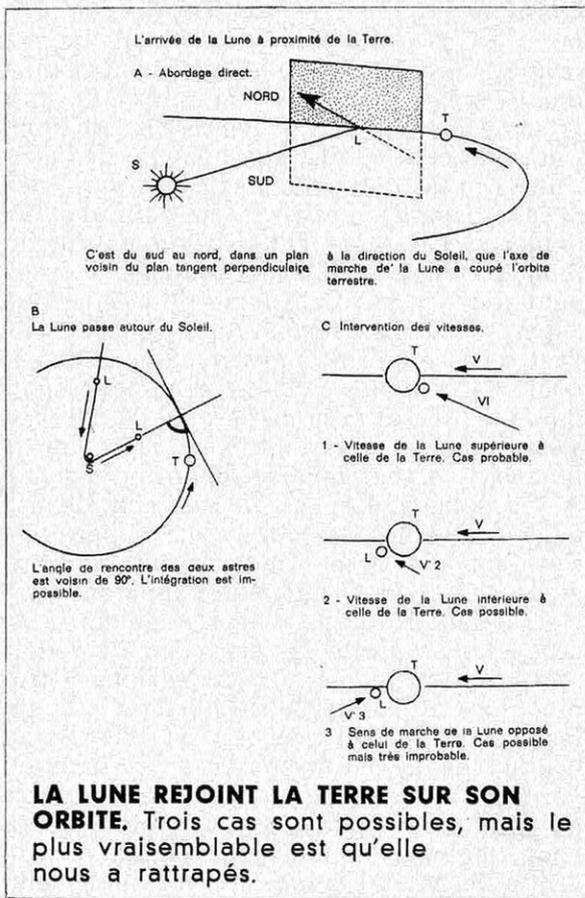
4-5-6) Ayant franchi la verticale, le mouvement d'orbite se trouve inversé et ainsi la Lune tourne à présent dans le même sens que la Terre. Sa distance croît et son orbite tend vers le plan équatorial terrestre.

Pour Fred Hoyle, Terre et Lune sont des sœurs nées ensemble : un acte de foi plutôt que de la science.

Quant au cosmologue Hoyle, il n'accepte pas plus la Lune de Darwin que celle de Laplace. Dans sa théorie de l'agglutination, il affirme que la Terre et la Lune sont à l'évidence nées l'une près de l'autre. Cette proposition tenant plus d'un acte de foi que d'une démonstration scientifique, nous la laisserons de côté. Ce qu'il faut noter dès maintenant, c'est qu'aucune de ces hypothèses, que la Lune soit sœur ou fille de la Terre, ne permet d'expliquer sa topographie. Autrement dit, il est frappant de voir que ni l'une ni l'autre ne peuvent justifier à la

fois sa présence et son aspect. Il faut toujours deux théories, pas forcément contradictoires, mais qui n'ont aucun lien entre elles.

Sœur ou fille, ni Kant ni Darwin n'ont pensé que l'incroyable relief lunaire, avec ses montagnes, ses immenses crevasses, ses murs, ses falaises, et surtout ses milliers de cratères, devait avoir quelque rapport avec les conditions dans lesquelles s'est formé notre satellite. A part Mars, peut-être, aucun des astres actuellement connus n'offre une surface pareillement tourmentée et les théories qui veulent rendre compte de ce fait sont aussi nombreuses que celles explicitant la formation même de la Lune. Parfois satisfaisantes, il leur manque presque toujours une justification solidement étayée par des arguments scientifiques.



Ignorant l'absence presque totale d'atmosphère sur la Lune, les premiers astronomes avaient pensé que le creusement des cirques était l'œuvre des Sélénites, qui voulaient ainsi se mettre à l'abri des ardeurs du Soleil et du terrible froid nocturne. Cette explication poétique ne cadrant pas tellement avec la rigueur des raisons astronomiques dut être abandonnée assez vite au profit d'hypothèses tout de même plus scientifiques. Nous n'en retiendrons que celles qui méritent quelque attention : théories volcanique, tourbillonnaire, des marées ; théorie glaciaire, de l'ébullition, de la fissuration ; théorie météoritique.

Théorie de l'ébullition : incomplète.

Les quatre premières ont été éliminées assez vite, car fort délicates à justifier sérieusement. Les trois restantes sont plus intéressantes, mais elles sont tout de même loin de faire l'unanimité dans les observatoires. Dans la théorie de l'ébullition, la formidable poussée des matériaux internes en fusion comprimés sans cesse à l'intérieur d'une écorce en contraction aurait donné naissance à un diluvium qui aurait rompu la

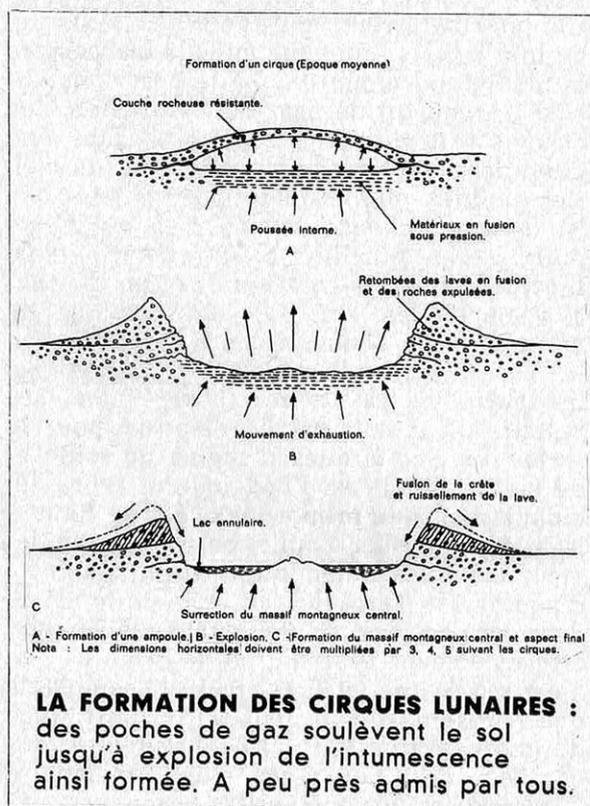
résistance de la carapace et se serait répandu à la surface. De cette masse en ébullition auraient surgi d'énormes cloques ou tumescences qui, en crevant, auraient formé les cirques. Le froid extérieur les aurait ensuite figés tels qu'ils nous apparaissent. On appuie cette thèse en portant à ébullition une masse pâteuse dans un récipient large et peu profond, une crème au chocolat par exemple. Si on retire du feu la pâte en ébullition, elle s'immobilise en laissant apparaître une nuée d'alvéoles circulaires, ou hexagonales à bords arrondis, présentant tout à fait l'aspect des cirques lunaires avec falaises, piton central parfois, cratères sur les murailles (dessin p. 25).

Cette théorie serait plus que toute autre susceptible de retenir les suffrages si on pouvait trouver une cause acceptable à la sortie soudaine du magma interne.

Théorie des météorites : plausible mais improbable.

Passons sur la fissuration, difficile à admettre, pour en arriver à la théorie météoritique, de loin la plus répandue et celle qui compte le plus grand nombre de partisans convaincus. L'argument de base est le suivant : les cirques trouveraient leur origine dans une pluie de météorites venues du fond du ciel. Ces bolides plus monstrueux les uns que les autres auraient criblé de leurs coups notre pauvre satellite, bouleversant sa surface et y anéantissant toute forme de vie ; si vraiment les choses se sont passées de cette manière, Dieu soit loué d'avoir sauvé la Terre d'un tel cataclysme. L'avantage incontestable de cette thèse, pour ses auteurs du moins, est de disposer pour la formation des cirques d'engins de taille et de masse illimitées, l'imagination seule décidant de leurs proportions. En se fiant à la logique la plus simple, on trouve rapidement quelques objections insurmontables : d'une part la Terre devrait recevoir la même dose de bolides et, malgré l'atmosphère, être également saupoudrée de cratères ; ce n'est pas le cas, et il est peu vraisemblable que l'érosion ait fait disparaître toute trace de cirques tout en laissant intacts des chaînes de montagnes fort anciennes. D'autre part, les météorites n'arrivant pas forcément toutes à la verticale, il devrait y avoir des cratères ovales formés par les chutes obliques ; on les chercherait en vain. Ces deux arguments sont de ceux qui viennent tout de suite à l'esprit, mais il en existe quantité d'autres aussi sérieux qui conduisent à rendre cette hypothèse peu plausible.

Ebullition ou météorites, notons tout de suite que ni l'une ni l'autre de ces hypothèses n'a de lien avec les théories avançant la formation de la Lune, qu'elle soit « fille » ou « sœur » de la Terre. Or, dit le colonel Bunel, qui en fait, lui, une épouse, il est tout à fait illogique d'aller chercher une explication pour la formation de notre satellite et une autre pour la genèse des cratères. Une comparaison simple permet de cerner le problème : au cours d'un formidable raz de marée, un trois mâts est jeté à l'intérieur des terres. La mâture et les agrès sont abattus, la carène gît éventrée sur le sol. Le calme revenu, un homme se trouve soudain en présence de l'épave. Devant ce spectacle éminemment anormal, peut-on raisonnablement penser qu'il va attribuer ce qu'il voit à deux causes différentes, une pour le déplacement du navire, et une autre pour l'état de la coque et des agrès ? Et pourtant, dans le cas de la Lune, personne jusqu'ici n'avait encore attribué une cause unique à sa formation et à son état de surface.



Théorie de Bunel: la Lune a heurté la Terre : à la limite du croyable

Cette cause unique, le colonel Bunel pense l'avoir trouvée : la Lune n'a rien à voir avec le système solaire, elle vient d'ailleurs.

Quittons le Soleil et son cortège de planètes. Très loin, dans notre galaxie, se trouve une autre étoile également nantie d'un système planétaire : ce qui va devenir la Lune en fait partie. Petite planète intérieure de cette étoile, elle possède des continents ornés de montagnes et peut-être des océans remplis d'eau. Et, un jour, l'étoile explose ; l'accident est dans la nature du monde stellaire, et les astronomes l'observent souvent dans la galaxie : il s'agit d'une super-nova. La température interne de l'astre passe en un temps remarquablement court de quelques millions à quelques milliards de degrés et la matière de l'étoile, qui s'est effondrée vers l'intérieur, repart brusquement en sens inverse (dessin à gauche). A 1 000 km/s, les gaz formés sont lancés dans toutes les directions. La super-nova s'est soudain transformée en un immense globe de feu dont le diamètre apparent croît sans cesse et occupe d'heure en heure une plus grande partie du ciel. Peu de temps après, cette flamme aux dimensions astronomiques atteint la petite planète et la vitesse de la vague gazeuse est telle qu'au contact de la petite sphère se produit un véritable choc comme le ferait la rencontre de deux corps solides. Sous la violence du coup, la Lune vacille, elle abandonne son orbite. Sa vitesse s'accélère et, rapidement, elle va se placer dans le courant qui l'emporte inexorablement.

Dès les premiers moments, sa légère atmosphère a été remplacée par la vague des gaz brûlants, toute la surface est balayée, les couches sédimentaires se sont volatilisées, et en quelques instants tout ce qui n'est pas roche a disparu. Sous le feu des dizaines de milliers de degrés, les mers ont été presque immédiatement asséchées et la surface tout entière de l'astre ne présente plus à l'action des flammes que les blocs rocheux de l'écorce qui, sur l'instant, sont immédiatement sublimés. Mais entraînée loin de son astre central, la Lune voit sa température diminuer peu à peu, se stabiliser aux environs de 10 000°. La roche fond toujours mais ses particules ne sont plus immédiatement emportées ; elles forment maintenant un élément liquide qui coule rapidement le long des pentes. Dans cet enfer rougeoyant, les pics fondent et la lave, aussi fluide que de l'eau, se précipite en cascade vers les bas-fonds. Les anciennes mers se remplissent peu à peu de cette matière brûlante.

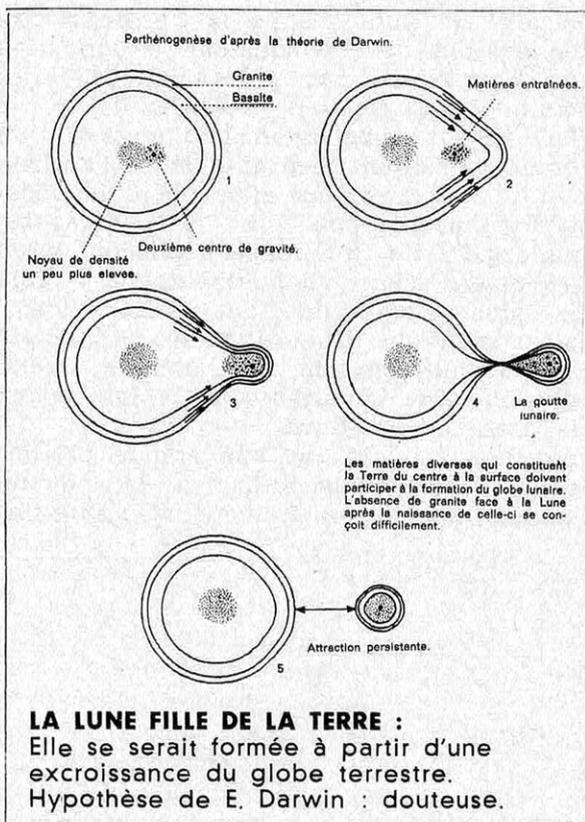
Longtemps encore, la température extérieure va maintenir les roches en fusion, mais le phénomène perd de l'ampleur. La lave se vaporise moins et sa fluidité

diminue. En quelques semaines, soufflée bien loin de l'étoile-mère qui lui dispensait quelque chaleur, la température à la surface de la Lune va tomber très en dessous de zéro. La répercussion est moins rapide pour les couches internes, la chaleur étant entrée d'abord par les failles et ayant pénétré de plus en plus profondément dans le sous-sol pour s'étendre à toute l'écorce ; elle n'atteindra pas le magma interne, toutefois, puisque le petit astre a survécu.

La couche superficielle étant la plus résistante, c'est à quelques centaines, voire à quelques milliers de mètres que la chaleur exercera ses ravages, faisant fondre les roches et formant des poches énormes de gaz dont les dimensions vont augmenter avec les heures. Dans ces alvéoles qui se sont gonflées à l'intérieur de la couche sous-jacente, la température continue à s'élever. La formation de gaz est de plus en plus abondante, la pression monte et la résistance du plafond faiblit. Bientôt, sur une immense surface, le sol se soulève, le dôme formé se développe, s'enfle et tout à coup une explosion formidable se produit. C'est la naissance du premier cirque, bientôt suivi d'un second, d'un troisième, et ainsi de suite. Au début, ils sont de petite taille, mais avec l'échauffement progressif des roches de la zone profonde, leur diamètre croît et quelques heures après le début du phénomène, ce sont des cratères monstrueux qui apparaissent. Des régions entières, des secteurs de plus de 100 km de diamètre se soulèvent et sont projetés dans l'espace. Bien que l'ère de la formation des cratères doive se continuer encore longtemps, durant des jours interminables, l'astre n'est atteint que sur une profondeur relativement faible. Ce processus de formation est conforme au processus de l'ébullition, que nous avons mentionné précédemment.

La grande collision

Seule maintenant, la Lune s'enfonce dans la nuit, et les années, les siècles passent. Soumise au froid glacé du vide intersidéral, l'écorce est maintenant partout solidifiée et elle enserme la masse interne des matériaux à haute température. Mais cette contraction ne peut se poursuivre indéfiniment, et un jour, après des millénaires, l'écorce éclate et, sur toute la surface de l'astre, des failles apparaissent. Elles se multiplient rapidement, courent sur le sol sans direction définie, fissurant les conti-



nents, traversant plaines et collines. Les montagnes sont évidemment épargnées grâce à l'importance de leurs masses, et les cirques, formés et solidifiés depuis fort longtemps, ne seront jamais touchés. Voici donc, dans un premier temps, l'explication du relief lunaire. Mais la cause de ce relief, l'explosion de la super-nova, va également expliquer la présence de la Lune à nos côtés. Chassée loin de son étoile-mère, elle court à travers l'espace de la galaxie vers son nouveau destin, jusqu'aux approches du système solaire.

Il va falloir une autre catastrophe pour que la Lune s'accroche au système solaire. Sa vitesse d'arrivée est proche de celle que possède la Terre sur son orbite, bien que sans doute un peu plus élevée. Attirée par le Soleil depuis le fin fond de la galaxie, sa trajectoire s'infléchit pour être finalement voisine de celle de notre globe. Pour ceux qui peuplaient la Terre à cette époque, si tant est qu'il y en eut, un phénomène incroyable survient. Alors qu'elle n'était au début qu'un petit point dans le ciel, la Lune grossit chaque jour davantage ; le disque rocheux, avec ses immenses montagnes, ses mers de lave sombre et ses milliers de cratères occupe maintenant la moitié du ciel.

Elle est si proche que chacun fuit et, soudain, c'est le choc. Arrivée sous un angle

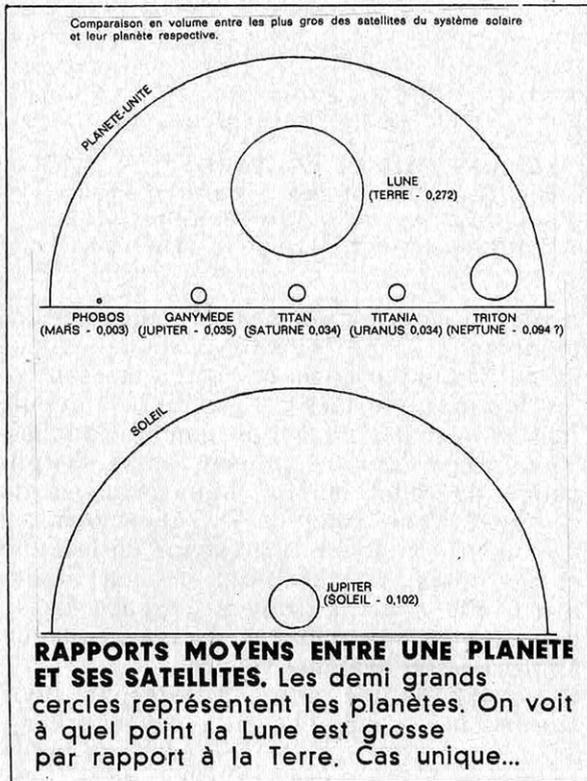
négalif, la Lune frappe la Terre un peu en dessous de son équateur, en direction du nord-ouest. Les pôles basculent, les continents se séparent (dessin p. 26).

Les océans submergent les terres en un point, se retirent bien au-delà de l'horizon en un autre, et une atmosphère d'apocalypse s'installe pour des jours et des semaines. Cette formidable collision, dont les répercussions vont atteindre les points les plus éloignés du globe, a été évidemment continue. L'abordage se traduit par une pénétration un peu oblique et de plus en plus importante de la Lune dans le continent pacifique.

Le choc fracture sur une grande profondeur l'écorce solide autour de la zone de contact, créant ainsi une surpression in-

tres, avaient leurs sommets tranchés net et aplatis, sans pouvoir attribuer au phénomène une explication satisfaisante. Faites aux alentours de l'île de Guam, ces explorations correspondaient précisément à l'endroit où la Lune serait venue percuter la Terre.

Tout autour de cette zone disloquée, les rives se soulèvent brusquement, marquant d'une ligne montagneuse la limite extrême des effets de la collision. Cette surrection a engendré la formation d'une région instable où tremblements de terre et volcans sont chose courante. Pour en revenir à la genèse du choc, l'état de friction entre la Terre et la Lune va se poursuivre pendant plusieurs heures. Les forces titanesques développées au cours de ce contact prolongé vont déplacer les terres vers le nord, chasser le Groënland du pôle et amener de ce côté la Sibérie orientale jusqu'alors sous le tropique. Dans le même temps, le freinage devenant de plus en plus violent, la route suivie par ce corps étranger va progressivement s'infléchir vers l'ouest et, quand la vitesse propre lunaire sera à peu près nulle, c'est sans doute dans une direction sensiblement parallèle à l'équateur que le tracé du contact se terminera (dessin p. 28).



terne considérable. Sur cet immense secteur qui comprend la plus grande partie du Pacifique actuel, la carapace se brise et une immense vague de basalte liquide, venue des profondeurs, engloutit les terres soudainement séparées les unes des autres et recouvre tout le granite qui se trouvait là ; ceci explique son absence au fond du Pacifique et justifie les immenses profondeurs qu'on y relève. En 1965, le P^r Picard a découvert une fosse de 11 km de profondeur, et il nota avec étonnement que les sommets des montagnes sous-marines, hautes de 1 000 à 4 000 mè-

La Lune, épouse de la Terre

Le futur satellite ayant finalement perdu toute vitesse propre s'est immobilisé devant Formose, et sa puissance de pénétration annulée il va maintenant amorcer un mouvement de recul. La réaction violente des masses internes terrestres comprimées va aider à repousser le visiteur encombrant et, privé de sa vitesse initiale, privé de son mouvement de rotation s'il lui en restait quelques traces, le petit astre va lentement s'éloigner de la Terre. Il lui faudra longtemps pour atteindre sa distance d'équilibre à quelques 384 000 km de nous, et ce sous l'angle connu de 5 degrés par rapport au nouveau plan de l'équateur terrestre. Elle y est toujours, pas trop malmenée par le choc ; à cela, deux raisons : elle est solidifiée à très grande profondeur depuis fort longtemps, ce qui lui donne une carapace beaucoup plus dure. En second lieu, elle est plus petite, ce qui en ce cas est un avantage. Bien sûr, la collision oblique l'a quand même griffée : il lui en reste des rainures, disons même des rayures, bien visibles sur la face que nous connaissons et qui partent sensiblement du golfe Torride en direction des cirques Alphonse, Arza-

chel, Hipparque, etc. De plus, la formidable pression engendrée par la rencontre rouvrira les anciens cratères, en particulier Tycho, Copernic et Aristarque; il en résulte des éruptions titanesques dont les retombées vont produire les immenses rayonnements volcaniques qui entourent ces cirques. L'équilibre se rétablira très rapidement, la Lune est solide et elle restera depuis lors telle que nous la voyons maintenant (dessin p. 29).

Ainsi, alors que les théories, disons évolutives, voient la Lune comme une sœur ou une fille de la Terre, mais de toute manière de même sang, le colonel Bunel et avec lui des savants aussi éminents que Gamow ou Clayton Urey, prix Nobel, la voient comme une épouse. Donc, en fait, une étrangère venue d'ailleurs tenir compagnie à la Terre. Et ce fait est à rapprocher de traditions religieuses très anciennes, en particulier hindoues, qui rapportent la description d'une Terre sans Lune. On sait qu'aujourd'hui, débarrassés d'un scepticisme systématique qui en faussait l'interprétation, les chercheurs accordent aux textes sacrés les plus anciens une valeur certaine aussi bien historique que documentaire. Reste enfin la théorie de l'approche, qui a pour elle des arguments assez sérieux.

Renaud DE LA TAILLE

Une anomalie du système solaire : vraisemblable et troublant

Le système Terre-Lune est une anomalie du système solaire : c'est une planète double beaucoup plus qu'une planète accompagnée d'un satellite. Mercure n'a pas de satellite naturel; Vénus non plus, c'est pourtant une planète de même importance que la Terre. Et Mars, qui fait suite dans le degré des éloignements, a deux satellites tout petits, tellement petits que leur diamètre n'est qu'estimé : Phobos et Déimos n'excèdent pas 20 km d'extension, ce sont donc plutôt deux petites planètes de l'anneau des astéroïdes qui auraient été captées par Mars que deux corps issus de la planète elle-même (dessin p. 24).

Les véritables satellites, ce sont les planètes géantes à structure fluide qui les ont : Jupiter, Saturne, Uranus. Quant à Neptune, son satellite Triton tourne en sens rétrograde et l'on estime que c'est aussi une ancienne planète solaire captée par l'attraction Neptuneenne.

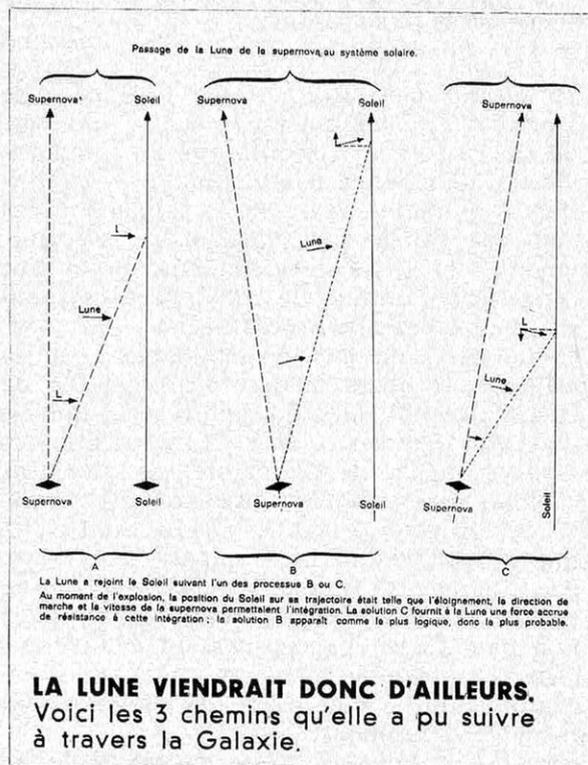
Pluton, lui, ne paraît pas avoir de satellite et il se pourrait qu'il soit lui-même un ancien satellite naturel de Neptune qui lui aurait été arraché.

Ainsi la mécanique céleste nous apprend le jeu complexe des mouvements réciproques planète-satellite et nous éclaire sur l'étrangeté du couple Terre-Lune.

Pourquoi étrange ? D'abord par ce que nous venons de dire : la Terre offre le seul cas, parmi les planètes de forte densité (Mercure, Vénus, Terre, Mars), à posséder un satellite de telle dimension (n'oublions pas que la Lune a un diamètre seulement quatre fois moindre que celui de la Terre, c'est donc en elle-même une planète importante). Mais aussi parce que le jeu des densités nous intrigue beaucoup. Mercure, Vénus et la Terre ont une densité élevée un peu plus grande que 5, à peu près égales. Par contre Mars et la Lune sortent complètement de cet ensemble avec une densité nettement plus basse de l'ordre de 4 pour Mars et 3,2 pour la Lune.

Comparaison significative : l'interprétation en est que les cinq corps célestes en question ont dû avoir deux origines très différentes. Le nuage de matière dont sont sortis Mercure, Vénus et la Terre avait une composition autre que celle du nuage à partir duquel Mars et la Lune se sont formées à une époque également différente, probablement postérieure.

Ceci nous permet d'apercevoir un fait surprenant : c'est que si la densité de la Terre est de 5,5, l'écorce superficielle ne fait que 2,7 qui se rapproche singulièrement de la



densité de la Lune, d'autant plus que dans l'estimation de la densité il entre un facteur de compression physique qui est connu pour les couches profondes de la Terre mais simplement estimé pour les planètes. Ceci amène à penser que la densité des couches externes de la Lune doit être de l'ordre de



2,7 ou 2,8, c'est-à-dire exactement celle de l'écorce terrestre qui flotte sur le manteau, au-dessus de la discontinuité de Mohorovicic. Coïncidence troublante.

Plus troublante encore est la conclusion des analyses faites sur place par les « Surveyors » porteurs de la fameuse boîte d'or à particules alpha : le sol lunaire est analogue aux basaltes terrestres.

Cette similitude doit être expliquée. Le naturaliste astronome George Darwin (fils de Charles) a bâti au siècle dernier la théorie de l'origine terrestre de la Lune. La Lune se serait détachée de la Terre en rotation très rapide et le Pacifique représenterait la trace, la « cicatrice », de la Terre. Ce serait de là que la matière lunaire serait partie.

Pour astucieuse que soit cette idée, elle ne résiste pas à l'analyse mathématique que l'on peut faire des mouvements ultérieurs, sans compter que la dynamique de la séparation est elle-même invraisemblable. Il faut trouver autre chose.

Cette « autre chose » a été trouvée. Elle est

singulière, mais elle est recoupée par tellement de coïncidences qu'elle prend un caractère d'évidence bien troublant.

Un film à l'envers

Pour l'expliquer on peut partir à l'envers et remonter le cours du temps. C'est ce qu'a fait en 1955 l'Allemand Gerstenkorn dans un mémoire d'abord passé inaperçu puis redécouvert et développé par le théoricien astronome Suédois Alfvén depuis 1962.

Dans sa rotation actuelle autour de la Terre, la Lune a un mouvement dans le sens direct (en astronomie le sens direct va à l'inverse des aiguilles d'une montre) et elle a freiné son mouvement de rotation propre jusqu'à se mettre en résonance avec la période orbitale. Ceci trahit un effet de marée dont la perte de moment angulaire orbital oblige la Lune à s'éloigner de la Terre. Ce mouvement d'éloignement est estimé à 1 cm par an. Un centimètre par an, cela ne paraît pas grand-chose, mais intégré sur un ou deux milliards d'années et compte tenu du fait que le freinage est d'autant plus important que Terre et Lune sont proches l'un de l'autre, on peut imaginer que les deux astres ont été autrefois vraiment très proches.

Qui plus est, le plan orbital varie également et le calcul montre, toujours en remontant le cours du temps, que le plan de l'orbite lunaire autour de la Terre devient perpendiculaire au fur et à mesure qu'elle se rapproche, jusqu'à être en orbite polaire.

Au-delà, la Lune prend un mouvement rétrograde qui modifie son orbite ; laquelle s'allonge jusqu'à la faire venir de très loin, tout comme le fait actuellement Triton autour de Neptune.

Ce film cinématographique à l'envers révèle ce qui a pu se passer et que nous allons reprendre maintenant dans le sens naturel de l'écoulement du temps.

La Lune aurait été une planète solaire plus grosse qu'elle ne l'est maintenant, de masse à peu près double, donc de rayon plus grand d'environ 25 pour cent. Elle appartenait au système solaire, de même « couvée » que Mars, puisque appartenant au groupe 2 du diagramme déjà mentionné. Où tournait-elle dans le système solaire ? Mystère ! Le jeu des perturbations de mouvements entraînés par toutes les planètes et le Soleil peut être difficilement remonté au cours des temps. Il semble que les ordinateurs seront capables d'ici peu d'intégrer ces données sur des centaines de millions d'années et, par conséquent, de se rapprocher des configurations très anciennes, donc de pister l'orbite primitive de la Lune.

Vision dantesque

Quoi qu'il en soit, la planète Lune, passant non loin de la Terre et subissant une perturbation solaire par suite d'une configuration donnée, s'est trouvée captée par la Terre. Autrement dit, elle avait à ce moment précis une orbite *parabolique* par rapport à la Terre, mais la perturbation solaire aurait suffi à transformer l'orbite en ellipse très allongée.

Le plan de l'orbite lunaire par rapport au plan équatorial terrestre faisait un angle de 147° et la rotation de la Lune était alors *rétrograde*, c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre.

Dans ces conditions l'effet de marée réciproque se met à jouer un rôle capital qui se traduit par un échange de moment angulaire. Ce qui a diverses conséquences :

- l'axe de rotation terrestre modifie son orientation ;
- le plan orbital lunaire se relève graduellement ;
- la Lune se rapproche de la Terre.

Ce mécanisme est actuellement en cours dans le système solaire entre Neptune et son satellite (capté) Triton. Mais le rapport de masse entre Neptune et Triton n'est que d'un dixième du rapport Terre-Lune et les effets de marée sont beaucoup plus faibles. Dans le cas Terre-Lune le rapprochement s'est fait rapidement et les effets de marées sont devenus considérables. Le plan orbital est devenu perpendiculaire au plan équatorial et la Lune s'est mise à tourner en passant au-dessus des deux pôles comme le font les satellites polaires actuels.

Puis, la distorsion continuant, la Lune tournant cette fois-ci dans le sens direct actuel, a vu son plan orbital basculer encore et atteindre une valeur de 46° . Là, un fait remarquable s'est passé. C'est que l'action réciproque a inversé le mouvement d'approche et, de ce moment, la Lune a commencé à s'éloigner.

Or, les équations de mouvement montrent qu'à ce moment la distance Terre-Lune était de 2,89 fois le rayon terrestre, soit d'une vingtaine de milliers de kilomètres seulement.

Que l'on se figure cette vision dantesque d'un astre énorme tournant en moins d'un jour autour d'une Terre elle-même animée d'une rotation propre de six ou sept heures ! La valeur 2,89 fait tendre l'oreille aux astronomes : elle coïncide en effet à quelque chose près (2,86) avec la *limite de Roche*. On appelle « limite de Roche » la distance minimum que deux astres peuvent atteindre, en dessous de laquelle la planète la plus petite se morcelle. L'attraction gravifique

devient telle qu'elle excède les forces de cohésion mécanique. Le planétoïde est disloqué, ses morceaux concassés jusqu'à l'état de poussière. C'est le cas de l'anneau de Saturne : très probablement un satellite a dû subir la catastrophe en question.

Si donc la Lune s'est approchée d'un rien de cette limite fatidique, les effets de marées sont devenus fantastiques, l'écorce terrestre et l'écorce lunaire soulevées de 10 km et davantage. Bien plus, l'attraction sur les couches superficielles est devenue telle que des morceaux se sont trouvés arrachés : de la Terre est partie dans l'espace vers la Lune d'alors.

La Lune, elle, a subi les plus grands dommages puisqu'elle s'est trouvée littéralement décapée, perdant près de la moitié de sa substance qui est partie également se promener dans l'espace, tombant sur la Terre ou retombant sur la Lune, ou encore expulsée très loin dans le système solaire.

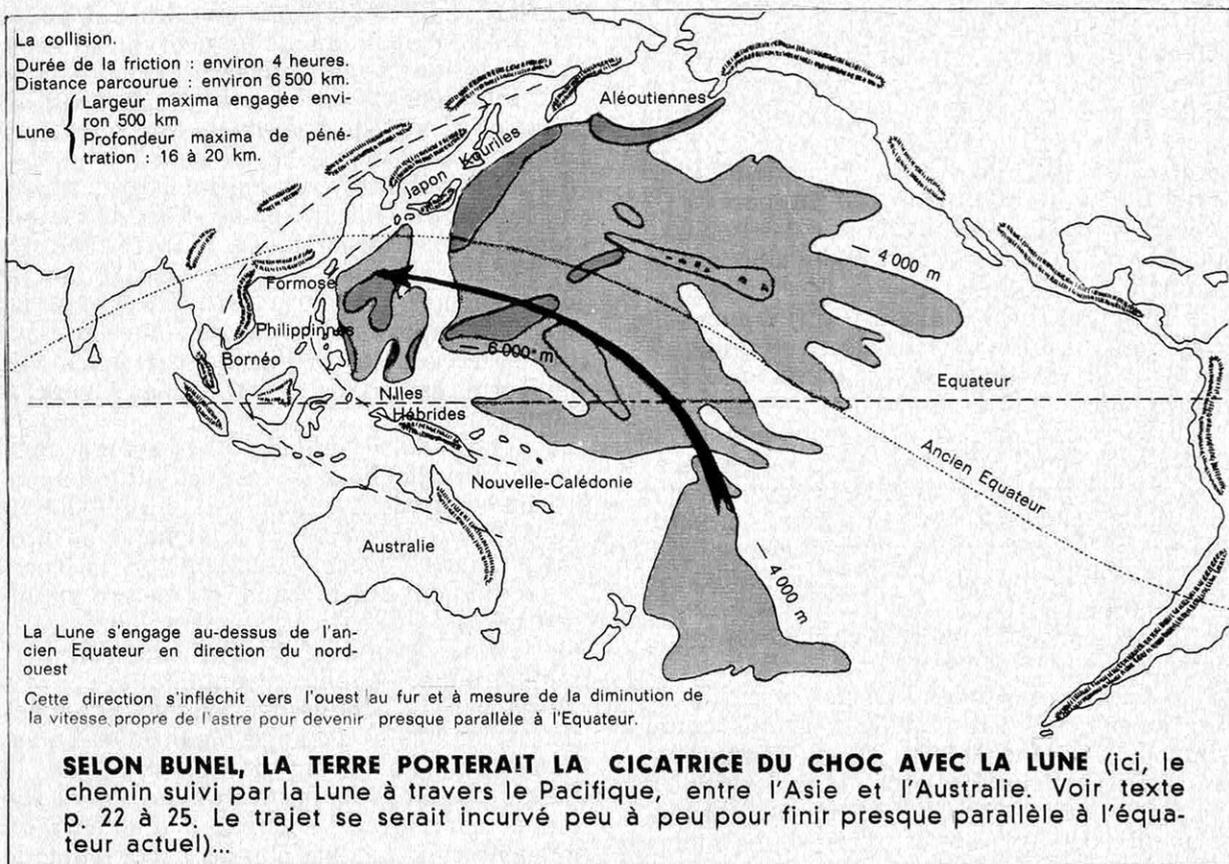
On estime à moins de cent ans (un bref instant dans l'échelle astronomique) cet état de choses avec polissage systématique des deux planètes et échange réciproque d'éclaboussures. La diminution brutale de la masse lunaire et la variation d'effet de marée qui s'en est ensuivie a d'ailleurs dû jouer un rôle que l'on n'a pas encore élucidé sur le fait que la limite de Roche n'a pas été dépassée et la Lune est repartie en s'éloignant rapidement, selon son mouvement présent.

Ceci se passait il y a 2,5 milliards d'années. Il a fallu tout ce temps pour qu'elle atteigne son éloignement actuel et que le plan orbital continue sa très lente bascule pour parvenir aux 18° qu'il a maintenant.

Voyons les conséquences de cette catastrophe cosmique et tout ce qu'elle permet d'expliquer.

Nos continents : de la Lune ?

- La majeure partie de la substance lunaire arrachée est retombée à la surface terrestre, se mélangeant au magma visqueux, puis flottant puisque de densité nettement plus faible. La fine pellicule continentale en serait la « scorie » qui surnage. Nos continents seraient donc de la « lunite » ! Ceci explique l'égalité des valeurs des densités lunaires et du socle terrestre. Egalement se trouve expliquée du même coup pourquoi la matière lunaire est basaltique... comme les basaltes terrestres : et, pour cause, elle en vient !
- D'énormes blocs de Lune sont retombés sur elle plus ou moins longtemps après avoir été arrachés. Ce seraient les fameux « mascons » qui sont enfouis sous les mers lunaires, masses énormes mises en évidence



par les irrégularités de mouvement des satellites lunaires.

- Une multitude de fragments plus petits se sont éparpillés dans l'espace et sont retombés sur ce qui restait de la Lune, la soumettant à un bombardement dont nous voyons les traces : ce sont les fameux cratères.

- Ceci expliquerait pourquoi les « mers » lunaires font face à la Terre et pourquoi la face cachée est grêlée de cratères, sans mers. En effet, les « mascons » sont retombés très vite, alors qu'ils allaient entre Terre et Lune, et les météores ultérieurs sont venus de l'extérieur par rapport à la ligne Terre-Lune, selon des temps nettement plus longs, les autres ayant été captés immédiatement par la Terre.

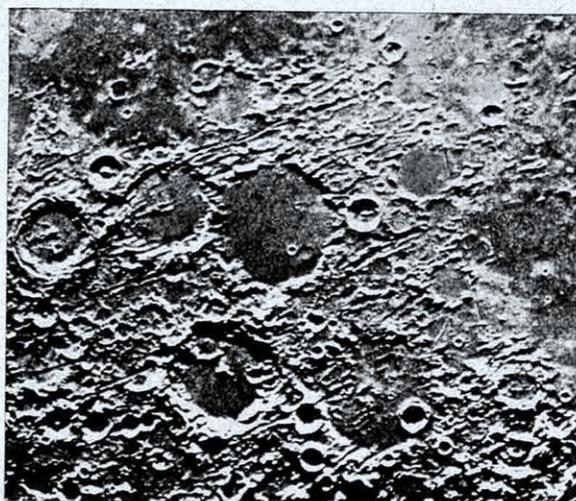
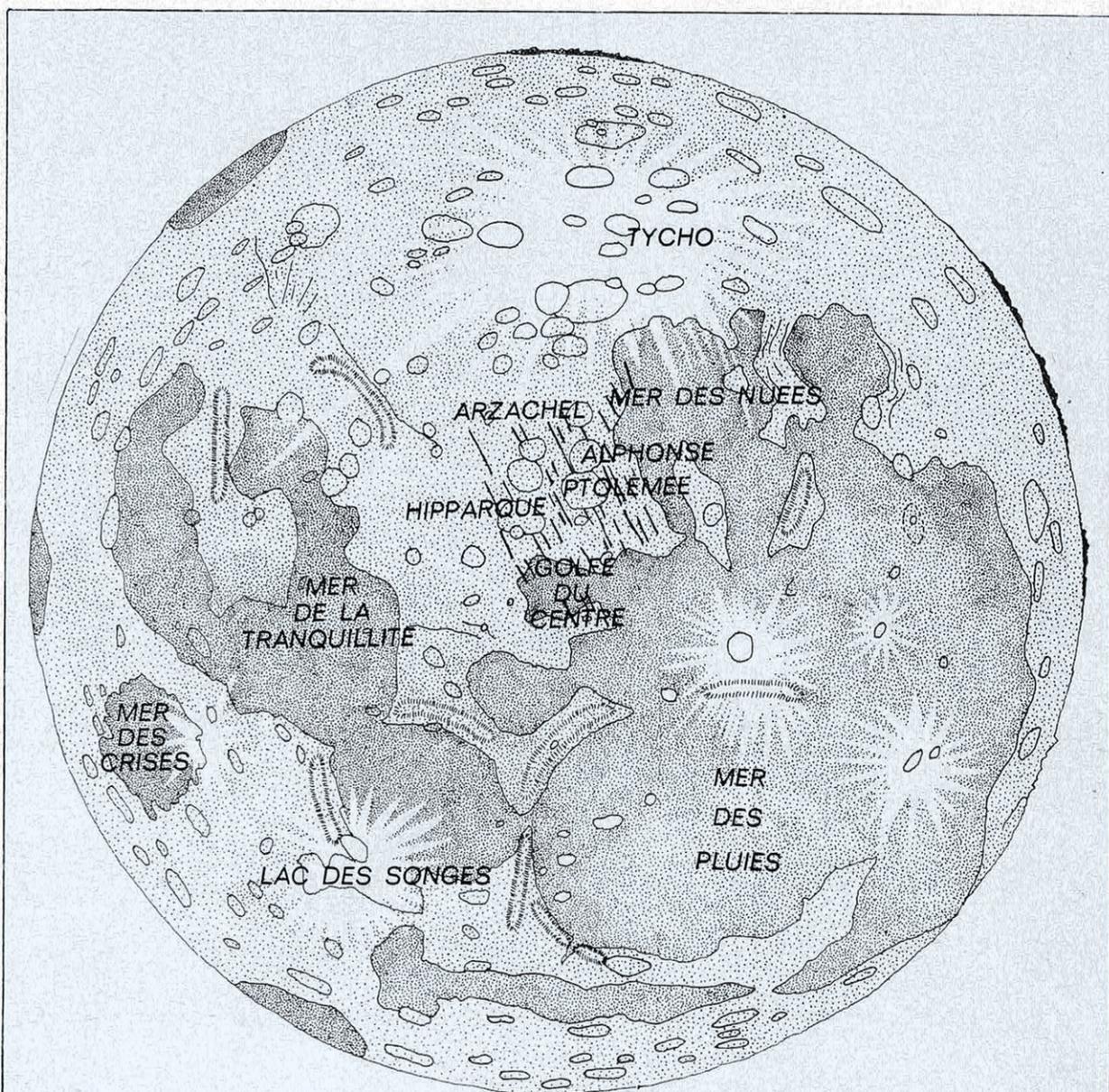
- Des morceaux de Lune et de Terre sont partis dans l'espace et forment les météorites actuelles qui nous reviennent constamment depuis ces temps immensément reculés. Ceci explique pourquoi ces météorites ont été portés à haute température. Ceci explique également l'analogie profonde de composition des météorites avec la substance terrestre ferreuse et pierreuse. Ceci explique enfin pourquoi l'ancienneté des météorites va jusqu'à deux milliards d'années (mesures de radioactivité induite par rayonnement cosmique).

— Les mesures de radioactivité des roches terrestres montrent qu'il y a eu métamorphisation, effectivement entre 2,5 et 3 milliards d'années.

— Enfin on expliquerait ainsi du même coup la présence d'éléments organisés dans les météorites carbonneuses (météorite d'Orgeuil) sans aller invoquer une vie extraterrestre. Ce sont les propres microorganismes qui vivaient déjà à cette époque sur Terre qui nous reviennent du ciel ! Et cela donne raison *a posteriori* à Lavoisier qui avait décrété : « Il ne peut tomber de pierres du ciel parce qu'il n'y a pas de pierres dans le ciel ! »

La grandiose fresque bâtie par cette hypothèse de la capture lunaire boucle la boucle et donne un sel assez amer aux trente milliards de dollars qu'aura coûté l'aventure « homme sur la Lune ». En effet, réfléchissons bien : déployer tous ces efforts et dépenser cette fortune pour aller chercher 22 kg de lunite et découvrir alors que toute matière ici-bas : nos corps, la terre, le stylo qui écrit, le papier de cette revue, tout cela et tout le reste sont faits de lunite tombée sur Terre il y a 2,5 milliards d'années, ce serait d'une cocasserie dont la Nature seule a le secret et bien à son échelle !

Charles-Noël MARTIN



... ET LA LUNE AURAIT ÉTÉ AINSI « GRIFFÉE »

Lancée du fond de la Galaxie par l'explosion d'une étoile dont elle était satellite, la Lune entre dans le système solaire des millions d'années plus tard. Solidifiée à grande profondeur depuis longtemps, elle tombe sur la Terre qu'elle rejoint peu à peu sur son orbite. Et un jour, c'est le choc : la Lune accroche notre globe dans la région du Pacifique chassant les continents, basculant les pôles et creusant un sillon dont la profondeur peut atteindre 11 km. Il lui en reste des griffures, des rainures bien visibles dans la région centrale du disque. La photo agrandie de cette zone montre clairement toutes les rayures. Séduisant, mais peu croyable.



QU'EST-CE QUE LA LUNE?

**Un astre nu
exposé en permanence
à des vents
solaires d'une violence
inouïe...**



Nous possédions déjà de nombreuses données certaines sur la Lune, dont on trouvera l'essentiel plus bas. Mais le satellite américain « Explorer » 35 nous en a fourni quelques-unes de plus : la Lune ne possède presque pas de champ magnétique et n'est pas protégée par une magnétosphère complexe, comme la Terre. Sur ce dessin, on voit donc les vents solaires déferler (de droite à gauche et de haut en bas) à la vitesse de plus d'un million et demi de kilomètres à l'heure directement vers la Lune ; défléchis par le choc, ces vents prolongent leur course derrière la Lune, déformant les champs magnétiques interplanétaires (représentés par les lignes parallèles blanches). Et ce phénomène s'étend jusqu'à 160 000 km environ derrière la Lune. Alors que, pour la Terre, représentée plus haut et plus loin, la magnétosphère fait office de bouclier (représenté par une calotte). La force des vents solaires est telle, cependant, qu'elle comprime notre magnétosphère du côté du Soleil et qu'elle la distend considérablement de l'autre côté, l'allongeant de plusieurs millions de kilomètres.

FICHE TECHNIQUE DE LA LUNE

Dimensions :	LUNE	RAPPORT LUNE-TERRE	TERRE
Diamètre moyen	3 476 km	1/4	12 744 km
Volume	22 010 000 000 km ³	1/50	1 083 320 000 000 km ³
Surface	37 800 000 km ²	1/13,46	510 101 000 km ²
Densité moyenne	3,34	6/10	5,52
Masse	73 510 × 10 ¹⁵ tonnes	10/815	5 974 × 10 ¹⁸ tonnes
Gravité en surface	162,2 cm/s ²	1/6	980,975 cm/s ²

MOUVEMENTS DE LA LUNE

Révolution sidérale (temps que la Lune met pour revenir au même point apparent du ciel)	27 j. 7 h 43 mn 11,5 s
Révolution synodique (temps que la Lune met pour revenir en conjonction avec le Soleil)	29 j. 22 h 44 mn 2,8 s
Librations (oscillations apparentes) :	
– en longitude	7° 53' 51"
– en latitude	6° 50' 45"
– journalière	0° 57'

RAPPORT LUNE/TERRE

Positions :	LUNE	TERRE
Inclinaisons de l'orbite sur l'écliptique	5° 8' 43"	0°
Inclinaison de l'équateur sur l'écliptique	1° 32'	23° 25'
Excentricité de l'orbite	0,059	0,01674
Distance minimum Terre-Lune (périgée)	356 430 km	356 430 km
Distance maximum Terre-Lune (apogée)	406 720 km	406 720 km
Distance moyenne	384 000 km	384 000 km
Distance minimum surface à surface	348 315 km	348 315 km
Valeurs physiques :		
Température	+ 130° – 150°	± 70°
Brillance moyenne	0,947 bougie/cm ²	
Nombre de cratères visibles	300 000 (environ)	
Nombre de cirques lunaires	30 000 (environ)	
Diamètre maximum des cirques	250 km	
Largeur maximum des crevasses	1 km	
Points culminants	{ 8 840 m (Leibnitz) { 5 700 m (Doerfel)	

DEUXIÈME PARTIE :

LA FUSEE ET LE VAISSEAU

**L'incroyable
chemin parcouru
depuis
les V 2...**

"LES NATIONS S'ÉPANOUISSENT OU MEURENT SELON LES BUTS QU'ELLES SE SONT FIXÉS"



**L'éditorial
du Dr Wernher
von Braun,
Directeur du
George C.
Marshall Space
Flight Center,
de Huntsville.**

Avant son vol immortel au-dessus de l'Atlantique, en 1927, Lindbergh annonça que son but était Paris. Mais, si son seul but avait été de rallier Paris, il aurait pu s'y rendre beaucoup plus confortablement par bateau. Son but réel était de démontrer que le temps était venu où des avions pourraient traverser l'Atlantique en toute sécurité.

Notre Paris d'aujourd'hui est la Lune. Et les avantages que nous y gagnerons dépasseront de très loin l'importance immédiate du voyage, comme ce fut le cas pour Lindbergh.

Il y a, d'abord, le bénéfice que retirera le Terrien du programme spatial américain.

En moins de cinq ans, les satellites téléguidés ont déjà établi les bases d'un ensemble de réseaux mondiaux de télévision, de radio et de téléphone et sont devenus des entreprises rentables. D'autres ont transformé l'art ambigu de la météo en une science respectable. Les satellites de transit assurent un secours précieux à la navigation maritime par tous temps et des versions plus perfectionnées seront bientôt au service de la navigation et du trafic aérien.

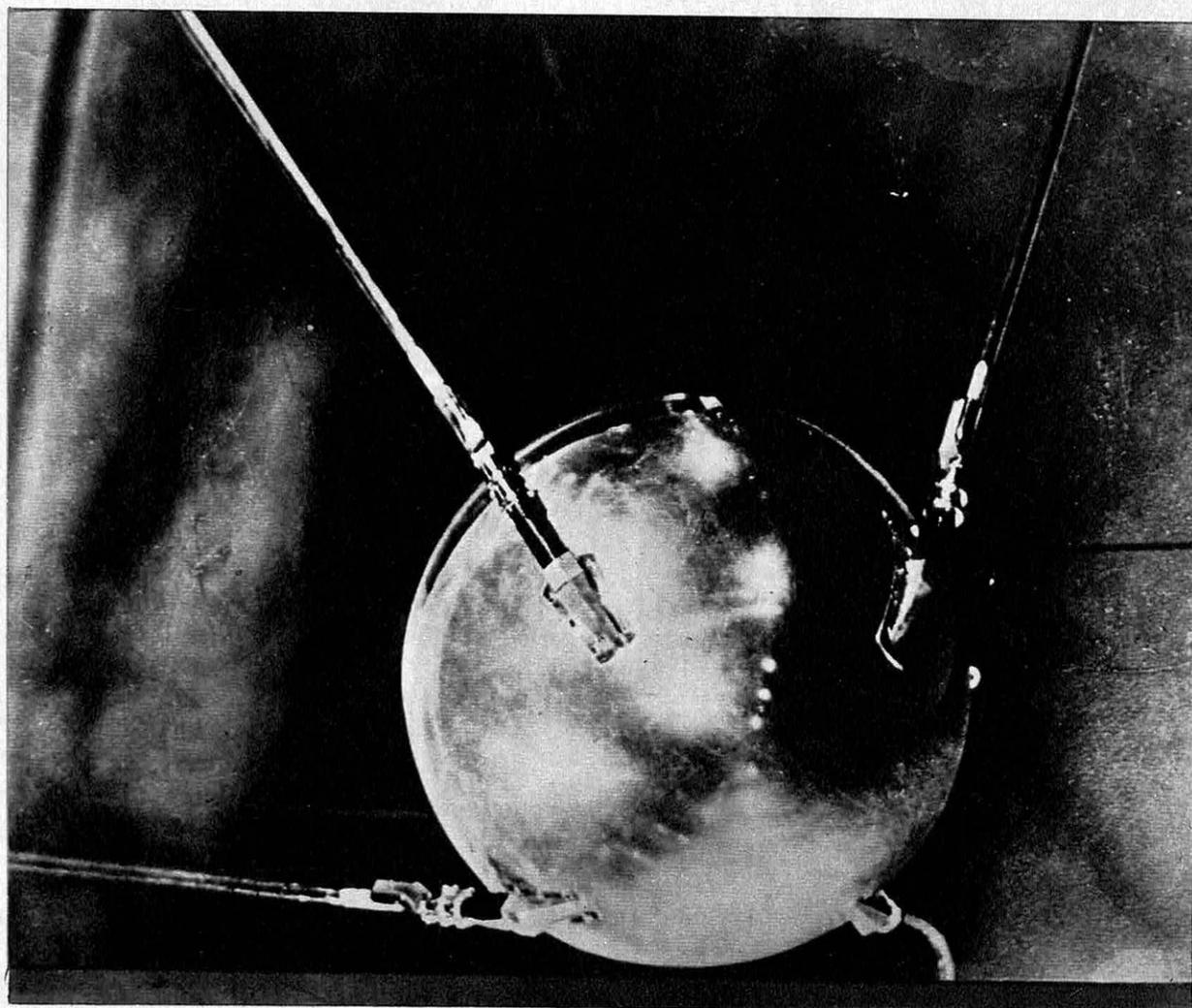
Dans un avenir peu distant, des satellites pilotés et non-pilotés répondront au besoin urgent d'analyse des ressources mondiales. Equipés d'appareils photographiques et de senseurs de radiations, ils distingueront, de leurs orbites, entre un champ de blé et un champ d'orge, entre un carré de riz et un carré de soja ; ils établiront des semaines à l'avance les moissons espérées.

Mais ils analyseront aussi les schémas de l'expansion urbaine et diront où et comment la consommation s'accroît. Etant donné que ce seront aussi des satellites qui nous renseigneront sur les ressources minières mondiales, aussi bien que sur les pénuries d'eau potable ou d'engrais, nous aurons un instrument réellement prometteur pour un système d'inventaire mondial.

Car c'est la Terre et ses problèmes qui demeureront l'objet d'études spatiales le plus intéressant. Mais les mystères des autres mondes n'en perdront pas leur fascination pour autant. Nous ne savons pas ce que nous découvrirons ; mais nous savons que les nations s'épanouissent ou se meurent selon les buts qu'elles se sont fixés. Et qu'elles poursuivent.

W. v. B.

DOUZE ANS, DÉJÀ, DEPUIS SPOUTNIK 1...



On attendait les Américains et leur « Vanguard ». Ce furent les Soviétiques et leur « Spoutnik » 1. Dans la nuit du 4 octobre 1957, le monde apprenait avec stupéfaction la naissance d'un « bébé-Lune », un « satellite artificiel » de la Terre. Il pesait 83,6 kg et les « bip-bip » qu'il devait émettre pendant vingt et un jours constituaient le plus grand défi technologique, le point de départ de la plus grande course jamais réalisée. La Lune n'est que la 1^{re} étape...

Une chienne ouvre aux

« EXPLORER » 1 : LE PREMIER SATELLITE AMERICAIN



Lancé par une fusée « Jupiter » C, le 31 janvier 1958, « Explorer » 1 a découvert la ceinture de radiations Van Allen. Ce premier satellite américain a fonctionné jusqu'au 23 mai 1958. Il retombera cette année.

« LAIKA » : PREMIER ETRE VIVANT DANS L'ESPACE



La chienne « Laïka », à bord de « Spoutnik » 2, a été le premier être vivant à aller dans l'espace, le seul à y mourir. « Spoutnik » 2 s'est désintégré dans l'atmosphère le 14 avril 1958, après nous avoir informés.

« LUNIK » 2 : LE PREMIER IMPACT SUR LA LUNE



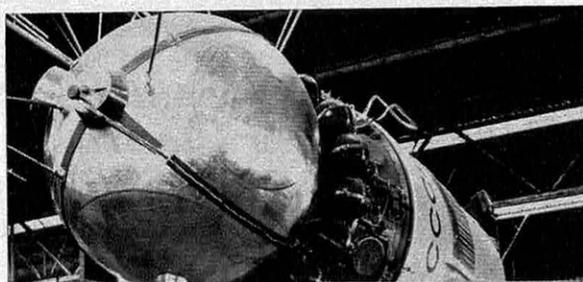
Les techniciens soviétiques lancent « Luna » 2 le 12 septembre 1959. Il s'écrase sur notre satellite naturel après trente-quatre heures de vol.

GAGARINE : LE PREMIER HOMME DANS L'ESPACE



Le mercredi 12 avril 1961, Youri Gagarine tourne une fois autour de la Terre à bord du vaisseau cosmique « Vostok » 1.

« VOSTOK » 1 : LE PREMIER VAISSEAU COSMIQUE SOVIETIQUE



Pesant 4725 kg, la cabine sphérique « Vostok » a permis les six premiers vols soviétiques dans le cosmos entre 1961 et 1963.

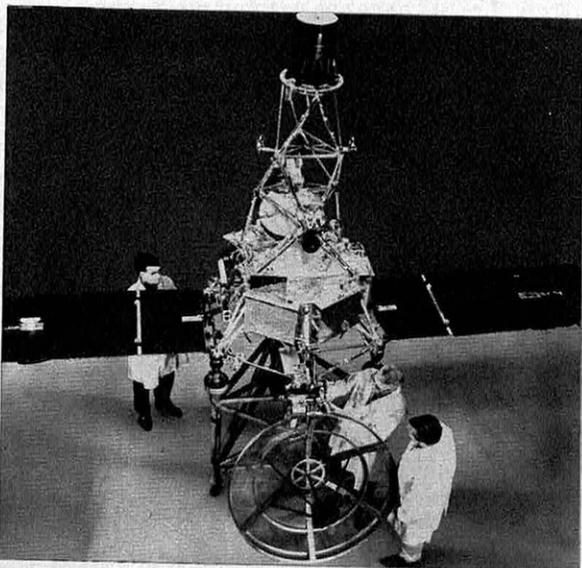
x hommes les routes de l'espace

SHEPARD : UN PREMIER AMERICAIN DANS L'ESPACE



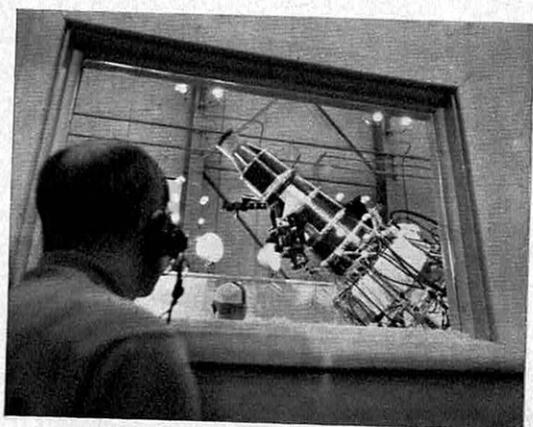
Le 5 mai 1961, à bord de la capsule « Mercury »—« Freedom » 7 propulsée par une fusée « Redstone », Alan B. Shepard effectue depuis Cap Canaveral le premier vol sub-orbital américain, un bond de quelque 485 km.

« MARINER » II : LA PREMIERE SONDE VENUSIENNE AMERICAINE



Lancée le 27 août 1962 vers Vénus, « Mariner » II passe le 14 décembre de la même année à 35 000 km de Vénus et transmet des informations scientifiques. Depuis, « Venera » 3, 4, 5 et 6 ont atteint la planète.

« RANGER » 7 : PREMIERES PHOTOGRAPHIES EN DIRECT DE LA LUNE



Après six tentatives infructueuses, les six caméras de télévision de « Ranger » 7 transmettent en direct des images du sol lunaire pendant la phase finale du vol. « Ranger » 8 et 9 feront de même.

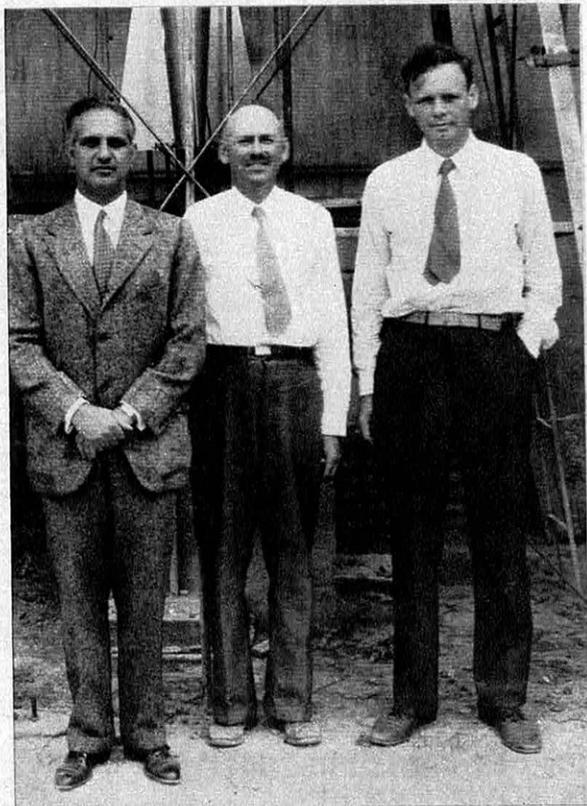
UN DES VRAIS PRECURSEURS LE SOVIETIQUE CONSTANTIN TSIOLKOVSKI



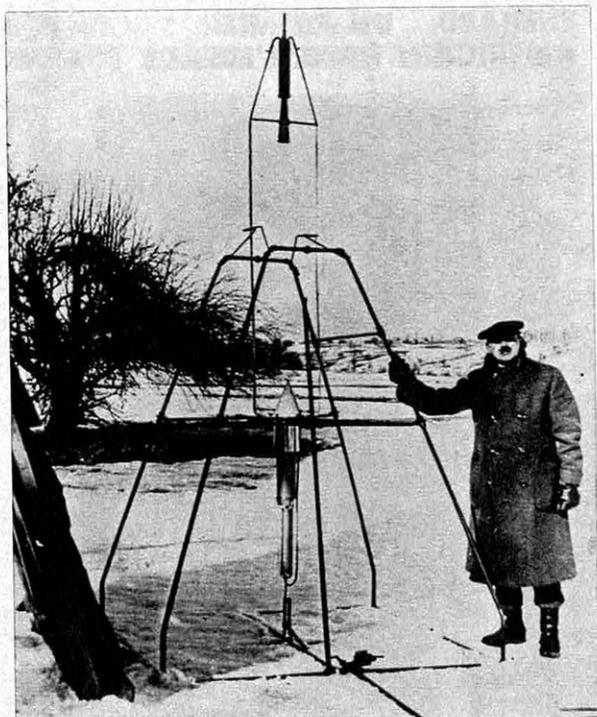
Constantin E. Tsiolkovski (1857-1935) est considéré par les Soviétiques comme le père de leur astronautique. On lui doit en particulier une des premières théories des moteurs fusées à propergols liquides, ainsi que la théorie des fusées à étages (« les trains de fusées »). Il a eu le mérite dans ses œuvres de montrer clairement les utilisations possibles des satellites artificiels et engins spatiaux.

Tout commença avec des

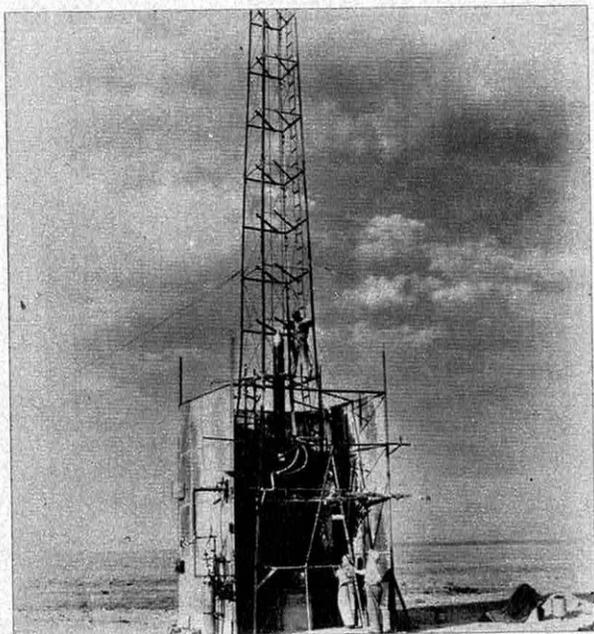
ROBERT H. GODDARD, L'AMERICAIN



Les pionniers américains de l'astronautique, Harry F. Guggenheim, Robert H. Goddard et Charles A. Lindbergh, de gauche à droite, photographiés le 23 septembre 1935 à Roswell, au Nouveau-Mexique.



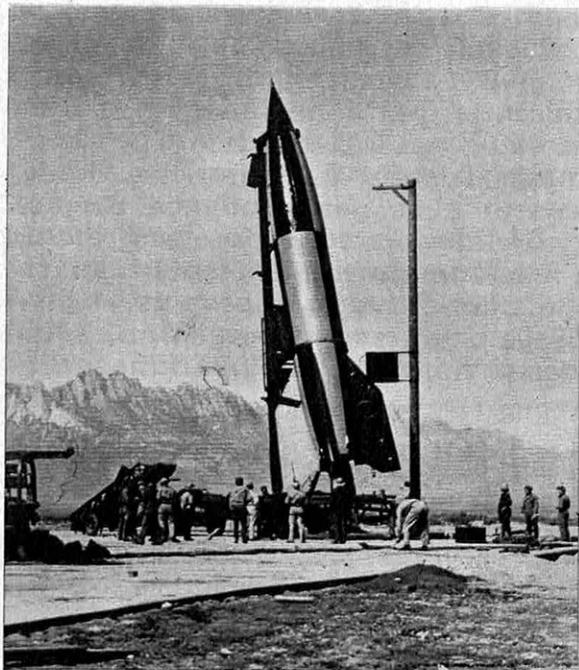
Robert H. Goddard pose ici, le 16 mars 1926, devant le dispositif de lancement de sa première fusée à propergols liquides.



Dix ans après, en 1937, on n'en est pas encore à « Saturn », mais les fusées et les rampes de lancement de Goddard commencent à devenir plus importantes.

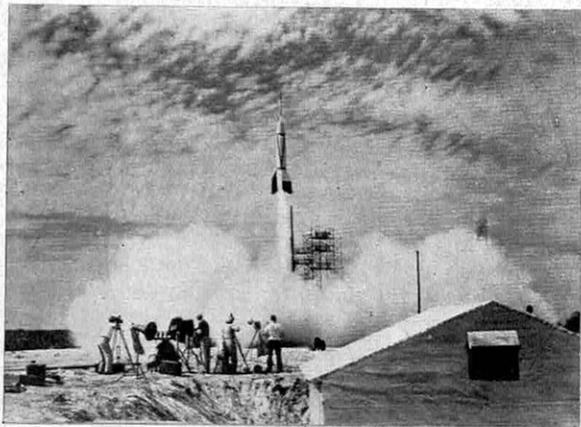
s bricolages de "doux dingue"...

L'ANCETRE DIRECT DE SATURN



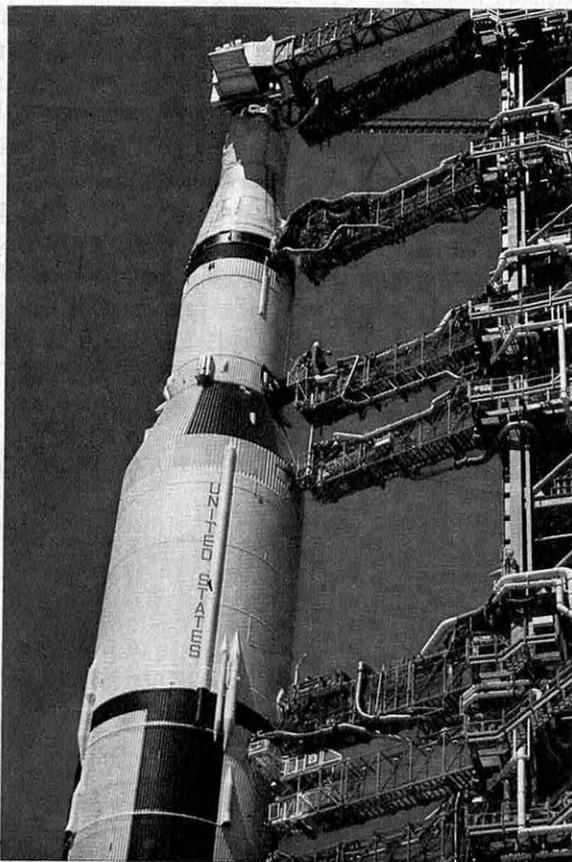
La V-2, ici en position de lancement, est l'ancêtre direct des lanceurs russes et américains utilisés de nos jours. Elle a été développée pendant la dernière guerre par les équipes de W. Dornberger et W. von Braun.

LE PREMIER LANCEMENT DE CAP CANAVERAL



Le 24 juillet 1950, « Bumper » 8, dérivée de la V-2, est lancée depuis Cap Canaveral. C'est le tout premier lancement effectué depuis ce centre spatial. Beaucoup d'autres suivront...

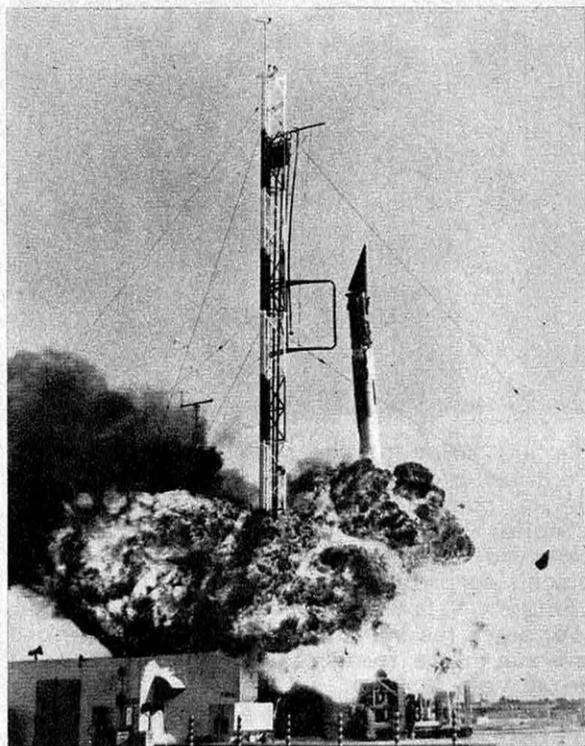
DE « JUPITER » A « SATURN »



Dix ans séparent ces deux fusées et montrent les progrès réalisés dans le domaine de la construction des lanceurs spatiaux. « Jupiter » dont la poussée est inférieure à celle de la tour de sauvetage d'« Apollo », plaçait sur orbite les 14 kg d'« Explorer » 1. « Saturn » V, avec ses 3 500 tonnes de poussée, place les 140 tonnes du vaisseau « Apollo » sur orbite terrestre et en accélère plus de 45 vers la Lune.

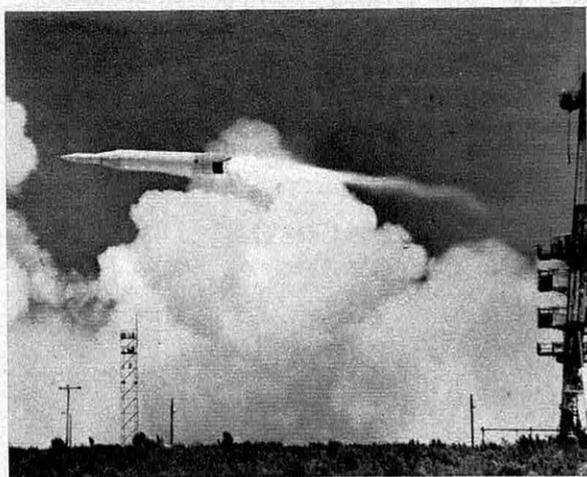
CES QUATRE ÉCHECS QUI ONT O

Le Dr Wernher von Braun ne manque pas une occasion de rappeler qu'un lancement de fusée réussi à cent pour cent n'apprend rien aux ingénieurs responsables de l'engin. En astronautique, plus que dans aucun autre domaine, seul l'échec est véritablement source de connaissance et de progrès. Un fonctionnement parfait d'une fusée ou d'un vaisseau spatial ne fait que vérifier le bien-fondé des calculs et des solutions retenues. Des incidents, par contre, permettent de savoir quels équipements laissent à désirer, de déterminer les remèdes à apporter, et de repartir avec une confiance accrue. Des échecs, les Américains en ont connu ! Décidés à rattrapper leur retard, après le lancement de « Spoutnik » 1, ils se lancèrent dans la course à l'Espace sans y être préparés. Et les premiers résultats furent plutôt décevants ! 100 % d'échec en 1957, 60 % en 1958, 40 % en 1959. Le pourcentage devait être réduit à 10 % en 1962 et à 5 % en 1966. Les échecs soviétiques, la plupart inconnus,



6 DECEMBRE 1957. Pressés de répondre au premier « Spoutnik » soviétique, les techniciens américains avaient accéléré le développement de leur fusée « Vanguard ». Pour la première fois, devant un parterre de personnalités et de journalistes, ils tentent de lancer un satellite. Elle commence à s'élever, puis retombe lourdement et explose. Ultérieurement, trois « Vanguard » seront placés sur orbite.

16 JUILLET 1959. A peine a-t-elle quitté sa table de lancement, que la fusée « Juno » II porteuse du satellite « Explorer » S-1 part à l'horizontale au-dessus des installations de Cape Canaveral. Elle sera détruite par l'officier de sécurité quelques centièmes de seconde après que cette photo extraordinaire ait été prise.



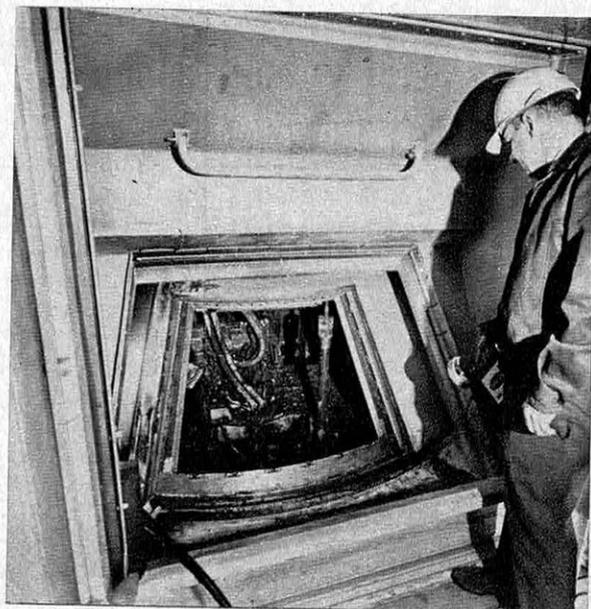
CONDUIT AU SUCCÈS...

ne peuvent évidemment pas être chiffrés, mais il est certain que les techniciens russes ont également profité d'expériences qui, aux yeux d'un public non averti, auraient paru négatives. De tels échecs sont pourtant positifs au point que le premier alunissage aurait pu être tenté dès « Apollo » 10 si le vaisseau américain et sa navette lunaire n'avaient pas si bien fonctionné au cours des missions précédentes (voir **Science et Vie** de juin 1969). Il est vrai que ces vols pilotés avaient été précédés par le tragique accident de Cap Kennedy et que cet incendie — c'est encore plus tragique à dire — avait permis d'améliorer considérablement le fonctionnement et la sécurité du vaisseau « Apollo ». Il n'en demeure pas moins inévitable qu'un jour, proche ou lointain, un équipage périra dans l'Espace. Les vaisseaux spatiaux, aussi parfaits qu'ils soient, sont eux aussi soumis aux lois de la probabilité. Ils n'y échapperont pas plus que l'automobile ou le train.



28 AOUT 1963. Un petit tas de ferraille dans le désert du Nouveau Mexique, c'est tout ce qu'il reste de la toute première « Apollo » essayée en vol et de sa fusée « Little Joe » II. Les suivantes donnèrent satisfaction, ... surtout celle qui explosa en vol et qui permit au docteur von Braun de dire que des astronautes auraient été sauvés s'il y en avait eu à bord.

27 JANVIER 1967. Alors qu'ils réalisaient, au sommet de la fusée, une ultime répétition de leur vol, Virgil Grissom, Edward White et Roger Chaffee périssent dans l'incendie de leur cabine « Apollo ». Il fallait une minute pour ouvrir l'écouille du vaisseau. Ils n'en eurent pas le temps. L'écouille a été modifiée. Elle s'ouvre maintenant en 10 secondes, tout en offrant les mêmes sécurités. Tous les matériaux inflammables ont été éliminés, remplacés par des matériaux ininflammables.



IL EST INEVITABLE QU'UNE NATION OU L'AUTRE EXPLOITE L'ESPACE A DES FINS MILITAIRES



**L'éditorial du
Général Samuel
C. Phillips,
Directeur du
Programme
Apollo
à la NASA.**

Nous avons appris, avec les années, qu'il faut apprendre à marcher avant de courir. Aussi, ce que nous espérons mieux comprendre et évaluer au cours de la mission « Apollo » 11, c'est la capacité d'un astronaute en tenue à effectuer des manœuvres sur la Lune. Ces manœuvres s'effectuent, en effet, dans un environnement nouveau, dans lequel il serait téméraire de prétendre en faire plus que nous ne le croyons possible, pour la première fois, dans ce décor, avec un équipement relativement neuf. Et je pense que nos plans pour la première mission sur la Lune sont joliment ambitieux ; il y en a qui les trouvent prudents ; l'expérience nous départagera.

Bien que l'équipe d'Apollo ait démontré, au cours des années, qu'elle est composée de gens qui savent ce qu'ils font et qui peuvent mener une tâche à bien, nous avons aussi constaté qu'au fur et à mesure que nous avançons, nous acquérons de l'expérience et qu'il est donc nécessaire de garder son esprit disponible et souple, parce que toutes les bribes d'expérience dictent les détails des opérations suivantes.

Le voyage sur la Lune n'est déjà pas une mince affaire, mais il faut également tenir compte du danger d'une confiance excessive... Nous expédions bien des hommes sur une fusée de quelque 3 000 tonnes, mais il y a encore du chemin à faire avant de parvenir, par exemple, au confort actuel sur les avions militaires les plus inconfortables...

La raison de tant d'efforts c'est d'abord qu'une planète qui représente le quart du volume de la Terre et qui ne se trouve qu'à trois jours de voyage appelle vraiment une visite. Mais c'est qu'ensuite le premier vol lunaire effectif doit ouvrir une série logique d'explorations lunaires pour les besoins de la science et servir de point de départ à l'établissement d'une base lunaire. Cette base et les opérations sur des stations interplanétaires seront les fondations d'une exploration du système solaire et de plus loin. Enfin, je pense qu'il est inévitable, dans les luttes des hommes pour le progrès et la conquête d'une place au soleil, qu'une nation ou une autre exploite des opérations spatiales pilotées à des fins militaires. J'estime que ce serait une erreur tragique pour mon pays de ralentir ses efforts ou d'échouer dans la mise au point de la technologie indispensable aux opérations spatiales et à l'ouverture d'horizons cosmiques.

S. C. P.

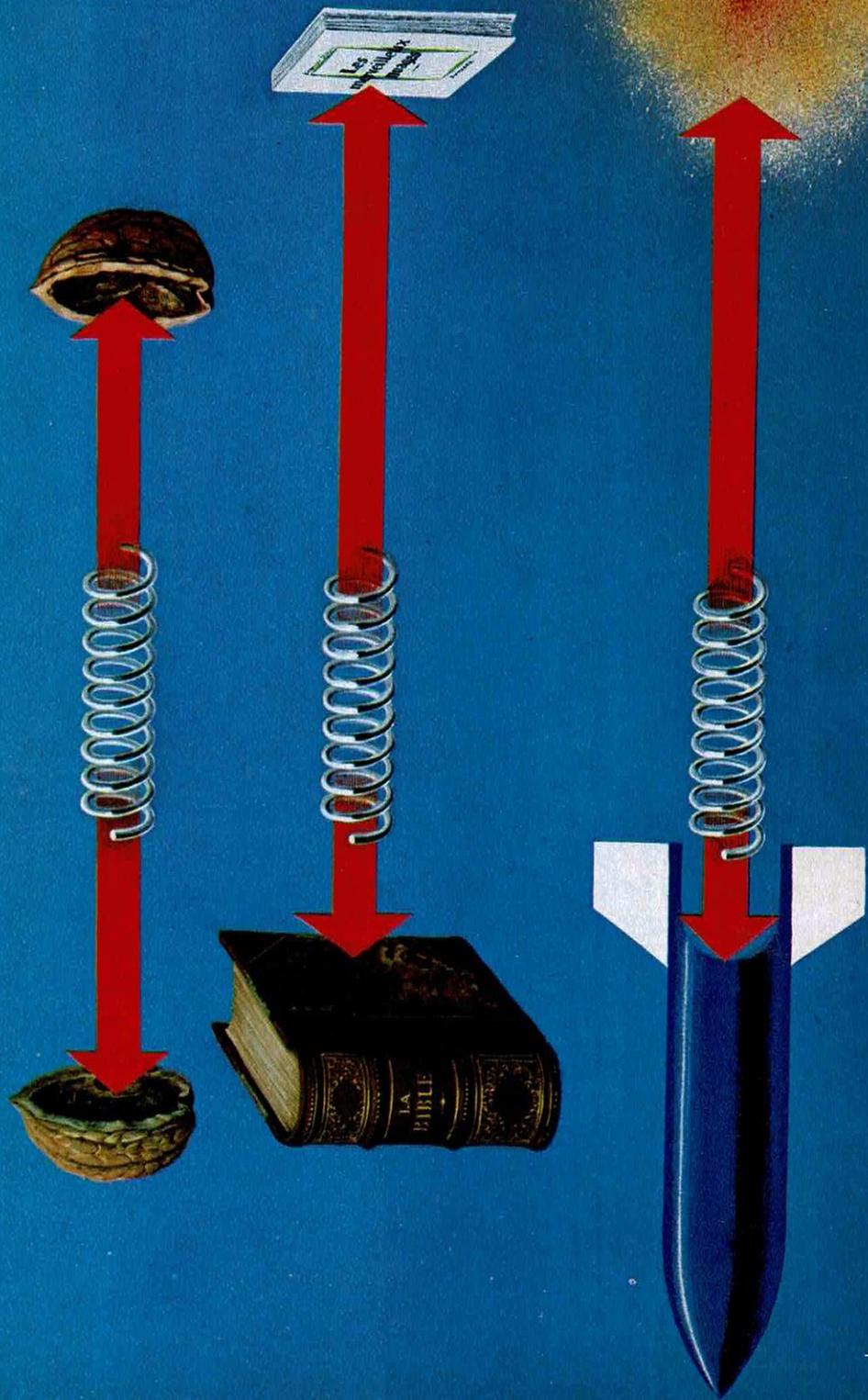
COMMENT UNE FUSÉE...

Le principe d'action et réaction, formulé par Newton, est l'un des plus simples à comprendre. On ferme deux coquilles de noix sur un ressort, puis on ouvre les doigts. En se détendant, le ressort prend appui sur la coquille de gauche pour pousser celle de droite, et inversement. Les deux coquilles, ayant mêmes masses, sont envoyées de part et d'autre à des vitesses égales. La même expérience est reprise avec un gros livre et un petit roman. Mais

MARCHE DANS LE VIDE

le gros est plus solide comme point d'appui et plus massif à déplacer : il sera lancé moins vite que le petit qui n'offre pas une inertie comparable. Il existe d'ailleurs une relation simple entre la masse des deux mobiles et les vitesses respectives auxquelles ils sont lancés : $mv = Mv$. En langage clair, les vitesses sont en rapport avec les masses. Si l'un des corps est deux fois plus lourd que l'autre, il sera lancé deux fois moins vite ; cinq fois plus

lourd, cinq fois moins vite et ainsi de suite. La fusée avance conformément à ce schéma : la détente des gaz est comparable à la détente d'un ressort qui enverrait d'un côté des molécules de gaz, et de l'autre la fusée proprement dite. Les molécules sont minuscules et très légères, mais il y en a des millions de milliards de milliards. La masse totale éjectée est d'ailleurs supérieure à celle du vaisseau spatial, mais elle est éjectée de manière continue.



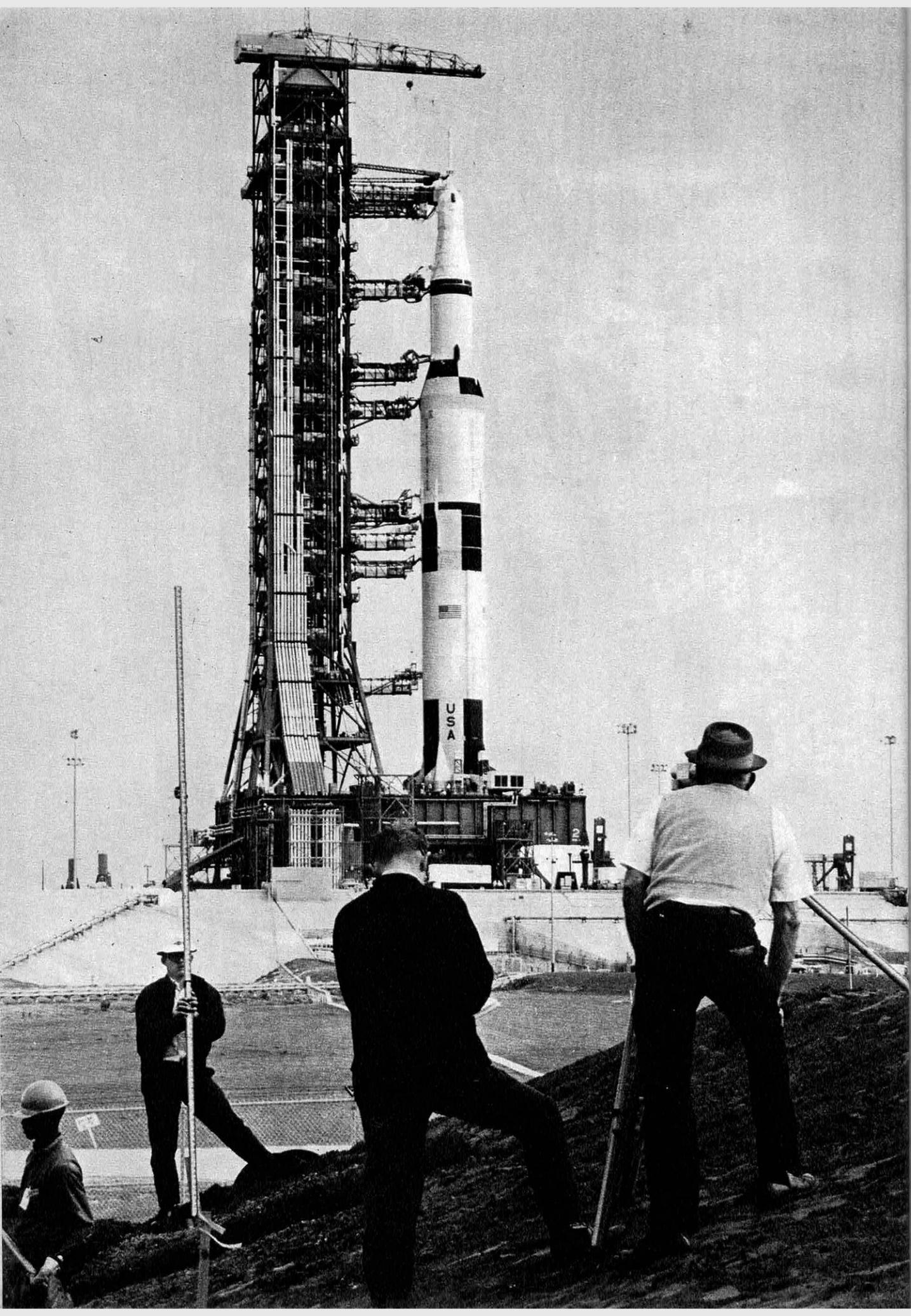
LA GENÈSE DU MONSTRE

PAR JACQUES TIZIOU

Même le collage des drapeaux sur le premier étage de « Saturn » V pose d'extraordinaires problèmes techniques : la moindre bulle est inacceptable.

Le programme « Saturn »-« Apollo » constitue sans aucun doute le plus grand effort technologique et scientifique jamais réalisé par l'homme. Depuis le 25 mai 1961, jour où le Président John F. Kennedy décida de faire de l'alunissage de deux hommes et de leur retour sur la Terre l'un des principaux objectifs de la Nation américaine, une moyenne de 300 000 personnes réparties dans quelque 30 000 sociétés des cinquante Etats américains et de plusieurs pays étrangers y ont participé. Lorsque les efforts ont atteint leur point culminant, en 1966, plus de 400 000 personnes étaient occupées à temps plein par ce programme. Mais c'est à 10 millions de personnes que sont évalués les effectifs réels, compte tenu de tous les fournisseurs de la NASA et des industriels qui, de près ou de loin, ont joué un rôle important pour... une petite empreinte de pied sur la Lune. 400 000 personnes, c'est la population d'une très grande ville ; 10 millions, c'est la population de la Belgique tout entière...





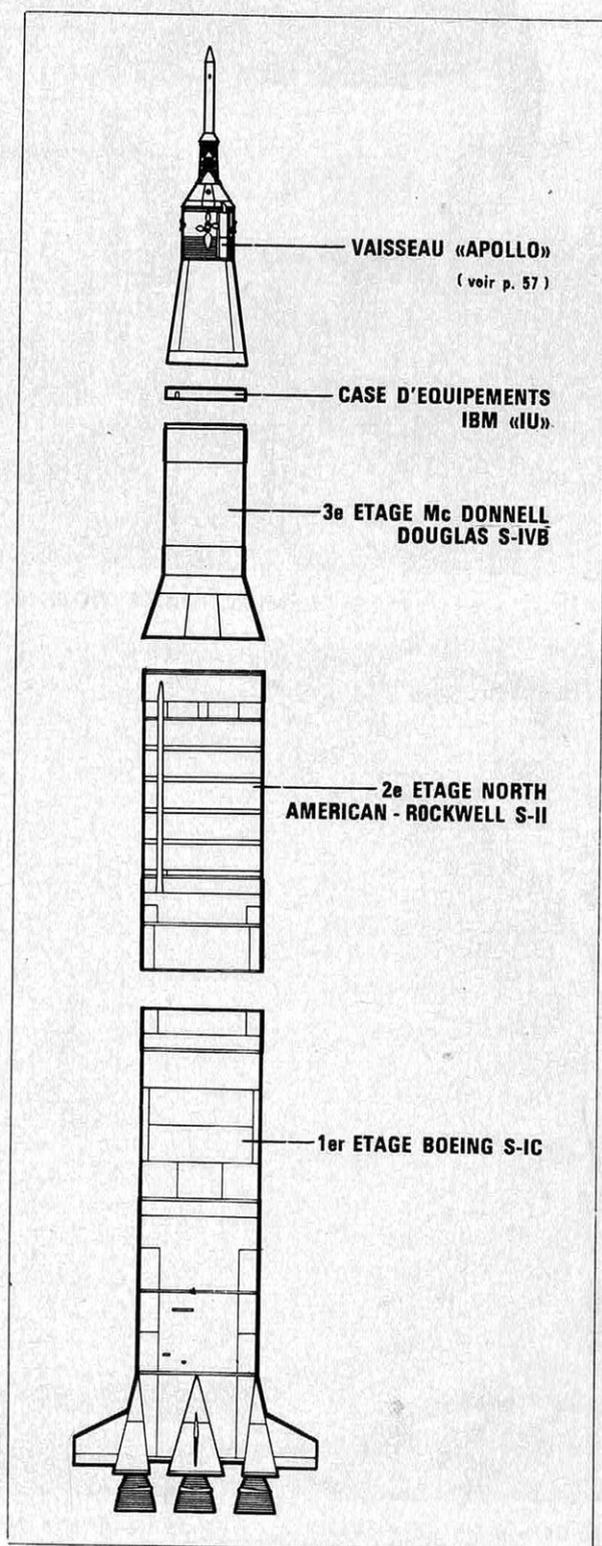
Une fabrication tentaculaire

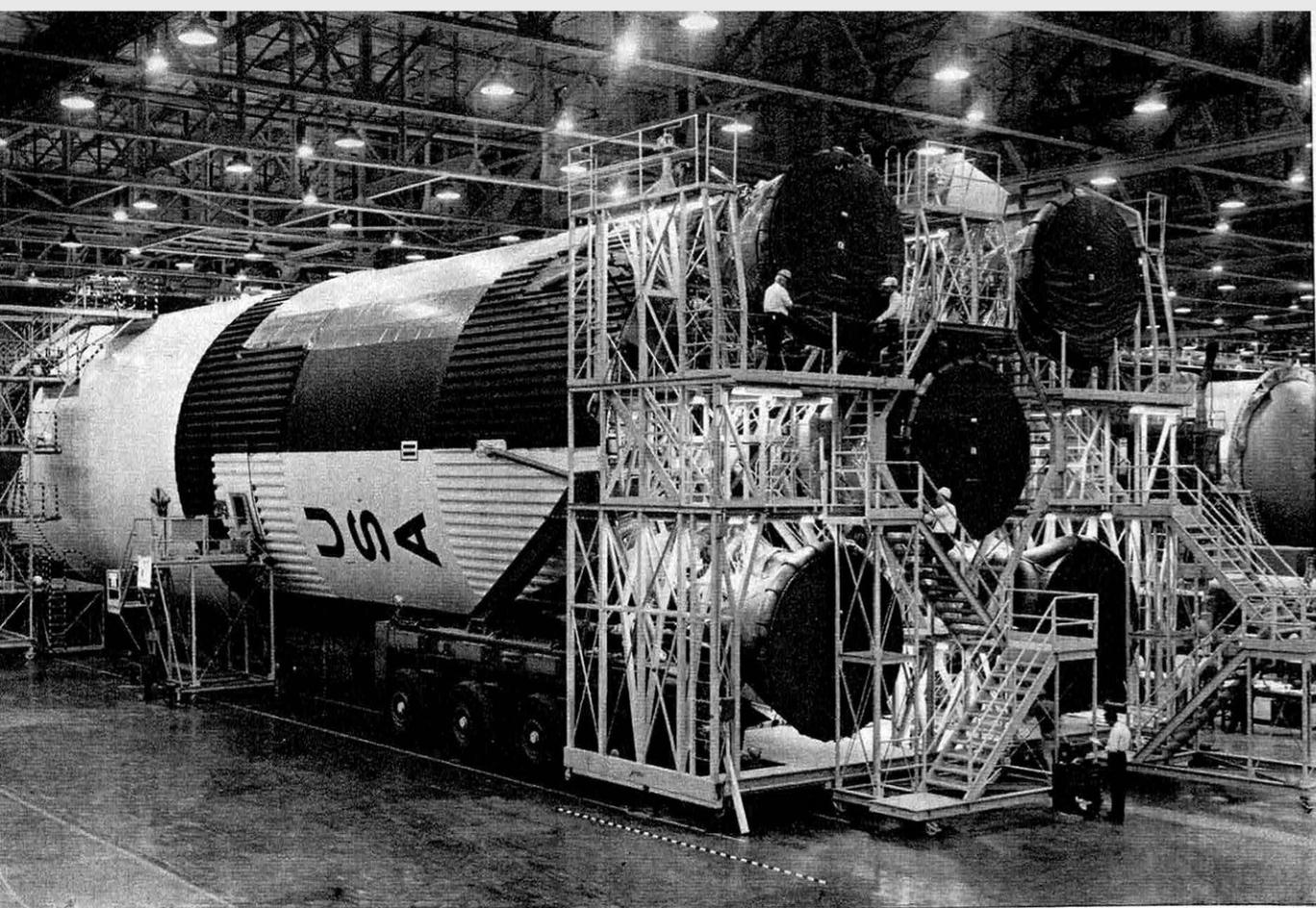
Le coût de l'opération mérite le mot « extraordinaire » : à l'heure où un homme marchera sur la Lune, ce premier pas timide sera évalué à quelque 140 milliards de francs. A ce niveau-là, les chiffres ne parlent que s'ils sont comparés... 140 milliards de francs, c'est plus que le budget total annuel de la France... Ces extraordinaires dépenses n'ont pas été consenties uniquement pour répondre aux défis soviétiques du premier « Spoutnik » et du premier homme dans l'Espace. C'est aussi le plus prodigieux des investissements !

L'ensemble de la fusée « Saturn » V (commandée à quinze exemplaires, dont celui d'« Apollo » 11 ne devait être que le sixième) et du vaisseau « Apollo » (quarante-neuf exemplaires commandés, plus cinquante-trois maquettes grandeur...) est intégré, depuis l'accident de Cap Kennedy, sous la direction de la Société Boeing. Cette dernière, déjà chargée de la réalisation, et du vaisseau et de la fusée pris séparément, est considérée à ce titre comme le maître d'œuvre industriel du programme. La direction générale est assurée depuis le quartier général de la NASA, à Washington. Le G.C. Marshall Space Flight Center d'Essais du Mississippi, est responsable de la fusée. Le Manned Spacecraft Center est chargé du vaisseau et le J.F. Kennedy Space Center, évidemment, des opérations d'assemblage final et de lancement.

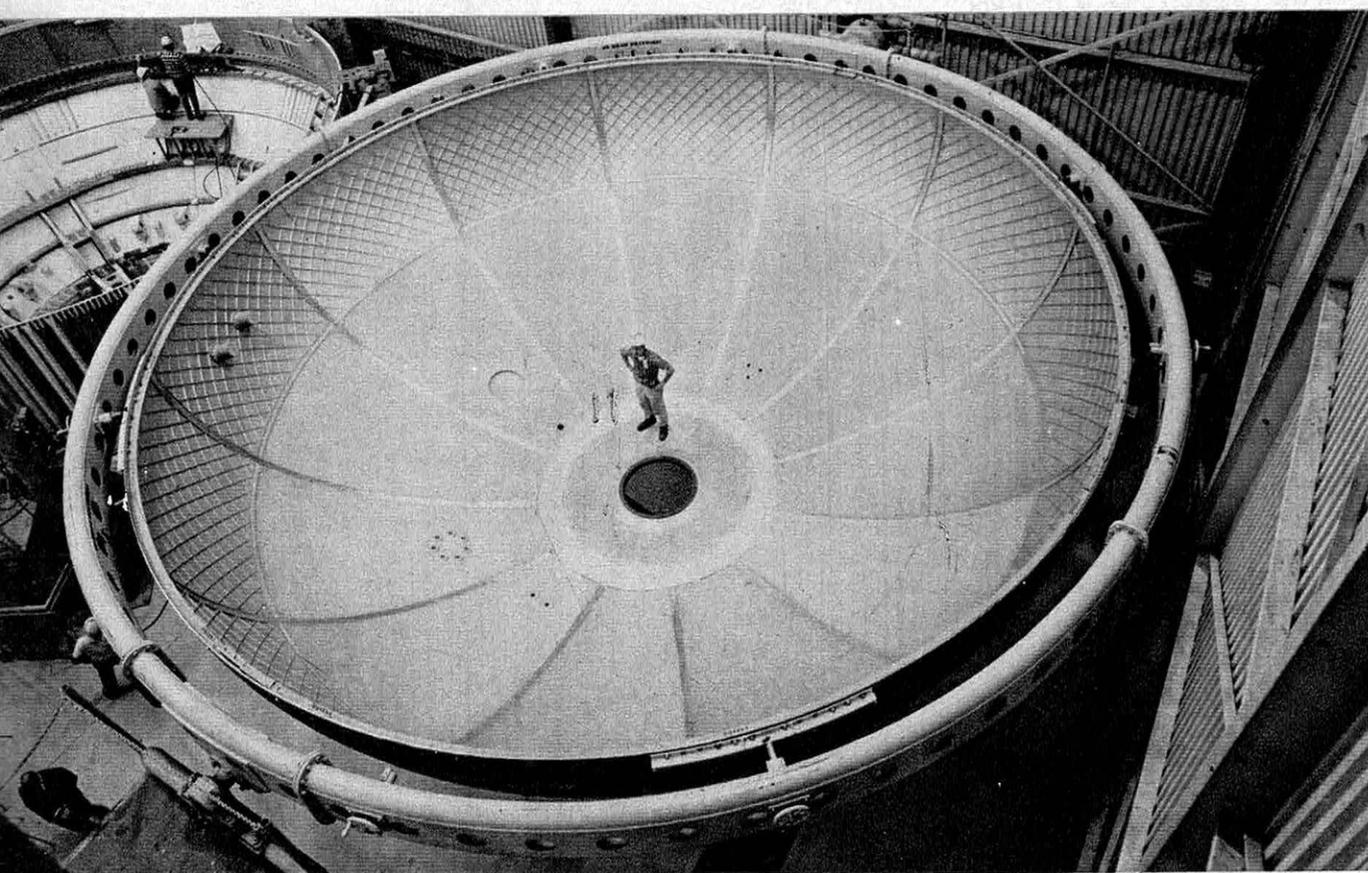
Les principaux responsables de la production des étages de la fusée « Saturn » V sont Boeing (premier étage S-IC assemblé à l'usine de Michoud, près de la Nouvelle-Orléans), North American-Rockwell (deuxième étage S-II assemblé à Seal Beach, près de Los Angeles) et McDonnell-Douglas (troisième étage S-IVB assemblé à Huntington Beach, près de Los Angeles). Le « cerveau » de la fusée est réalisé par IBM à Huntsville, les principaux moteurs par Rocketdyne à Canoga Park, les modules de commande et de service du vaisseau à Downey (banlieue de Los Angeles) par North American-Rockwell. La navette lunaire, le LM, est assemblée près de New York par Grumman.

A gauche, Saturn-Apollo et, à droite, la manière dont il se décompose techniquement et industriellement.



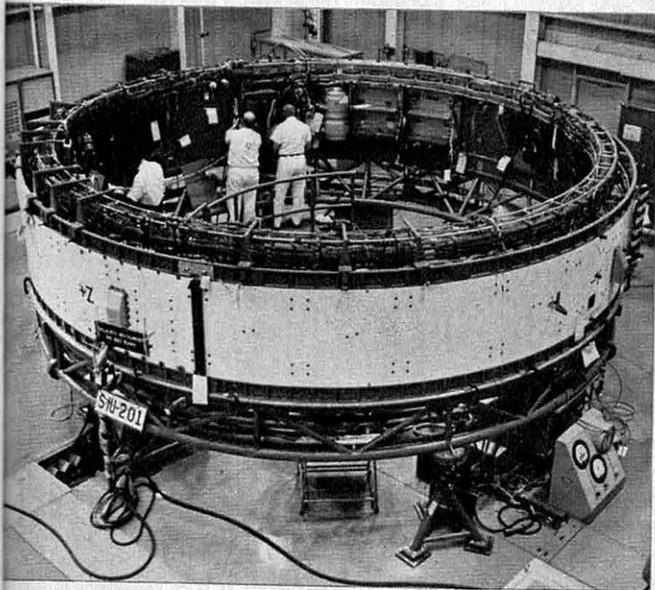


LE PREMIER ETAGE BOEING S-IC en assemblage final à l'usine de Michoud.

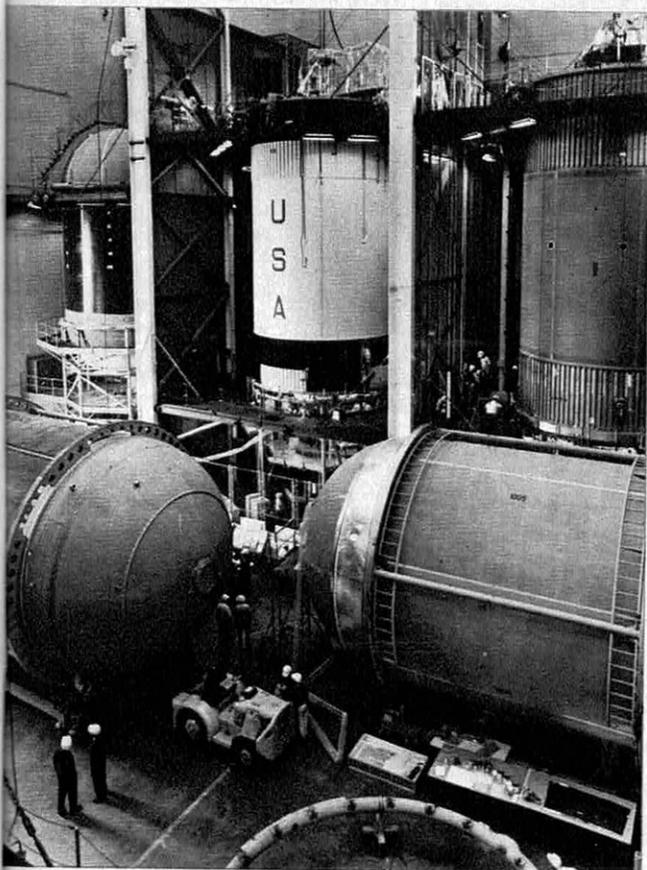


UN DOME DE RESERVOIR du deuxième étage North American-Rockwell S-II : 10 m de diamètre !...

La production des étages géants



L'IBM « IU », cerveau de « Saturn » V.



L'ASSEMBLAGE FINAL du troisième étage

La production des étages de la fusée lunaire « Saturn » V est spectaculaire, parce que le gigantisme y est monnaie courante, parce que le futur, aussi, y côtoie le passé. En effet, parmi les machines-outils utilisées pour la fabrication des pièces du premier étage Boeing S-IC, on trouve tout aussi bien des fraiseuses et des tours utilisés lors de la seconde guerre mondiale pour la production de navires de la marine américaine que d'énormes « marteaux magnétiques » mis au point spécialement pour « Saturn ». Ces « marteaux » sont désormais disponibles pour d'autres industries, où ils rendront de grands services. La production des étages est réalisée par des industriels privés dans des usines financées par la NASA. Celle du premier étage S-IC est assurée par Boeing dans les installations de Michoud, à la Nouvelle-Orléans. Celle du deuxième étage S-II est réalisée par North American-Rockwell à Seal Beach, au sud de Los Angeles, en Californie. C'est à proximité de Seal Beach, à Huntington Beach, que la société McDonnell-Douglas assemble les troisièmes étages S-IVB. Enfin, il ne faut pas oublier un élément qui, sans être un étage, n'en est pas moins important puisqu'il dirige tout l'ensemble : c'est l'« IU », ou « instrument unit », la case d'équipements ou « cerveau » de « Saturn » V, assemblé par IBM à proximité du Centre Spatial Marshall, à Huntsville, dans l'Alabama. Ce cerveau est essentiellement fait de vide, toutes les « boîtes noires » que sont les équipements électroniques étant réparties tout autour d'un anneau qui a aussi un rôle de liaison entre le troisième étage et le vaisseau. Actuellement, quinze « Saturn » V opérationnelles ont été commandées. Elles ont été précédées par quatre prototypes d'essais. La NASA envisage de poursuivre sa production plusieurs années.

- Il faut l'équivalent de cent wagons-citernes pour remplir les réservoirs de « Saturn » V.
- Avec ces 3 650 000 litres, un automobiliste pourrait faire sept cents fois le tour de la Terre.
- Le remplissage, particulièrement délicat, est réglé par des ordinateurs.
- Au départ, 15 tonnes de propergols sont brûlées à chaque seconde.
- La flamme atteint 500 mètres de long.

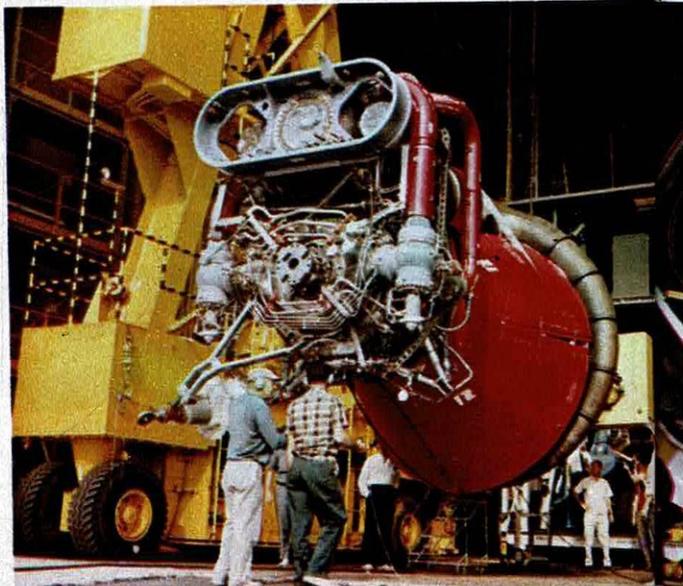
Les moteurs, du plus petit au plus gros

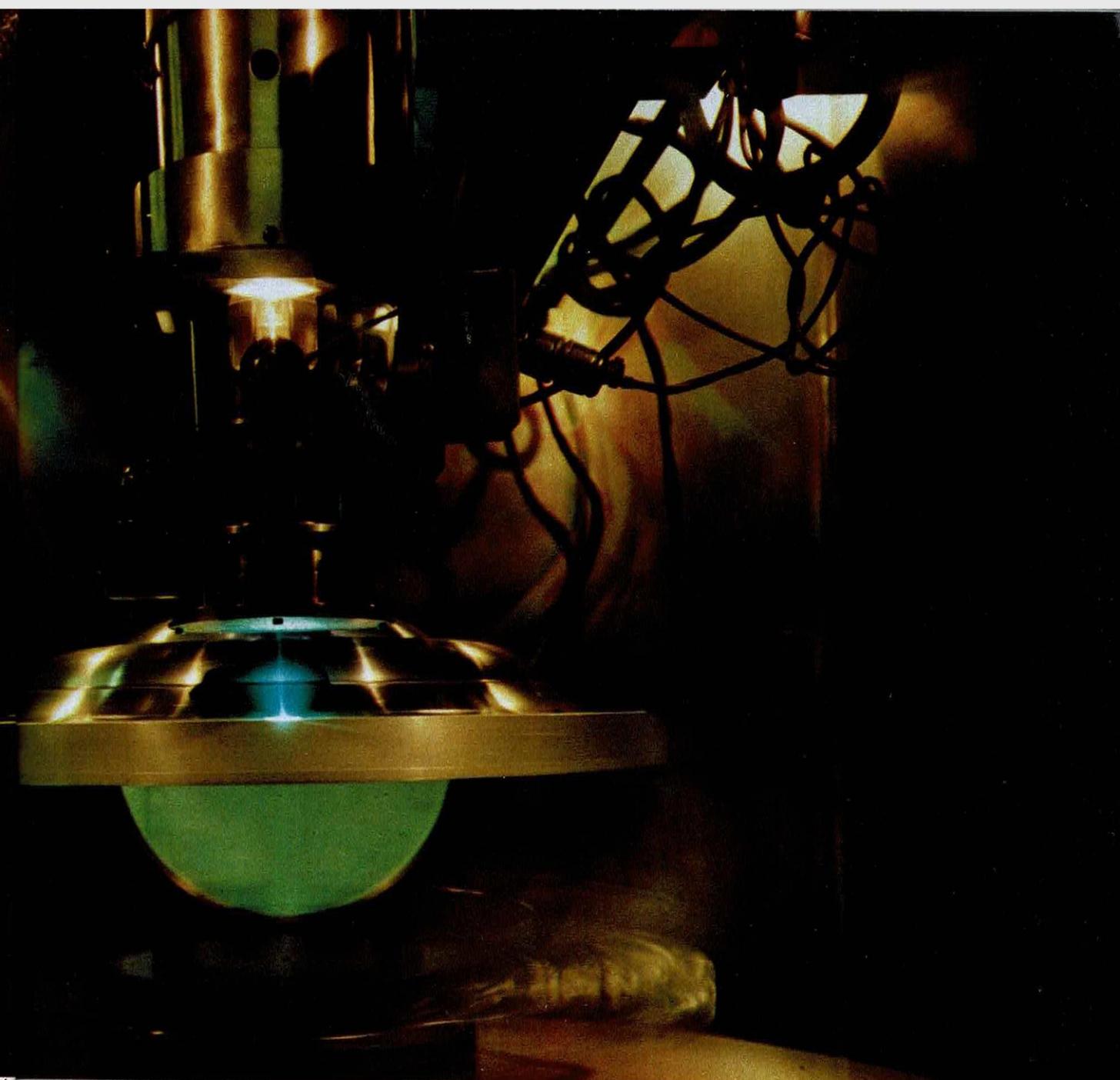
Le seul moyen de propulsion utilisable dans le vide, donc en l'absence de toute atmosphère, est le moteur-fusée, qui emporte à la fois son carburant et son comburant. Ils sont nécessaires tant pour la propulsion de la fusée que pour la stabilisation du vaisseau, son contrôle en attitude, et tant pour la séparation des étages que pour la mise sur orbite lunaire ou le retour vers la Terre. L'ensemble « Saturn » V-« Apollo » ne compte, au départ, pas moins de quatre-vingt-quinze moteurs de toutes dimensions et de toutes tailles, depuis l'énorme F-1 de 700 tonnes de poussée utilisé à cinq exemplaires sur le premier étage S-IC, jusqu'au « minuscule » SE-8 de 45 kg de poussée utilisé à douze exemplaires pour la stabilisation du vaisseau, en passant par le « SPS », classé parmi les petits moteurs bien qu'il ait 10 tonnes de poussée.

- L'ensemble des quatre-vingt-quinze moteurs de la fusée « Saturn » V-« Apollo » développe plus de 300 millions de chevaux, dont 160 millions pour le premier étage.
- Cette puissance correspond à celle de six cents gros chasseurs à réacteurs.
- Elle est suffisante pour envoyer sur orbite la totalité de tous les vaisseaux pilotés lancés avant la mise en service de cette fusée.
- Les turbopompes du moteur F-1 pompent les propergols avec la force de trente grosses locomotives Diesel.
- Les cinq F-1 du premier étage S-IC fournissent à eux seuls le double de toute l'énergie hydroélectrique qui serait disponible dans la totalité des eaux d'Amérique du Nord si elles étaient canalisées vers des turbines.
- Les moteurs de « Saturn » V brûlent une masse de propergols cinquante fois supérieure à celle de la charge satellisable.
- A lui seul, le « petit » moteur à poudre de la tour de sauvetage a une poussée supérieure à celle de la fusée « Redstone » qui envoya les deux premiers Américains dans l'espace et une puissance comparable à celle de cinq mille automobiles.
- Les plus petits moteurs, ceux chargés de la stabilisation (16 sur le LM, 16 sur le SM et 12 sur le CM), peuvent fonctionner pendant des durées aussi courtes que 12 millisecondes, ou aussi longues que 500 secondes.
- Ils sont capables de fonctionner dix mille fois de suite...



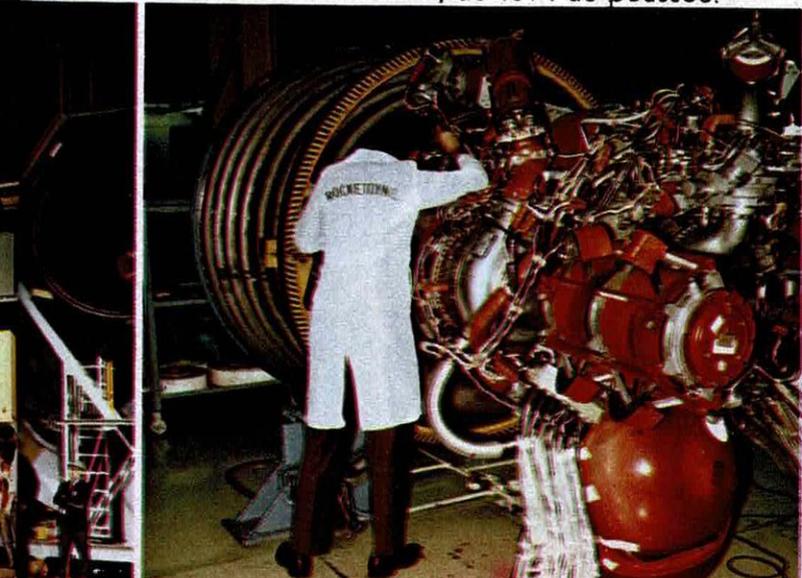
L'INJECTEUR DU « SPS », le moteur principal du « SPS »
LE PLUS GROS MOTEUR, le F-1 de 700 t de po





du « SM » construit par Aerojet General, est soudé ici par faisceau d'électrons.
de poussée. **LE J-2 A HYDROGENE**, de 104 t de poussée.

LES ROCKETDYNE SE-8 brûlés d'« Apollo 6 ».





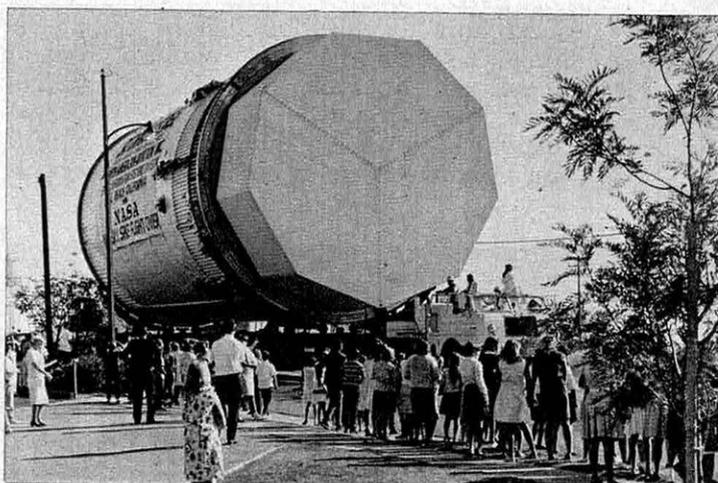
Tous les moyens de transport utilisés

La réalisation d'une fusée lunaire aussi grande que « Saturn » V a tout de suite posé des problèmes auxquels les fusées précédentes n'avaient pas habitué les techniciens américains. Celui du transport n'est pas le moindre. La répartition de la production aux quatre coins du territoire des Etats-Unis et, surtout, la taille gigantesque du matériel, se sont traduites par la mise en œuvre de moyens exceptionnels de transports terrestres, marins et aériens. Les plus grosses pièces, c'est-à-dire le premier étage S-IC et le deuxième étage S-II, ne peuvent être transportés que par péniches spéciales climatisées. Le S-IC est convoyé de la Nouvelle-Orléans au Centre d'Essais du Mississippi et puis, après avoir été remis en état à l'usine de Michoud, il est emmené à Cap Kennedy en contournant la Floride. Le S-II doit passer par le canal de Panama pour aller de Californie au Mississippi, puis en Floride. Le troisième étage S-IVB, n'ayant « que 18 m de long et 6,6 m de diamètre », peut être transporté à bord des avions géants transformés par Aero Spacelines, les « Super Guppy ». C'est également à l'aide de ces avions que la NASA achemine à Cap Kennedy les cerveaux « IU » de la fusée (depuis Huntsville), le vaisseau « Apollo » (depuis Downey, Californie) et sa navette lunaire (depuis Bethpage, près de New York). Le transport des moteurs, réalisé longtemps par avions, se fait désormais par camions spéciaux.

◀ LE DECHARGEMENT DE L'ETAGE S-IVB-507

destiné à la mission « Apollo 12 ».

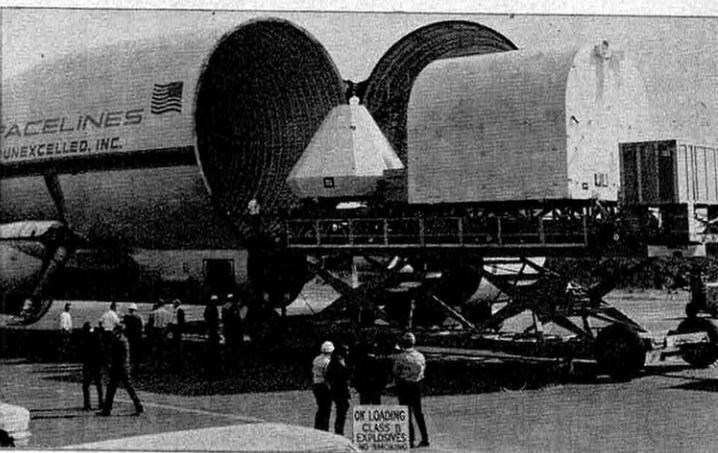
• Le matériel « Saturn-Apollo » transporté par route ou rail entre les différents centres de fabrication, d'essais et de lancement atteint 250 000 tonnes par an. • Près d'un million de kilomètres sont franchis annuellement par les avions de transport utilisés dans le programme, dont plus de 700 000 pour les « Guppy » et plus de 200 000 pour les avions mis à la disposition de la NASA par le Département Américain de la Défense. • A tout instant, des avions biréacteurs sont prêts pour le transport de pièces de rechanges. • 240 000 km sont franchis par voies fluviales et maritimes.



LE TRANSPORT PAR ROUTE d'un deuxième étage.



UN PREMIER ETAGE transporté par péniche.

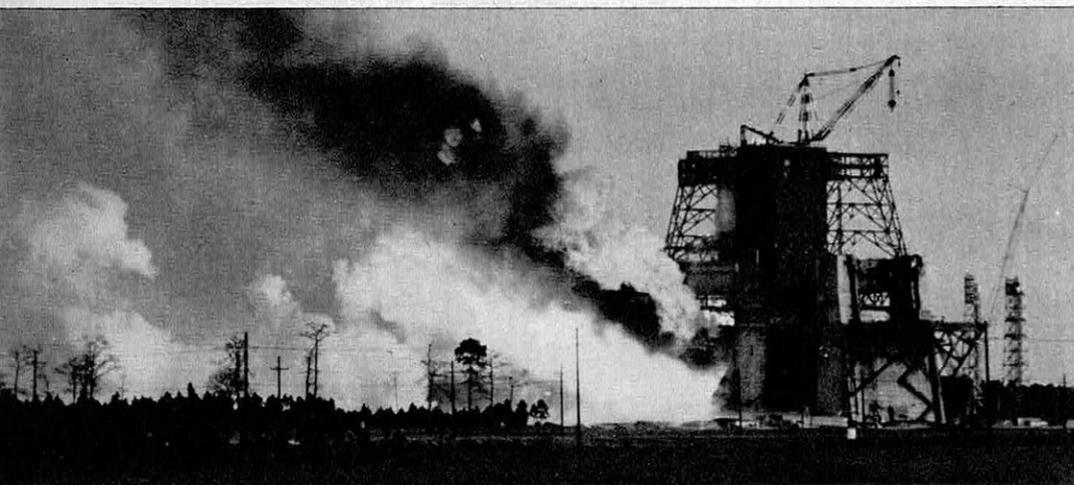


UN VAISSEAU APOLLO arrive au centre spatial.

Chaque étage est essayé à pleine puissance

Il est hors de question que la vie d'êtres humains soit confiée à un matériel dont on ne soit pas entièrement sûr. La véritable vie d'une fusée « Saturn » V ou d'un vaisseau « Apollo », entre l'instant où leur construction s'achève et celui où ils sont lancés, se

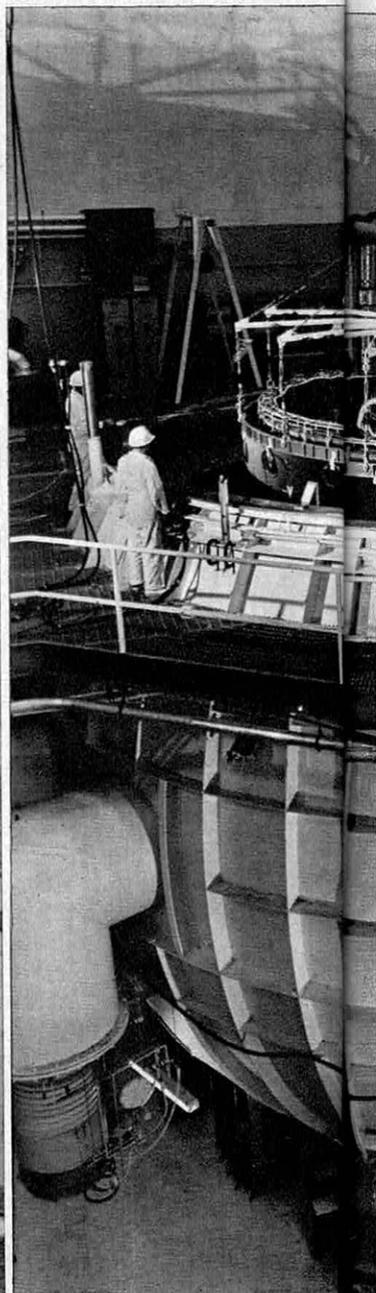
passé donc en contrôles, vérifications et essais. C'est de loin la partie la plus complexe, la plus longue et la plus oubliée. Il est vrai que, en dehors des véritables mises à feu au banc, les contrôles sont peu spectaculaires. Des batteries d'ordinateurs mis



LE S-IC, premier étage de « Saturn » V, est essayé au MTF.



LE S-II est hissé ici à bord d'un banc d'essais du MTF.

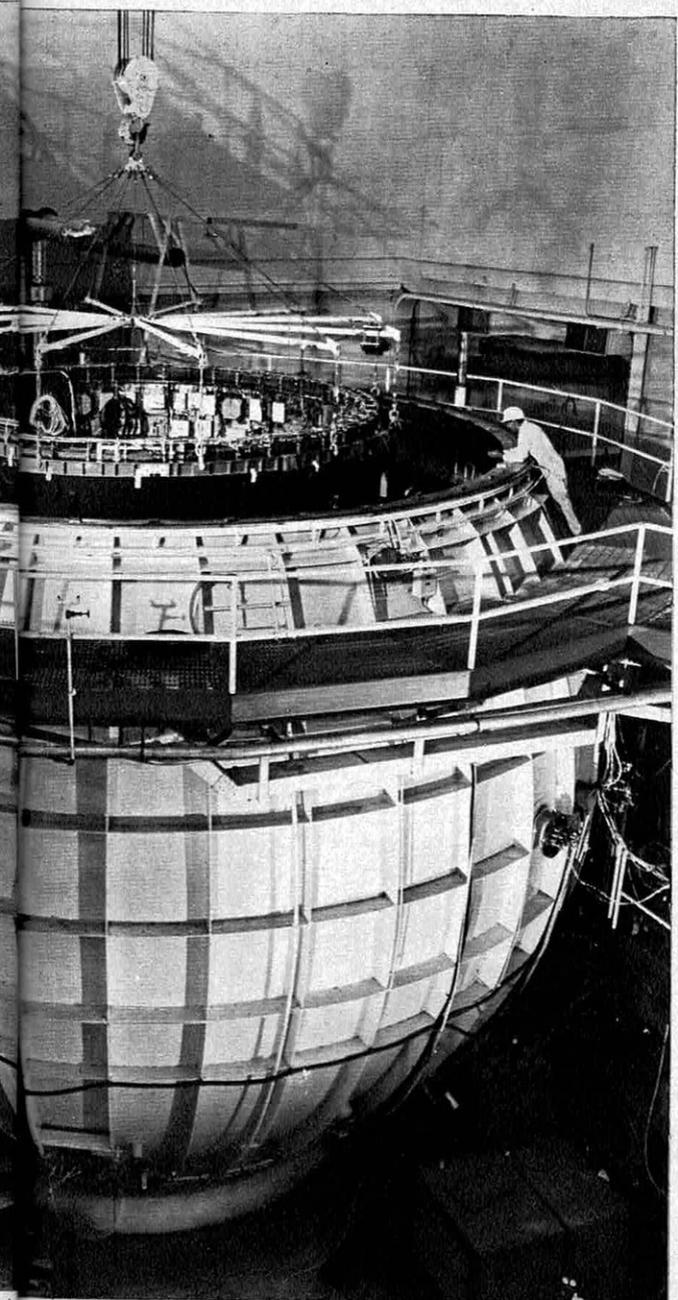


CE CERVEAU « IU » est

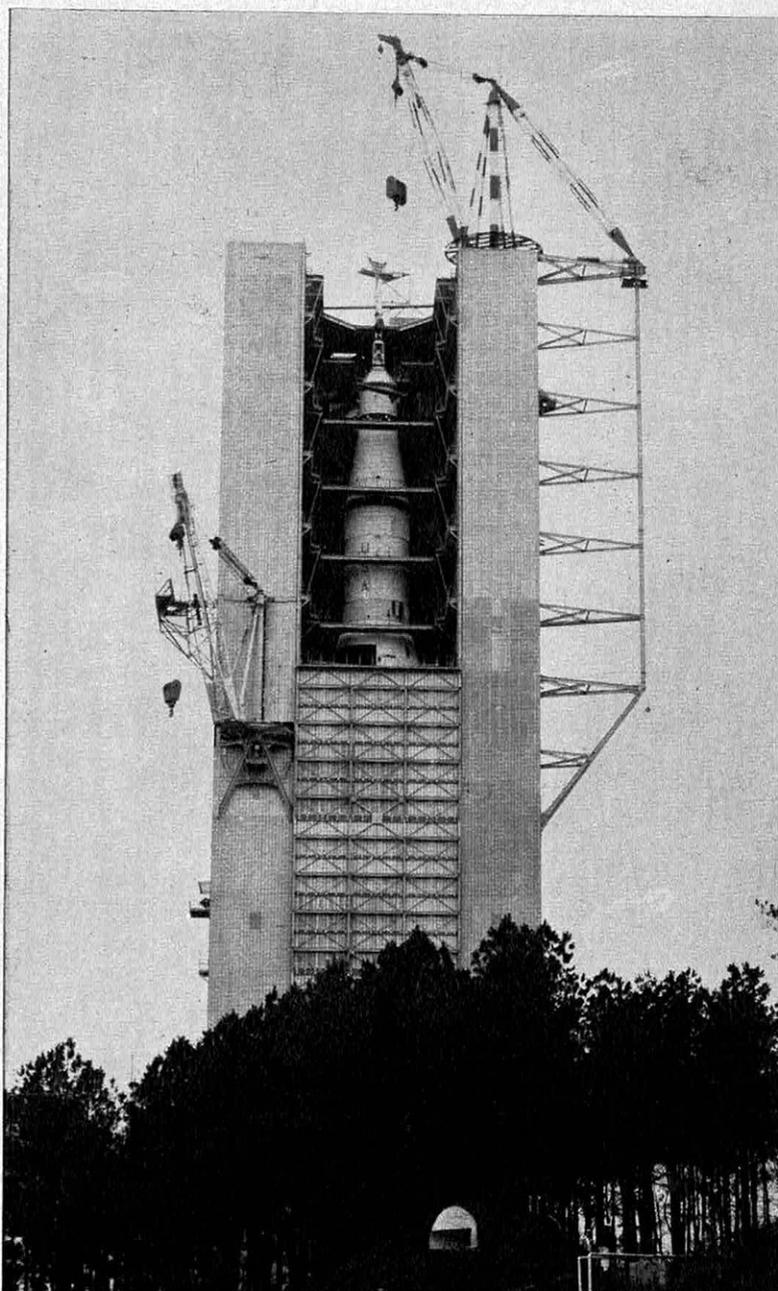


DES BLOCKHAUS où l'électronique règne.

en place, en particulier, par la société General Electric, font le travail quasi-automatiquement. Commencés à Downey et à Bethpage, sur les lieux même de la construction, les essais des modules du vaisseau se poursuivent à Cap Kennedy pendant les six ou sept mois qui précèdent le lancement. Il en est de même des étages de la fusée dont le fonctionnement des moteurs, de surcroît, est vérifié au banc : à Sacramento (Californie) pour le troisième étage S-IVB, au Centre d'Essais du Mississippi, proche de la Nouvelle-Orléans, pour les deux premiers étages S-IC et S-II.



est
essayé dans une chambre de simulation spatiale.



UN PROTOTYPE en essais dynamiques.



Un univers en réduction

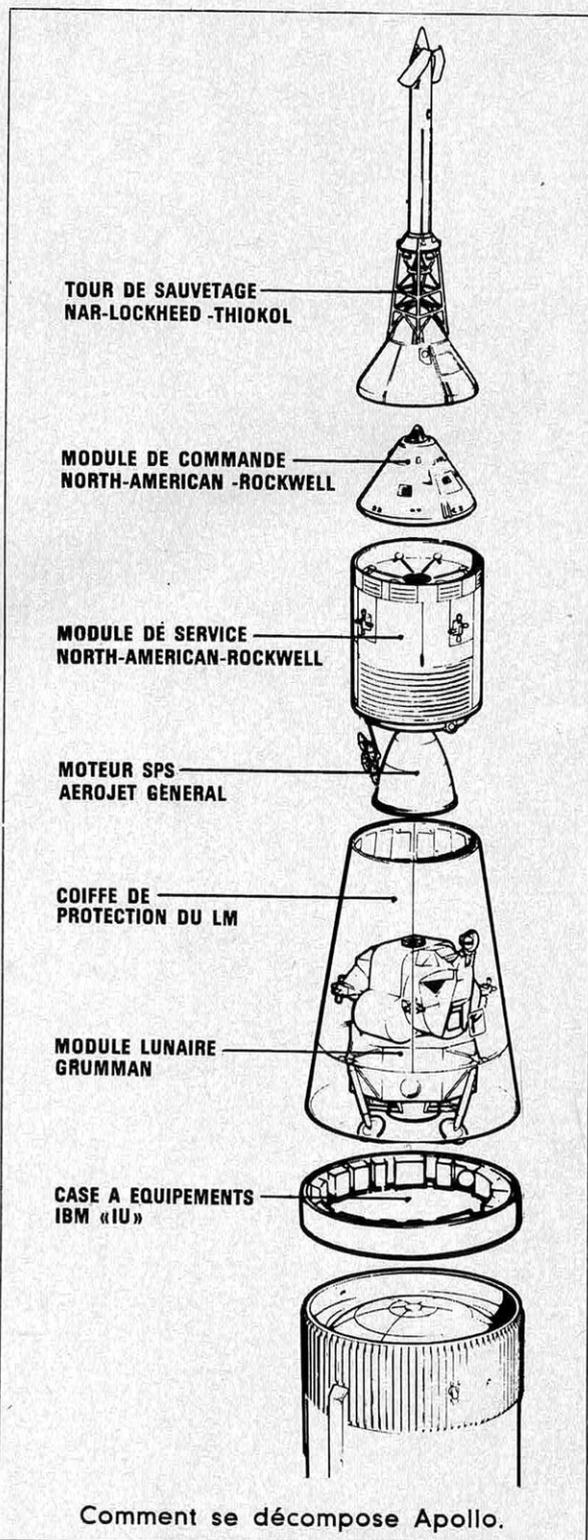
L'intérieur du poste de pilotage d'Apollo.

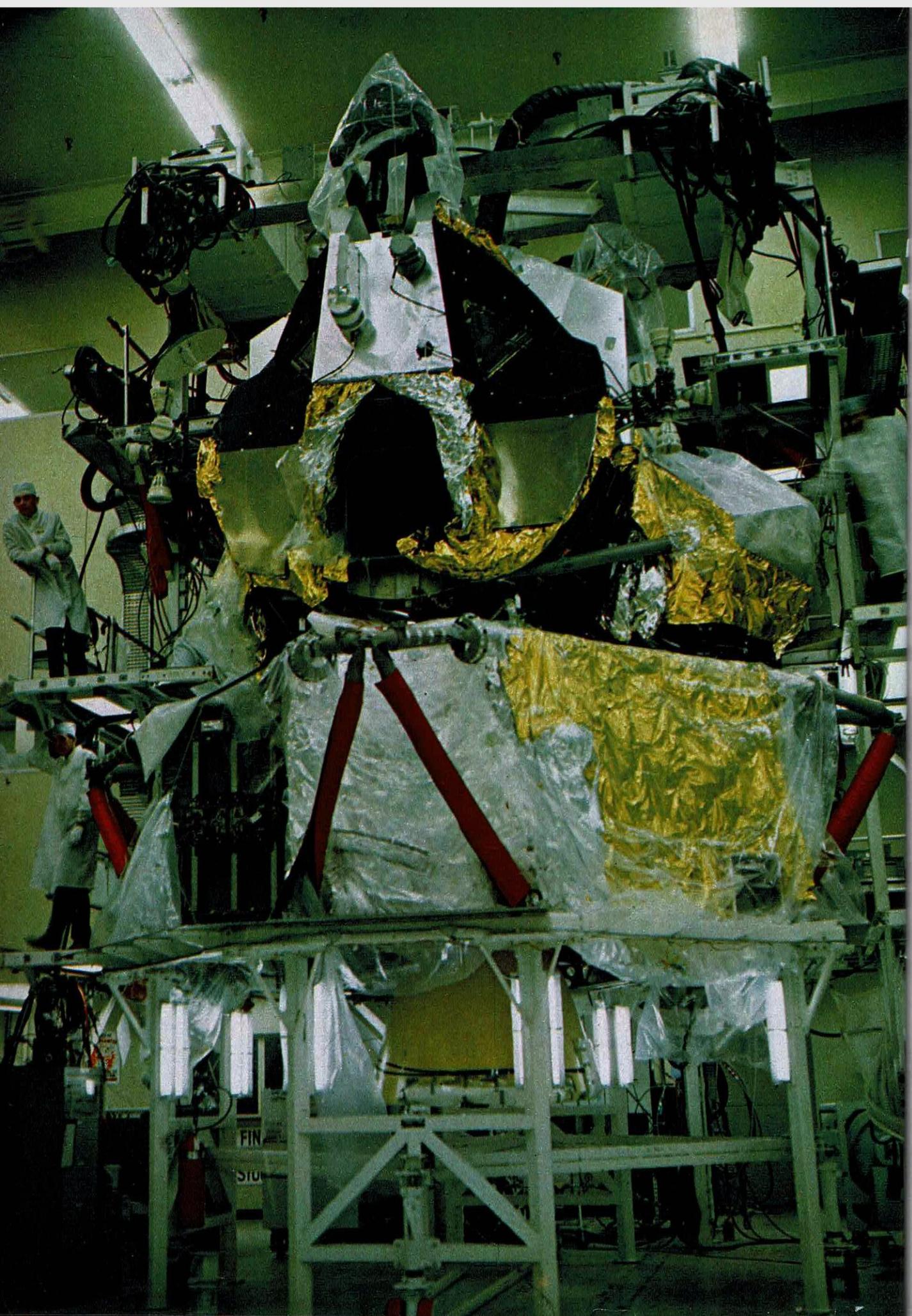
L'homme est à ce point dépendant des conditions qui règnent sur la planète Terre — conditions qui, certes, lui ont permis de s'épanouir — qu'il semble ne pas pouvoir faire un pas sans emporter avec lui un petit morceau de sa planète.

Part-il seulement en voyage d'affaires pour quarante-huit heures qu'il a besoin d'« équipements ». Il s'efforce de les empiler dans ce qu'il appelle une valise. Part-il en expédition dans la jungle ou au pôle Nord, qu'il lui faut emporter des centaines d'accessoires, y compris de quoi se rafraîchir ou se réchauffer.

Partir dans l'espace complique encore le problème car, alors, il lui faut tout emporter. La nourriture et l'eau dont il a besoin, la chaleur qui lui est nécessaire, et jusqu'à l'air sans lequel il ne saurait vivre.

Un jour, le D^r Robert Gilruth, Directeur du Centre des vols spatiaux pilotés de la NASA, à Houston, dut répondre à la question embarrassante d'un journaliste : « Pensez-vous sélectionner des astronautes féminines et envoyer une personne du sexe dit faible à bord d'Apollo ? » Il réfléchit, ennuyé, puis répondit : « Non, nous n'avons pas de plans de ce genre, mais, vous savez, nous avons prévu dans le devis de masse de la cabine quelque 50 kg de ... matériel à usage récréatif ... Alors... » La photo à gauche, prise à l'intérieur du poste de pilotage d'« Apollo », pourrait illustrer l'anecdote. Mais elle a un autre avantage, celui de donner une excellente idée des dimensions de cette cabine, beaucoup plus spacieuse que les « Mercury » et « Gemini ». Une personne de taille normale peut aisément s'y tenir debout et s'y mouvoir (si elle est habituée aux problèmes de l'apesanteur !). Cette vue a été prise depuis l'écouille de la cabine. Elle montre, au premier plan, la couche du pilote du vaisseau, c'est-à-dire Mike Collins dans le cas d'« Apollo » 11. Le lit proprement dit se trouve sous cette couche, « à l'étage en dessous », en quelque sorte... En haut, les principaux panneaux d'instruments. Ce document original nous a aimablement été confié par la société Fairchild Semiconductor qui a fourni d'importants équipements électroniques pour le vaisseau « Apollo ».



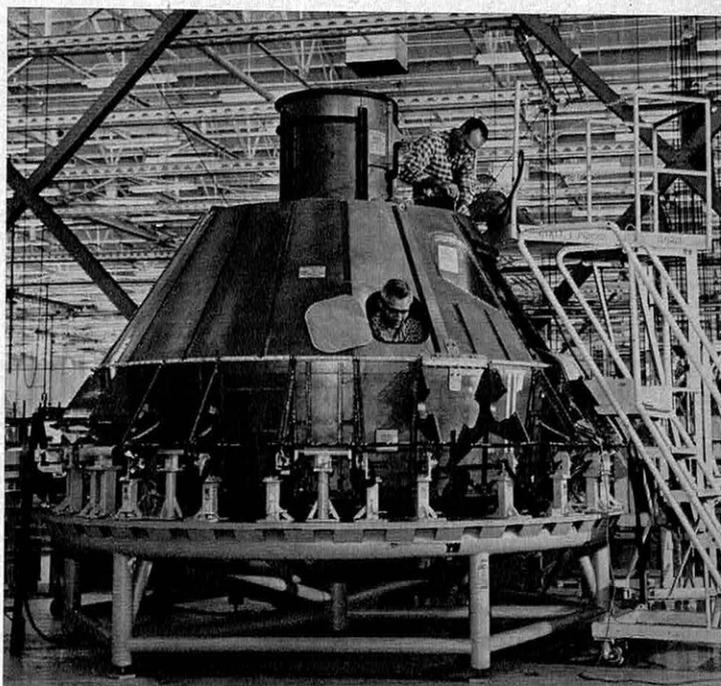


La production la plus propre du monde

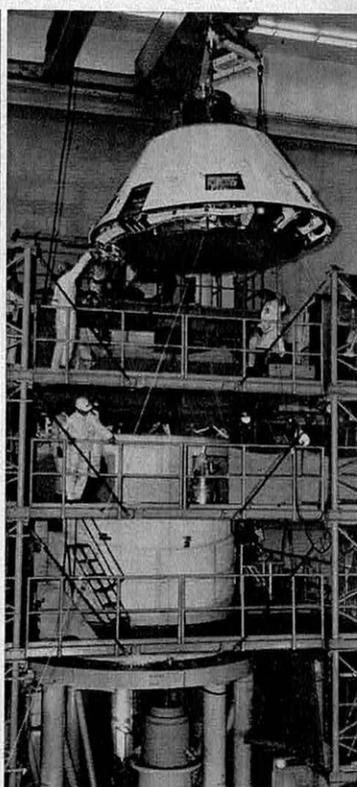
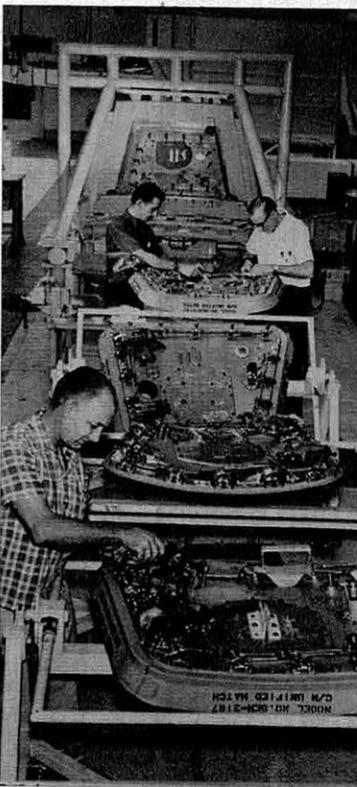
◀ **LE MODULE LUNAIRE D'« APOLLO »**, terminé, est en quelque sorte « démoulé ».

Parce que la moindre impureté, le moindre cheveu, le moindre poil pourraient se traduire par un mauvais fonctionnement des circuits ou des équipements du vaisseau lunaire, voire par la contamination de la Lune, les « Apollo » sont produites dans des salles où la propreté est la règle numéro un. Il est impossible d'y pénétrer sans avoir franchi une série d'obstacles, sans un nettoyage particulièrement poussé des chaussures, sans gants, protèges-têtes, voire masques parfaitement stérilisés. Les salles, l'une chez North American-Rockwell à Downey (dans la banlieue de Los Angeles) pour l'assemblage des modules de commande et de service, l'autre chez Grumman à Bethpage (près de New York) pour l'assemblage des modules lunaires, sont les plus grandes au monde de ce type. Elles sont en surpression, pour rejeter vers l'extérieur les éventuelles impuretés que n'auraient pas retenu le sol et les murs type « papier tue-mouches ». Elles sont parfaitement climatisées, le contrôle de la température et de l'humidité étant un élément essentiel pour la construction des vaisseaux. Ces salles ne sont évidemment utilisées que pour l'assemblage général, les pièces primaires étant usinées et préparées dans des salles plus classiques. La cabine proprement dite, le CM, est formée de deux coquilles, le compartiment intérieur, qui constitue l'habitacle des trois astronautes, et la coquille extérieure, qui forme le bouclier thermique. L'acier, l'aluminium et ses alliages sont les principaux matériaux utilisés.

• Chaque astronaute dispose à bord d'« Apollo » de 2 mètres cubes (contre 1,2 à bord de « Mercury » et 1,5 à bord de « Gemini »). C'est plus que dans une voiture européenne. • Il n'y a qu'une chance sur mille deux cent trente pour qu'une micrométéorite parvienne à percer la paroi du vaisseau pendant le vol. • Les astronautes auraient 15 minutes pour mettre leurs scaphandres autonomes. • La cabine, d'ailleurs, fuit en permanence, en raison de la présence d'une micro-tuyère climatisée qui évacue l'eau et l'urine. • La puissance électrique disponible à bord n'est que 2 000 Watts, pas plus qu'un four électrique.



LE COMPARTIMENT INTERIEUR de la cabine.



A G., LA PRODUCTION DES ECOUTILLES.
A D., L'ASSEMBLAGE DES DEUX MODULES.

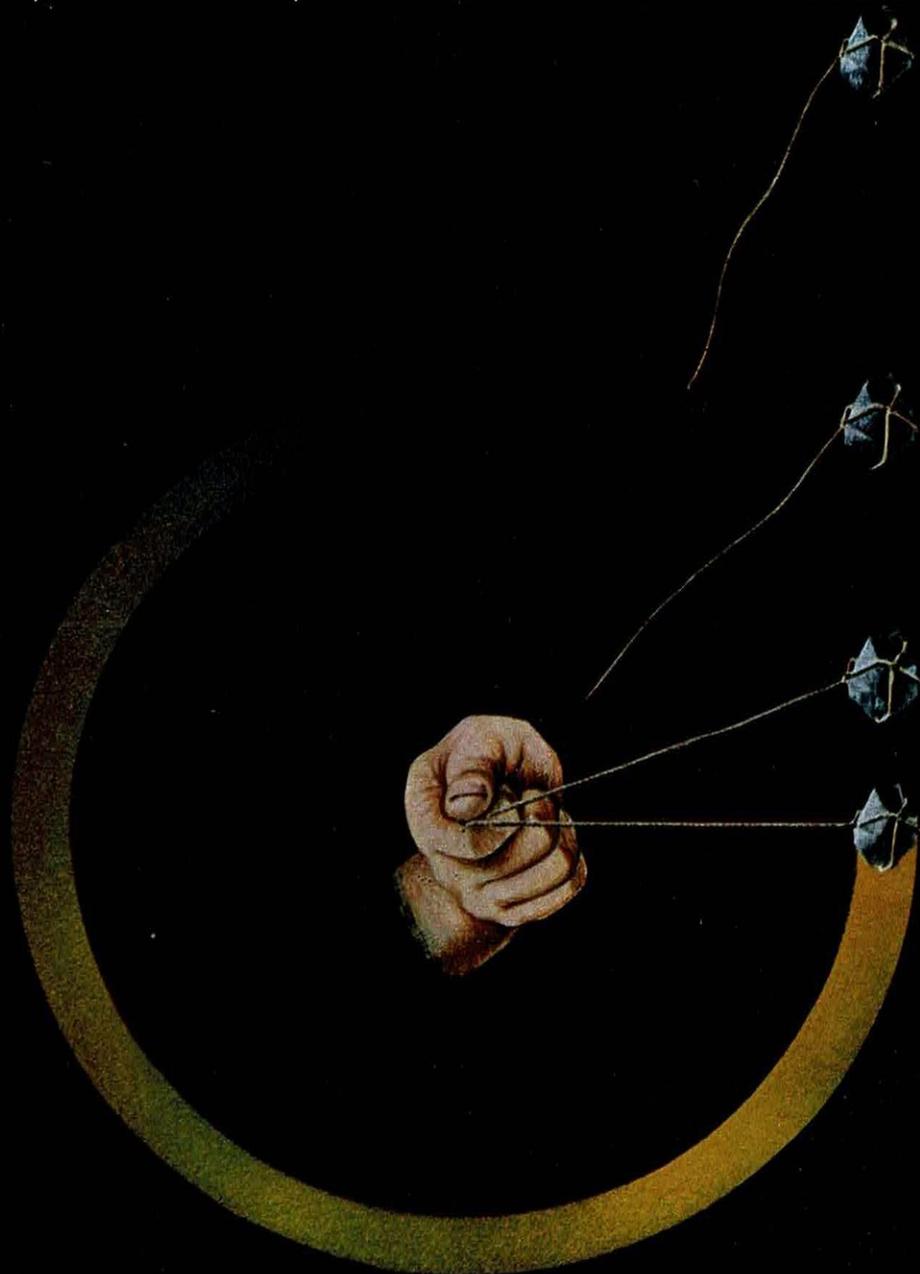


QU'EST-CE QU'UN SATELLITE ?

Tout mobile abandonné à lui-même poursuit sa route en ligne droite : c'est une des lois fondamentales de la dynamique. Autrement dit, tout mouvement autre que rectiligne est un mouvement contrarié. Le satellite qui tourne autour de la Terre ne décrit un cercle que contraint et forcé : si l'attraction gravifique ne le tirait pas vers le bas, tout le temps au cours de son périple il continuerait tout droit sans accorder à la Terre grande attention. Mais, Newton l'a découvert il y a trois siècles, deux corps matériels quelconques s'attirent en raison directe de leurs masses et inversement au carré de leur distance. En ce sens, tout satellite tombe constamment sur la Terre, puisqu'au lieu de s'en éloigner en ligne droite, donc d'augmenter l'écart, il s'en maintient à distance constante ; en un sens, il tombe en rond tout le temps. Cette attraction entre deux masses est comparable à la force qu'exerce

un aimant sur une pièce de fer : les forces d'attraction magnétiques obéissent aux mêmes lois en mm'/r^2 que celles gravifiques. La Terre se comporte comme le ferait un gros aimant qui tirerait toujours à lui ce mobile qui veut continuer tout droit. La force centrifuge n'est autre que la réaction opposée par le corps à cette force qui vient l'empêcher de suivre un chemin linéaire. La pierre qu'on fait tourner au bout d'une ficelle obéit au même schéma : la force qui l'empêche de s'échapper n'est autre que la tension de la ficelle ; que celle-ci casse, et la pierre continue tout droit dans la direction de son mouvement, c'est-à-dire suivant la tangente.

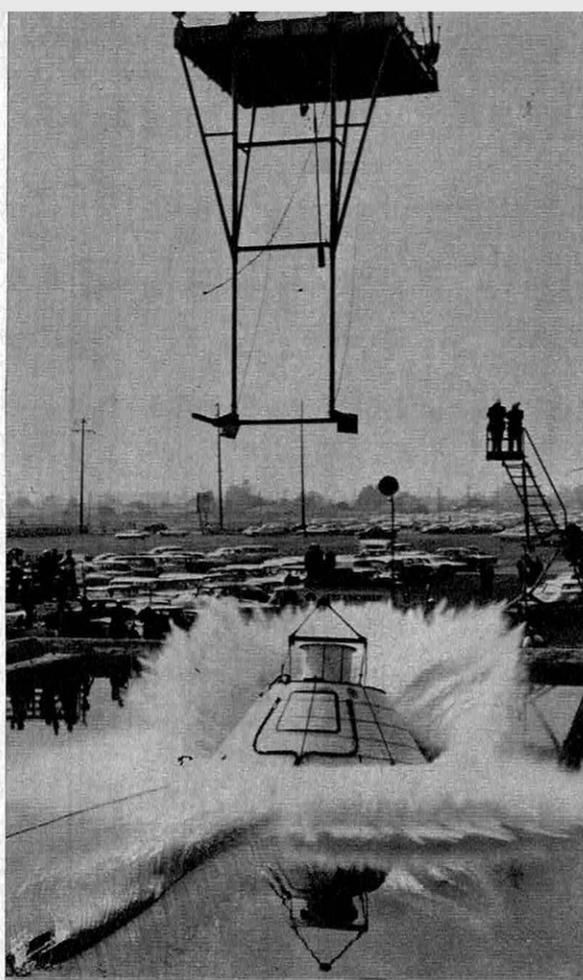
Loi d'équilibre d'un satellite :	$- k \frac{mm'}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$
-------------------------------------	---



Des millions de vérifications

Si la fusée, par sa relative simplicité mécanique, doit subir des mois de contrôle et d'essais, on imagine aisément ce que doit subir le vaisseau, lequel ne comprend pas moins de deux millions de pièces fonctionnelles (contre 3 000 environ pour une grosse automobile), 24 km de câbles électriques (de quoi équiper une cinquantaine de maisons), 50 moteurs fusées (contre 45 pour la fusée seule), 566 interrupteurs, 40 indicateurs, etc. A lui seul, le climatiseur de bord comprend 180 pièces (contre 8 pour un climatiseur domestique). Il est capable de réaliser 23 fonctions (contre 4 pour ceux disponibles dans le commerce). Tout relève d'une technologie extrêmement poussée (« sophistiquée », disent les Américains) et implique des essais extrêmement poussés et permanents. Les essais d'étanchéité et d'isolation thermiques, pour prendre un exemple particulièrement frappant, doivent permettre de vérifier qu'un glaçon placé dans l'un des réservoirs d'hydrogène ou d'oxygène du vaisseau mettrait huit ans et demi pour fondre... Depuis 1961, « Apollo » semble n'avoir été qu'un programme d'essais. Les essais du système de sauvetage, du système de récupération, de l'équilibre thermique ou du bouclier de rentrée, illustrés ici, ne sont que des exemples particulièrement spectaculaires. La majorité des tâches ne le sont pas, mais elles sont indispensables.

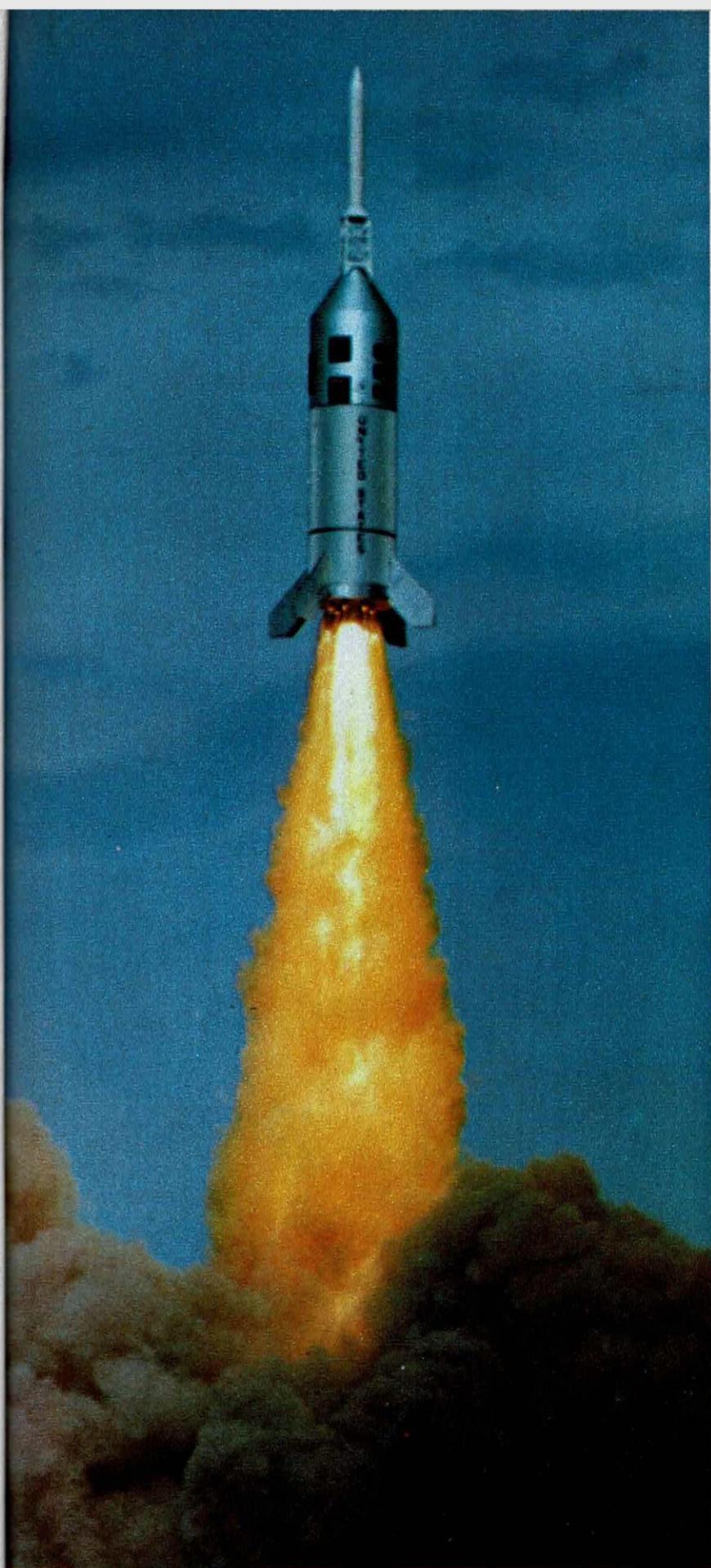
- Lors de la rentrée dans l'atmosphère, l'énergie thermique générée correspond à 86 000 kilowatts-heures, de quoi éclairer tout Los Angeles pendant 104 secondes ou élever toute la population française à un mètre du sol.
- Si les pneus de nos voitures se dégonflaient à la même vitesse que les réservoirs d'« Apollo », il leur faudrait 32 400 000 ans pour être plats.
- Lorsque le vaisseau franchit les dangereuses ceintures de Van Allen, la dose de radiations qu'il reçoit n'excède pas celle reçue lors d'une radiographie dentaire.
- La cabine peut « planer » dans l'atmosphère avec une finesse de 0,35 (cent fois moins bien qu'un planeur).
- En rebondissant sur l'atmosphère lors du retour, la cabine remonte de 15 km vers l'espace avant de redescendre à nouveau.



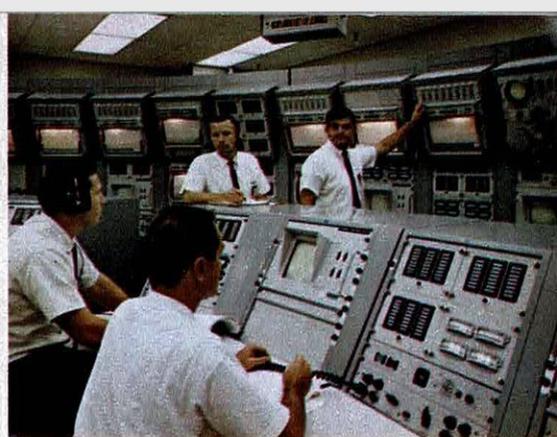
« APOLLO » est un très mauvais bateau.



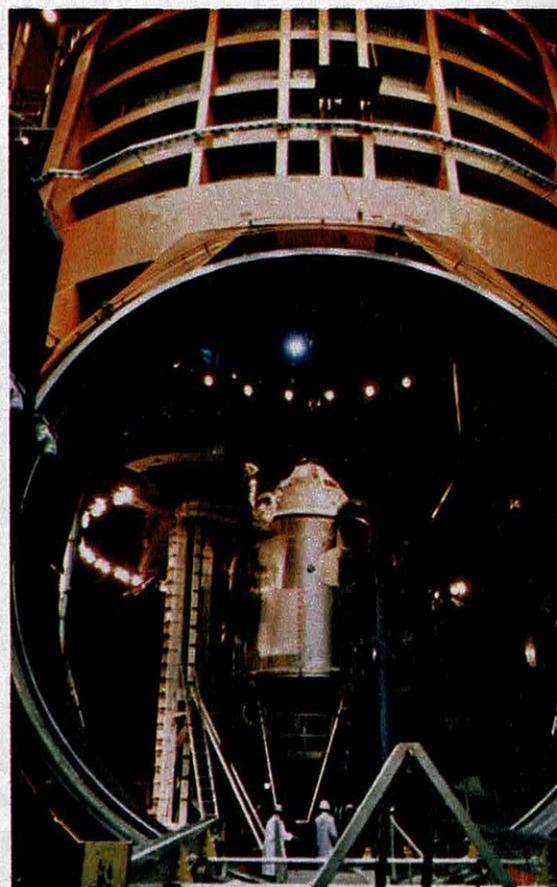
LA RENTREE fut étudiée en soufflerie.



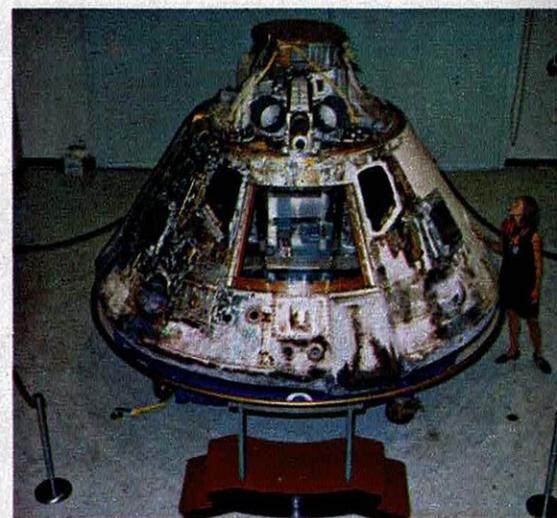
« LITTLE JOE » II a permis d'essayer le vaisseau.



LE CONTROLE EST AUTOMATIQUE.



UN « CSM » en chambre de simulation.



« APOLLO 6 » après sa récupération.

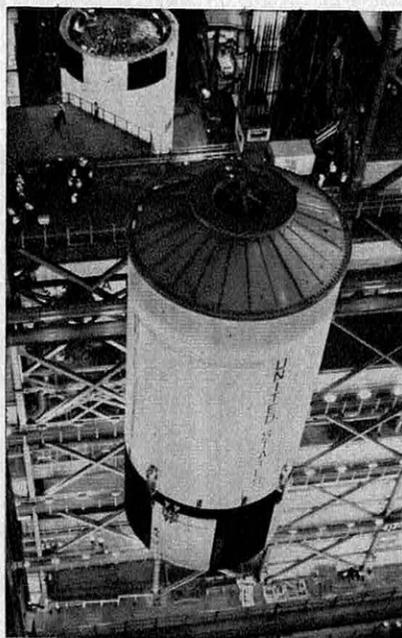
La fusée, enfin, prend forme

L'assemblage des étages de la fusée lunaire « Saturn » V et des différents « modules » du vaisseau « Apollo » s'effectue à MILA, sigle qui signifie « Aire de lancement de Merritt Island » (Merritt Island Launch Area). C'est là, immédiatement au nord-ouest de Cap Kennedy, que la NASA a

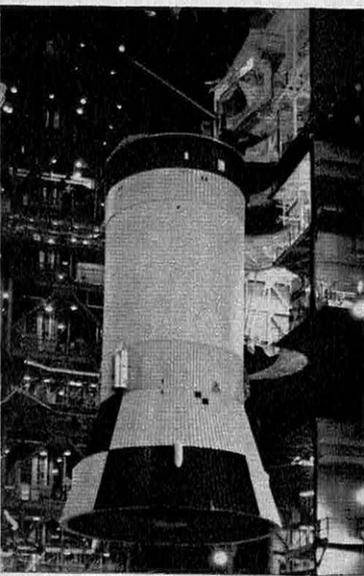
installé son « Port Lunaire ». C'est déjà le principal centre touristique de la Floride. Les étages et modules arrivant par péniche et par avion sont réceptionnés dans les immenses bâtiments spécialisés. Les derniers contrôles et l'assemblage final se font dans le VAB (« Bâtiment d'Assemblage des Véhicules »), le plus grand bâtiment du monde. Le gratte-ciel des Nations Unies, à New York, pourrait passer par l'une de ses quatre portes de 140 mètres de haut. Quatre gigantesques baies permettent, à l'aide de ponts roulants capables de soulever plus de 250 tonnes, d'« empiler » délicatement les uns sur les autres les étages et le vaisseau.



LE PREMIER ETAGE S-IC.



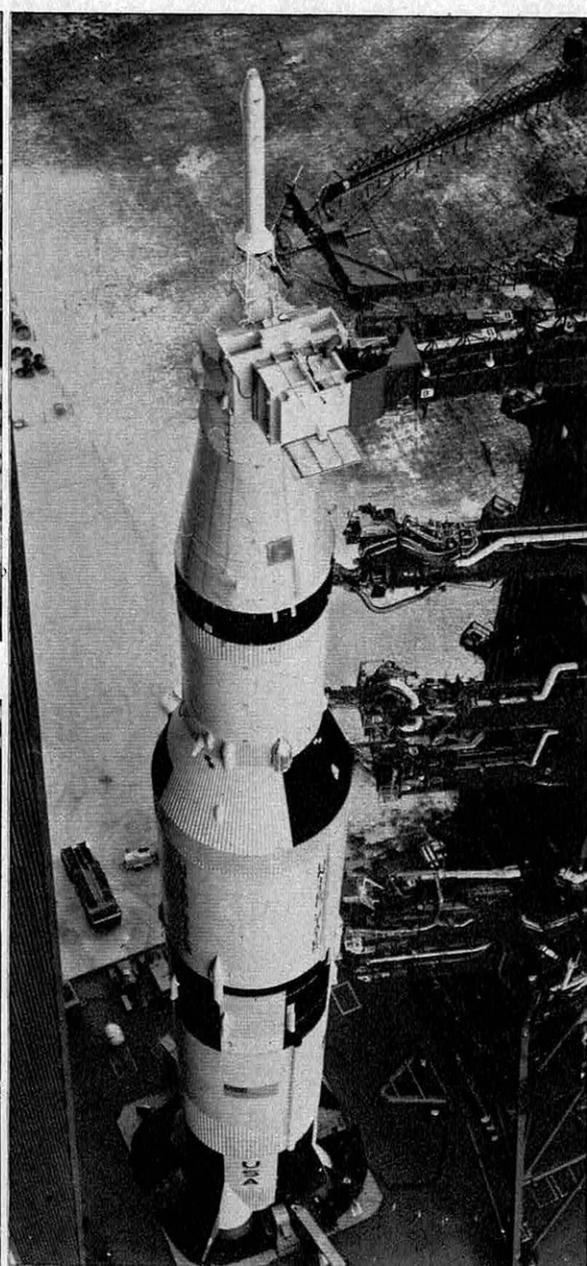
LE DEUXIEME ETAGE S-II.



LE TROISIEME, LE S-IVB.



AUTOUR DU VAISSEAU.



« SATURN V » est complète.

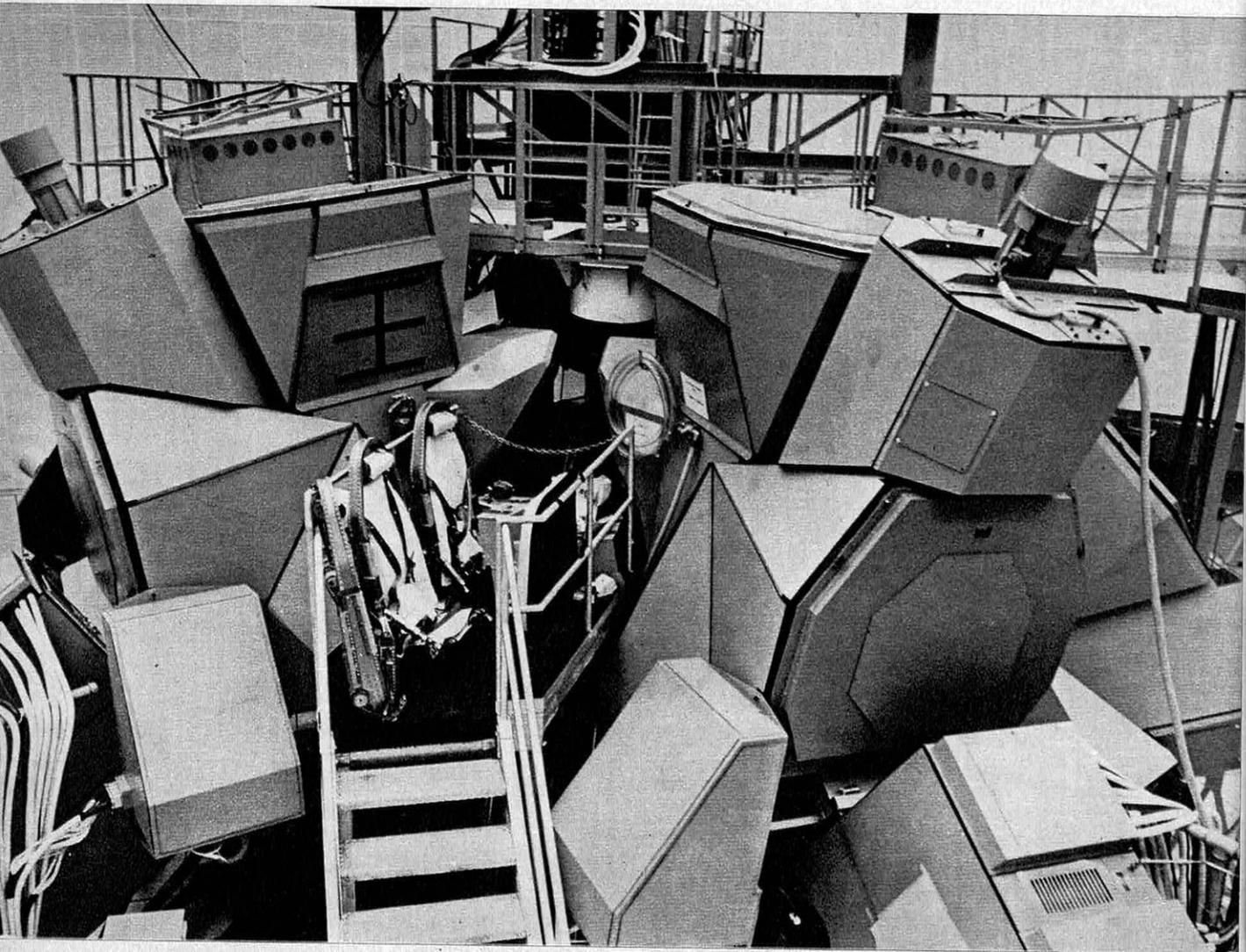


L'ENTRAÎNEMENT DES "APOLLO"

Le temps est révolu où les astronautes devaient se lever à l'aube tous les matins pour aller se livrer à des heures de course à pied et d'exercices sur les plages de Cap Canaveral ou dans le gymnase plus ou moins bien aménagé de la base. Une nouvelle race d'astronautes a été « mise en service ». On les appelle quelquefois les « apollonautes ». Leurs têtes sont devenues plus importantes que leurs jambes... Leur expérience du vol spatial, au moins pour les premières missions lunaires, est indispensable.

Il demeure, certes, nécessaire que la santé des astronautes soit parfaite. Les dernières visites médicales, quatre jours avant le départ et le matin même du lancement, durent respectivement quatre heures et une demi-heure. Mais le fait que John Young, le pilote d'« Apollo » 10, fume la pipe, ne l'a pas empêché de franchir l'étape médicale avec succès. Beaucoup plus important est le fait qu'il n'est plus possible, désormais, de remplacer un astronaute à la dernière minute.

Lors du tout premier vol américain dans



Vu de l'extérieur, cette chose monstrueuse ne ressemble pas à une cabine « Apollo ». C'en est pourtant une, destinée à la simulation. Des systèmes optiques permettent de

projeter sur les hublots les vues qu'auront les astronautes au cours de leur vol. Des batteries de machines électroniques permettent de déclencher des pannes inattendues...

OLLONAUTES"

Il est destiné à une "partie de plaisir"

l'espace, le 5 mai 1961, nous avons appris qu'à la dernière minute qui, de Glenn ou de Shepard, prendrait place à bord de la capsule « Freedom » 7. Ce fut Shepard. Lors du programme « Gemini », encore, l'équipage de rechange pouvait se substituer à l'équipage principal jusqu'à la dernière minute. Il n'en est plus question. Les équipages « Apollo » sont formés de neuf personnes : l'équipage principal, l'équipage de rechange (ou de secours) et l'équipage de support. Ce dernier a la tâche particulièrement in-

grate de défricher les problèmes, de faciliter le travail des autres équipes. Cet équipage de support est toujours formé d'astronautes « bizuths » qui profitent de cette affectation pour se familiariser avec tous les aspects du programme, tous les matériels qu'ils auront ultérieurement à utiliser. Ils mènent à bien les premiers essais des vaisseaux, surveillent les productions, résument pour l'équipage de secours les milliers de pages de rapports techniques, l'équipage de secours résumant encore le tout pour l'équipage principal. →



Neil A. Armstrong réalise qu'il n'est pas si facile de nager en combinaison spatiale. Or, c'est une chose qui pourrait être nécessaire. Car, si les retours sur la terre se

sont presque toujours effectués dans des circonstances normales, il faut quand même prévoir l'imprévisible.



Tout au long des préparatifs, les équipages restent interchangeables. Les deux premiers suivent exactement les mêmes circuits. Ainsi Michael Collins, qui aurait dû accompagner Frank Borman et William Anders autour de la Lune lors d'« Apollo » 8, avait pu être remplacé par James Lovell lorsqu'il dut subir une intervention chirurgicale. Mais cette « interchangeabilité » cesse quinze jours avant le lancement. Il n'est plus possible alors, le compte à rebours final étant en cours, de procéder aux répétitions avec deux équipages. Il n'y a qu'une fusée et qu'un vaisseau. En cas d'indisponibilité de l'un des membres de l'équipage, la mission doit être reportée. Dans le cas d'un vol lunaire, elle doit être reportée jusqu'à la prochaine fenêtre, le mois suivant. Lors du mois

précédant le lancement, l'activité des astronautes est telle que les médecins s'en sont souvent plaint : l'équipage travaille trop, ne dort pas assez, et part dans l'espace fatigué et sensible au moindre microbe. Les premiers vols du programme, qui avaient fait baptiser le vaisseau « Apollo » l'« infirmerie spatiale », ont prouvé que les docteurs avaient raison et que le programme de « révision » de la mission de « bachotage » de dernière minute, devait être revu.

Mais les astronautes ne sont plus alors que l'un des cinq millions de composants qu'il faut vérifier avant le départ. Ils sont intégrés au compte à rebours comme le remplissage des réservoirs ou comme le contrôle des piles à combustible. Il faut surtout qu'ils fassent partie intégrante de



3

1 Le sergent Duggan, instructeur de l'U.S. Air Force, apprend ici aux astronautes Jack R. Lousma (à g.) et William R. Pogue comment se fabriquer avec un parachute un vêtement de survie dans le désert.

2 L'astronaute Gerald P. Carr apprend ici à économiser sa réserve d'eau au cours d'un exercice de survie réalisé près de Pasco.

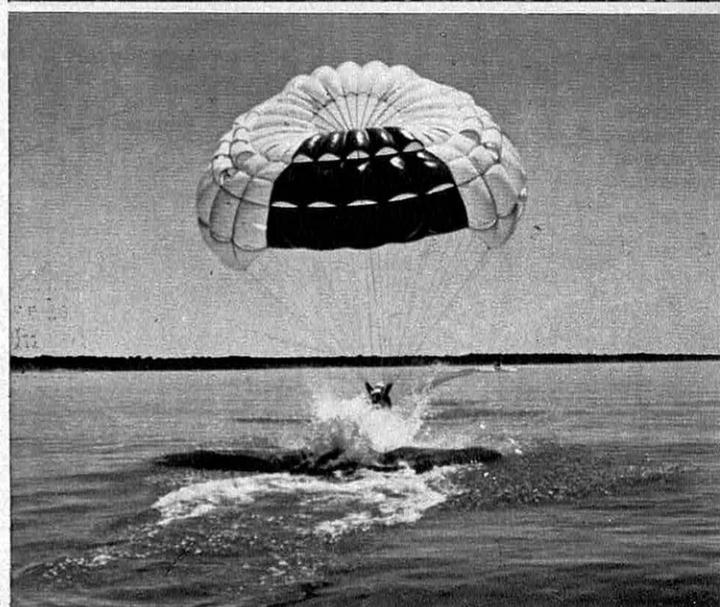
3 Cette tribu n'a pas été photographiée dans le Sahara, mais dans le désert du Nevada, près de la base aérienne de Stead, où les astronautes suivent des cours et un entraînement sévère de survie en désert.

4 Michael Collins (au second plan), le pilote du module de commande d'« Apollo » 11, et William A. Anders (« Apollo » 8) essaient ici de survivre dans la jungle du Canal de Panama au cours d'un exercice. La survie en jungle, dans le désert et sur l'eau sont des aspects essentiels de l'entraînement, car c'est sur Terre que sont les plus grands dangers du vol lunaire : les astronautes pourraient être amenés à atterrir dans des zones dangereuses.

5 Le parachutisme fait partie de l'entraînement. Cet astronaute se pose sur le lac Tescoma, près de la base Perrin (Texas).



4



5

leur vaisseau, qu'ils aient l'impression de n'avoir jamais vécu qu'à bord de l'engin, qu'ils n'hésitent pas un millième de seconde pour lire tel cadran ou trouver tel interrupteur. Et puis, un peu sadiquement, il faut leur donner l'impression que la mission proprement dite, comparée à l'entraînement, n'est plus qu'une partie de plaisir... De physique, le problème est devenu intellectuel et psychologique.

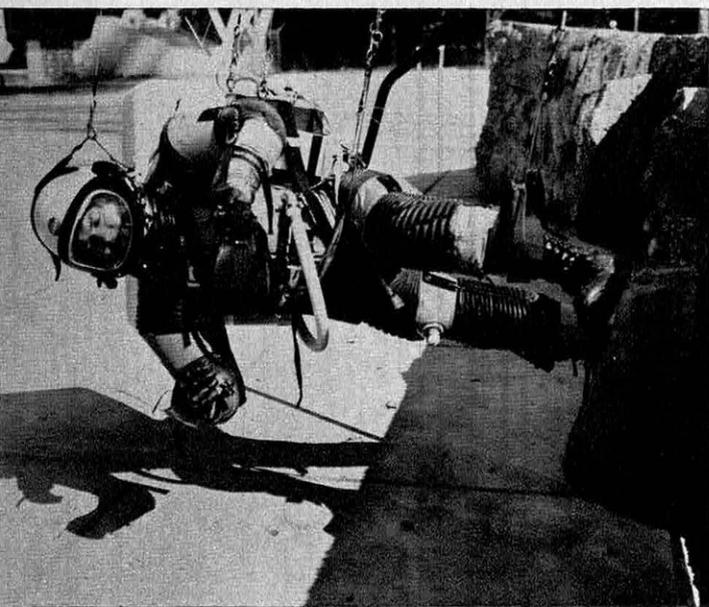
Mais, avant d'en arriver là, l'« apollonaute » doit avoir acquis une impressionnante formation de base, que nous illustrons dans ces pages. Depuis leur sélection en 1959, des astronautes comme Shepard ou Cooper ont dû accumuler plus de 12 000 heures d'entraînement. Pour tout nouvel astronaute, toutefois, le programme de base n'excède pas 2 000 heures, dont 600 de

simulation, 250 de vérification des équipements et explications, 200 d'étude du vaisseau, 200 pour les expériences scientifiques, 200 pour l'étude des missions et 200 pour les exercices physiques.

Ces derniers, en raison de l'excès de travail intellectuel, doivent souvent se résumer à un tour quotidien, généralement à l'heure du déjeuner, aux gymnases désormais fort bien équipés de Houston et de Cap Kennedy.

L'entraînement en vol demeure obligatoire, même pour les savants recrutés ces dernières années et à qui on demande d'être capables de ramener à Terre, en cas de besoin, un vaisseau cosmique.

Jacques TIZION



1



3



2

- 1 Marcher sur la Lune, où la pesanteur n'est que le sixième de celle de notre Terre, ne sera pas aussi facile qu'il semble. C'est un problème qui a dû lui aussi faire l'objet de recherches et d'entraînements. Ici, l'astronaute est suspendu à des câbles inclinés de façon à ce que la composante exercée à l'horizontale sur la fausse surface lunaire corresponde à la gravité sur notre satellite.
- 2 C'est avec ces « lits-cages volants », le « LLTV » et le « LM Simulator », que les astronautes se sont entraînés à l'alunissage. Le premier compense les 5/6^e de la gravité terrestre à l'aide d'un réacteur, le second à l'aide de câbles qui le relie à un pont roulant. Le sixième restant, correspondant à la pesanteur lunaire, est assuré par des moteurs fusées à poussée variable.
- 3 C'est un faux sol lunaire, mais c'est le vrai pied... C'est effectivement celui de Neil Armstrong, s'entraînant à Houston. Même le premier pas sur la Lune doit être répété... Le pied droit est dans la base du train d'alunissage de la navette.
- 4 Sur le « terrain lunaire » reconstitué au Centre spatial de Houston, Neil A. Armstrong (Hasselblad sur la poitrine) achève de mettre en place la grande antenne (bande S).



LEUR ÉQUIPEMENT PHOTO

Hasselblad SWC et 500 EL ; objectif Zeiss Planar et Sonnar ; caméra Maurer 16 mm ; cellule Minolta Space Meter ; émulsions Kodak Panatomic, Recording, Aéro, Ektachrome et infrarouge ; tv Westinghouse noir et blanc et couleur et RCA noir et blanc.

Parmi les multiples missions d'« Apollo » 11, une place importante a été réservée aux prises de vues photographiques et télévisées. Elles constituent en effet les moyens les plus complets de transmettre à la Terre des informations globales précises sur les diverses phases du vol, les opérations de débarquement, les sites lunaires, et constituent ainsi l'essentiel du programme purement scientifique de l'expédition. La mise au point du matériel nécessaire a posé des problèmes complexes résultant des conditions de vie et de travail dans l'espace et qui n'ont pu être résolus que très progressivement, notamment lors des vols « Lunar Orbiter », « Surveyor » et « Apollo » 8, 9 et 10.

Lorsqu'on retrace les principales étapes qui ont conduit les spécialistes à concevoir le matériel d'avant-garde confié aux cosmonautes d'« Apollo » 11, on est toujours un peu surpris de constater que, dans les premières années de l'astronautique, la NASA ne semblait même pas se préoccuper des problèmes photographiques.

Ce n'est qu'au début de 1962 qu'un premier appareil fut emporté à bord d'un engin spatial : il ne s'agissait alors que d'un 24 x 36 ordinaire Minolta. C'est cette même année que, les premiers, Gordon Cooper, un passionné de photographie, et Walter Schirra pensèrent véritablement à rechercher un matériel de prise de vues adapté aux vols spatiaux. A l'époque, la NASA n'avait pas de service photographique pouvant mettre des appareils et des experts à la disposition des astronautes. Cooper et Schirra recherchèrent donc l'appareil susceptible de satisfaire à leurs exigences et portèrent leur choix sur un Hasselblad 500 C. Ils l'achetèrent dans un magasin de Houston, puis ils le débarrassèrent de son habillage de cuir afin de l'alléger et le peignirent en noir en vue d'éliminer toute réflexion de lumière. Ce fut Schirra qui,

lors du vol « Mercury » MA8 d'octobre 1962, l'utilisa. Depuis, la NASA a chargé directement la maison suédoise Victor Hasselblad de l'étude des matériels de l'espace. C'est ainsi qu'après de multiples transformations, divers modèles de cette marque sont devenus les appareils des programmes « Apollo ».

Les bancs d'essai les plus sévères

Un premier appareil a été réalisé à partir d'un Hasselblad SWC qui fut doté d'un magasin pour film de 70 mm, d'une manivelle d'avancement et d'armement amplement dimensionnée et d'un grand viseur à hauteur d'œil afin de faciliter le travail aux astronautes revêtus de leur épaisse combinaison spatiale et du casque à visière protectrice. Mais un problème, mis en évidence lors de plusieurs vols autour de la terre, restait à résoudre : en raison de la très grande vitesse de déplacement de la cabine et de la gêne résultant de leurs combinaisons, les astronautes n'avaient pas toujours le temps de photographier tous ce qui leur était demandé.

Les spécialistes en vinrent ainsi à modifier un appareil 500 EL, modèle apprécié des photographes en raison de son moteur entraînant automatiquement la pellicule. Cet Hasselblad fut anodisé en noir et doté d'un viseur spécial pour remplacer le miroir et le verre dépoli qui furent enlevés. Les organes de commande de l'appareil furent conçus de manière à pouvoir être aisément manipulés par des astronautes portant des gants épais. Le verrouillage du magasin fut renforcé et les couronnes de réglage de l'objectif dotées de manettes permettant de les tourner plus facilement pour faire la mise au point, modifier la vitesse d'obturation et l'ouverture du diaphragme. Le bouton de déclenchement fut remplacé par une touche de grande dimension. Le moteur électrique de l'appareil reçut deux accumulateurs rechargeables dont la capacité devait permettre de prendre 2 000 vues sans interruption.

Une des photos les plus étonnantes de l'expédition « Apollo » 8 : un clair de Terre sur la Lune. Aujourd'hui, un document inouï, demain, une carte postale banale...



Chaque pièce détachée fit l'objet de recherches et d'essais poussés afin de satisfaire aux exigences de la NASA. Celle-ci avait demandé en particulier que tous les composants électriques soient de haute fiabilité et capables de résister à des conditions bien plus dures que celles régnant à bord des cabines « Apollo ».

Avant que la NASA n'adopte un appareil photographique, celui-ci est soumis à des contrôles très sévères appelés « Qualification Tests ». Les épreuves comprennent des essais de résistance aux vibrations, aux accélérations, au vide, à l'atmosphère d'oxygène et à l'humidité. Ce dernier test, dont la durée est assez longue, se déroule dans une humidité relative constante de 95 pour cent et en faisant varier la température.

Les Hasselblad 500 EL furent utilisés pour la première fois sur « Apollo » 8. A bord, se trouvaient deux modèles équipés d'objectifs normaux Zeiss Planar 2,8/80 mm, d'un téléobjectif Sonnar 5,6/250 mm et de sept magasins interchangeables pour film de 70 mm.

Malgré leurs perfectionnements, il apparut que ces appareils risquaient encore de ne pas être utilisés correctement. Chacun d'eux, en effet, pouvait à volonté être fixé sur des supports, tenus à la main, ou même flotter à l'intérieur de la cabine en état d'apesanteur. Les astronautes qui les employaient devaient en outre surveiller les instruments de bord, assurer les liaisons radio avec la Terre, utiliser le système de télévision. Aussi, malgré les temps de repos, la fatigue eut-elle parfois raison de leur résistance. Ainsi, lors de la neuvième orbite lunaire, Anders s'endormit, épuisé, après avoir branché son appareil pour qu'il puisse fonctionner automatiquement. L'ouverture du diaphragme avait été réglée à 1:2,8 alors que, selon les moments, des ouvertures de 1:1,6 et de 1:5,6 auraient été nécessaires. A un autre instant, Anders se trompa d'émulsion en chargeant la caméra. Ses expositions se trouvèrent fausses de dix diaphragmes. Fort heureusement, dans les deux cas, le laboratoire de la NASA put sauver le film après mise au point d'un traitement spécial.

Tout ceci incita la NASA, pour les vols « Apollo » 9, 10 et 11, à demander une plus grande automatisation des appareils. C'est ainsi que sur « Apollo » 9 fut emporté, notamment, un nouveau dispositif appelé « Hasselblad in cluster ». Il s'agissait de quatre appareils 500 EL avec magasin de 70 mm montés ensemble et synchronisés. Tous prenaient ainsi au même moment une



L'appareil grand angulaire SWC, avec pinnule à fils croisés, en version spatiale (à gauche) et en version normale (à droite). Comme tous les appareils utilisés dans les expéditions « Apollo », ils sont équipés d'objectifs Carl Zeiss, fabriqués en Allemagne Fédérale.

vue de la Terre, mais l'image enregistrée par chacun d'eux l'était sous un rayonnement différent, grâce à un filtrage et à l'emploi de films spéciaux.

Des impératifs similaires présidèrent aux études des autres matériels de prises de vues et des émulsions du programme « Apollo ».

Pour le cinéma, c'est la société Maurer à Long Island qui fut chargée de réaliser une caméra spéciale 16 mm, légère et robuste. Elle comporte en particulier des fréquences lentes de douze et six images/seconde permettant de filmer facilement le sol lunaire sans consommation excessive de pellicule.

Une cellule raffinée

Il n'est pas jusqu'aux accessoires qui aient dû faire l'objet d'études spéciales. C'est le cas de la cellule Space Meter Minolta conçue pour les vols « Apollo ». Ce posemètre a été réalisé à partir d'un modèle amateur, l'Autospot 1^{er}. Pour éliminer les risques éventuels d'incendie, tous les matériaux utilisés furent scrupuleusement choisis et testés. Les fils ont été recouverts de teflon pour éviter tous courts-circuits possibles. Les parties peintes furent soumises à une température élevée et à une pression intense pour éliminer l'éventualité d'émission de gaz à haute température ou sous vide. Toutes les pièces électroniques, telles que transistors et diodes, subirent des tests d'endurance afin de vérifier leur fiabilité dans les circonstances du vol. Le circuit imprimé de la cellule fut testé pour juger de l'effet des interférences électro-magnétiques sur sa fidélité. Tous les transistors, diodes et le compartiment de la pile ont été hermétiquement scellés. Le poids du matériel qui peut être emporté lors d'un vol dans l'espace est toujours très limité. Aussi, le boîtier de la cellule Space Meter a-t-il été sculpté dans un bloc d'aluminium. Son poids a encore été



Le Hasselblad 500 EL dans la version modifiée conformément aux spécifications de la NASA (à gauche) et dans sa version commerciale (à droite).



diminué par le percement de trous judicieusement disposés.

En vue d'une utilisation sur le sol lunaire, l'oculaire de la cellule Space Meter peut être équipé d'un dispositif d'extension permettant une visée à 15 cm de l'œil. Ainsi, malgré son casque et sa visière, l'astronaute conserve la possibilité de mesurer la durée d'exposition utile.

Tournons-nous maintenant vers les émulsions nécessaires à un programme comme celui d'« Apollo » 11. Les conditions de prises de vues changent dans des limites extrêmes. Sur le sol lunaire, par exemple, l'éclaircissement varie de 0,7 à 140 000 lux lorsqu'on passe de la nuit au jour. Déjà, pour opérer dans ces circonstances extrêmes ou pour photographier dans la cabine spatiale on imagine qu'il faille plusieurs sortes d'émulsions. En fait, cette diversification doit être encore plus large dans la mesure où des résultats différents sont désirés (par exemple : noir et blanc, couleur, infrarouge).

De plus, pour chaque type de film les responsables des programmes cherchent à disposer du maximum de vues dans les magasins. Ces considérations, auxquelles se sont ajoutées la nécessité d'employer des pellicules de stabilité et de résistance maximales, ont conduit la société Kodak, chargée de la fourniture des émulsions, à les fabriquer sur support Estar. Cette matière voisine du polyester leur a donné une résistance mécanique suffisante malgré une importante réduction de l'épaisseur à 6/100 mm. Elle a permis en outre de doubler le nombre de vues emportées.

Tous les films des vols « Apollo » sont en 16 mm. pour le cinéma et en 70 mm pour la photographie :

— Kodak Ektachrome SO-168 pour lumière du jour, de 160 ASA, pouvant être poussé jusqu'à 1 200 ASA au développement par modification du bain.

— Kodak Ektachrome Inversible SO-368 pour lumière du jour, de 64 ASA, pouvant

être poussé jusqu'à 640 ASA au développement par modification du bain.

— Kodak Aéro SO-121, spécial pour lumière du jour. Cette émulsion inversible à haute définition et à grain très fin est conçue spécifiquement pour la reconnaissance aérienne à haute altitude. Sa sensibilité atteint seulement 6 ASA.

— Kodak Panatomic-X Aéro 3400 comportant une couche dorsale noire chromatisée jusqu'à 710 nanomètres.

— Kodak Recording 2585 dont on connaît l'extrême sensibilité qui va de 6 000 ASA à 16 000 ASA selon le traitement.

— Kodak Aéro Infrarouge SO-246, noir et blanc pour la prise de vue photographique infrarouge.

— Kodak Ektachrome Aéro Infrarouge SO-180, émulsion photographique en couleur traduisant notamment l'infrarouge en rouge.

La TV modèle "lunaire"

Si la photo et le cinéma sont essentiellement destinés à permettre aux premiers hommes mettant le pied sur la Lune de rapporter sur Terre une ample moisson de documents qui seront exploités sur le plan scientifique, l'information au jour le jour, elle, ne peut être obtenue que par les techniques télévisées. Dans ce domaine, plus que dans celui de la photo, il fallait innover, car le matériel traditionnel de télévision est beaucoup trop encombrant et fragile. La NASA chargea donc la firme américaine Westinghouse de mettre au point une caméra spéciale, miniaturisée, capable de donner satisfaction aussi bien durant les phases de vol que sur la Lune après le débarquement. En fait, Westinghouse a réalisé deux caméras, d'allure assez semblables, mais destinées l'une au noir et blanc, l'autre à la couleur. En utilisant plus de 80 pour cent d'ensembles modulaires dans leurs circuits, il a été possible de limiter le poids de ces appareils à moins

de 3,3 kg (objectifs compris) en ce qui concerne le modèle noir et blanc et à moins de 6,5 kg pour le modèle couleur. Dès la fin de 1968 la caméra destinée au noir et blanc était prête. Pour répondre aux exigences de la NASA, elle a été conçue avec une capacité de résistance élevée, supportant les vibrations d'une fusée jusqu'à 2 000 Hz, les chocs des phases de lancement, d'atterrissage lunaire, d'amerrissage, les embruns marins et des différences de pression s'échelonnant de 0 à 10^{-14} mm de mercure. Cette caméra résiste également aux bombardements des météorites, à une atmosphère d'oxygène pur, aux rayonnements cosmiques et aux variations de températures entre +120 et -185 °C telles qu'elles règnent sur la Lune entre le jour et la nuit. Les problèmes de température se sont d'ailleurs posés aux constructeurs avec une acuité particulière. La plupart des composants électroniques et les verres optiques, en effet, risquaient fort de ne pas survivre longtemps à des écarts de température élevés. Pour que la caméra n'ait pas à les supporter, un système de refroidissement par convection a été réalisé. Celui-ci possède au surplus l'avantage d'autoriser un gain de poids et d'être d'une fiabilité parfaite.

Deux fréquences de balayage

Deux fréquences de balayage ont été choisies, 320 et 1 280 lignes. La première est destinée aux stations terrestres. Après conversion, ces signaux peuvent être captés par tous les réseaux du monde. La largeur de la bande de télévision est de 500 kHz et les prises de vues sont prévues à dix images/seconde, cadence suffisante compte tenu de la lenteur des mouvements des hommes dans l'espace. La fréquence de 1 280 lignes est réservée à la transmission des images d'intérêt scientifique. La cadence de prises de vues n'est plus ici que de cinq à six images/s.

Pour obtenir un fonctionnement dans les cas de très faible éclaircissement (les prises de vues sont possibles dans la nuit lunaire), Westinghouse a dû créer un nouveau tube de télévision, le SEC (Secondary Emission Conduction), car le tube Vidicon traditionnel s'avérait trop peu sensible et le tube Orthicon trop encombrant et trop grand consommateur d'énergie.

La caméra est alimentée directement par les sources de la capsule « Apollo » en 28 volts continus. Les câbles spéciaux des raccordements électriques sont capables de ré-

sister aussi bien dans le vide spatial que dans l'humidité saline lors de l'amerrissage de retour ou même dans une atmosphère explosive. 30 mètres de câble sont prévus pour permettre la liaison entre le LEM et la caméra lorsque celle-ci sera transportée sur le sol lunaire.

Le fait que la caméra Westinghouse soit désormais capable de fournir des images en couleur pourrait faire oublier la présence, à bord d'« Apollo » 11, d'une autre caméra de télévision. C'est la caméra RCA, une habituée des vols « Apollo » puisqu'elle était à bord de tous les vaisseaux pilotés du programme. Elle pourra pallier toute défaillance du matériel couleur. Sa fréquence de balayage est de 320 lignes, la cadence de prises de vues de 10 images/s. Elle pèse moins de 2 kg sur la Terre, soit 330 grammes sur la Lune !...

Télévision en couleur

A peine prête, cette caméra est apparue comme une réalisation intermédiaire. Il est probable en effet qu'elle cédera sa place au modèle couleur qui a vu le jour il y a quelques semaines et qui fut embarqué pour la première fois sur « Apollo » 10. Cette nouvelle caméra comporte d'ailleurs de nombreux points communs avec la précédente. C'est ainsi en particulier que le tube noir et blanc SEC est le même. La couleur est obtenue par une astuce technique qui était déjà connue sous la désignation de système à champ séquentiel de la C.B.S. : un disque comportant des filtres aux couleurs primaires, rouge, bleu et vert, tourne devant le tube à 600 tr/mn (en fait, le disque comporte six secteurs groupant deux fois le jeu de trois filtres). La caméra enregistre donc successivement les images correspondant à chacun de ces filtres. Transmises à Terre, ces trois images successives sont superposées pour reconstituer une image couleur (ou une image noir et blanc) qui est ainsi retransmise en mondovision.

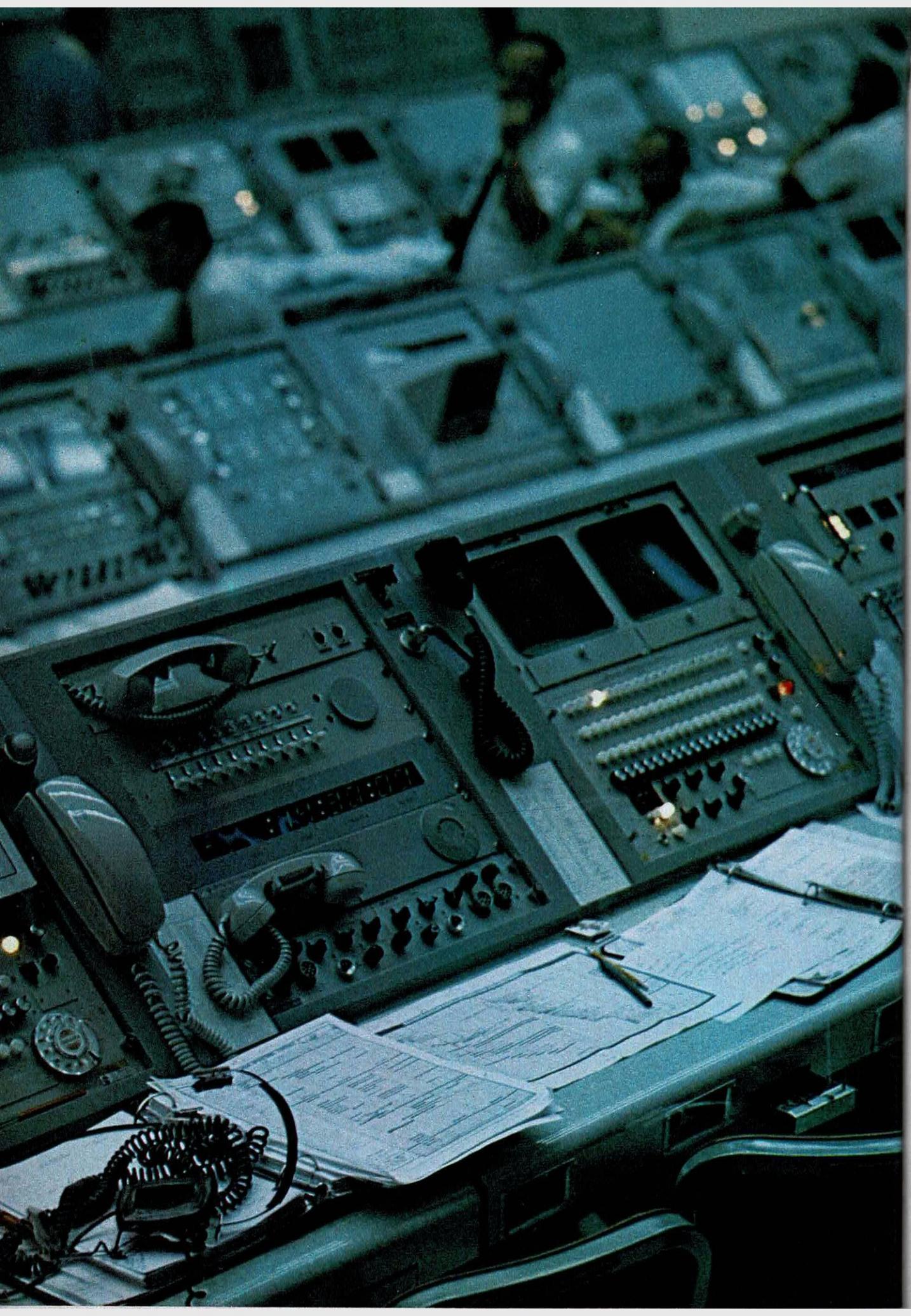
L'appareillage du LEM est entièrement conçu pour la commande de la caméra et la transmission des images en couleur vers la Terre. Un mini-moniteur, dont l'écran est de 6 x 6 cm, permet à l'astronaute de voir l'image captée et de diriger la prise de vues. A cet effet, il peut, grâce à une télécommande, faire varier la focale du zoom dont est équipée cette caméra (zoom 1 : 2,2 de 12,5 à 75 mm) et régler la mise au point de 0,50 à l'infini.

Roger BELLONE

TROISIÈME PARTIE :

LE VOYAGE

**Dans quelles conditions
l'homme
quitte-t-il, pour la
première fois
depuis toujours,
son environnement
terrestre ?**



COMMENT ON "CONDUIT"

de la Terre à la Lune

◀ C'est, finalement, surtout depuis la Terre que se « conduit » un vaisseau lunaire. Cette petite section des appareils de radio-téléphonie du centre spatial Kennedy (reliés directement à des centres d'ordinateurs) c'est une petite partie du cerveau d'« Apollo ».

La route est longue qui va de la Terre à la Lune ; longue et fastidieuse : l'aventure spatiale n'a rien d'une expédition périlleuse en terre lointaine. Pour être franc, la conduite d'un satellite interplanétaire s'apparenterait plutôt à celle d'une locomotive. Avec les mêmes contraintes : respect des horaires et des signaux, manœuvres imposées d'un centre de contrôle et absence totale de fantaisie. Le train n'a pas plus le droit de quitter sa voie que la capsule sa trajectoire. Car l'équilibre entre les forces qui gouvernent la mécanique céleste impose des rails bien plus rigides encore que ceux de la S.N.C.F. Dieu merci, nul astronaute n'a encore déraillé de son orbite.

A y regarder de plus près, il est paradoxal de voir un vaisseau qui a tout l'espace pour s'ébattre et qui se contente de suivre un canal tout tracé. Tout de même, le pilote pourrait aller aussi bien en avant ou en arrière, à droite ou à gauche, en haut ou en bas, en un mot il pourrait jouer suivant les trois directions de l'espace, et il reste attelé au sillon comme un cheval de labour ! Mais voilà, le conditionnel est ici de rigueur, car en fait l'astronautique n'a toujours pas de moteurs pour les capsules interplanétaires. Le cosmonaute entre deux planètes est dans la situation d'un conducteur auquel il ne resterait que quelques grammes d'essence dans le réservoir pour descendre de Paris à Marseille, et à peu près pas de freins. Juste un coup de moteur pour se lancer, et ensuite tout le reste du parcours en roue libre. Alors que les choses seraient si simples avec un réservoir plein et des freins efficaces.

L'astronautique en est à ce stade, faute d'un moteur convenable, ou plus précisément aujourd'hui faute de carburant : la capsule entre deux étoiles, c'est un lourd wagon lancé sur des rails. Le défaut de moteur est tout simple à comprendre : les moteurs-fusée consomment tellement de carburant

qu'ils sont incapables d'en emporter assez pour faire tout le trajet en accélération constante, ni même le quart, le centième ou le millième. Faute de pompistes sur le parcours, il ne reste plus qu'à continuer sur sa lancée ; encore faut-il exploiter au mieux cette lancée, en espérant qu'elle aura été assez forte pour emmener l'équipage jusqu'au bout. Pas question non plus de se tromper de direction : tout déraillement hors du sentier battu peut être considéré comme fatal.

En réalité, il n'y a pas de conduite interplanétaire, et il n'y en aura pas tant que n'aura pas été découvert un moteur capable de fonctionner à pleine puissance d'un bout à l'autre de l'orbite. La conduite du vaisseau n'appartient aux hommes que dans les quelques secondes du départ. Après, plus de moteur, plus de freins, plus de direction ou si peu. Cette lancée, il faut l'exploiter, mais plus de main d'homme, à coups d'équations. Une fois partie, la fusée obéit aux lois qui gouvernent le mouvement des corps dans l'espace et le trajet n'est plus qu'un problème de mécanique céleste. C'est une science ardue sur laquelle des générations d'astronomes et de mathématiciens ont usé leur jeunesse, mais dont les lignes directrices sont tout de même accessibles. Depuis Newton, tout écolier sait que les corps s'attirent entre eux en raison directe de leurs masses et inversement au carré de leurs distances. La Terre attire les pommes qui tombent dans les prés, comme elle attire la Lune qui nous tomberait sur la tête si elle ne tournait pas. Heureusement elle tourne, et la force centrifuge compense l'attraction. Mais cette attraction diminue avec le carré de la distance ; une pomme — ou une poire, ou une banane, ou tout autre objet matériel — est quatre fois moins attirée à 6 371 km d'altitude qu'au niveau du sol, puisque sa distance au centre de notre globe a doublé. On conçoit alors qu'il existe une distance au-delà de laquelle l'attraction exercée par la Terre devient faible, tandis que celle exercée par un corps voisin devient prépondérante.

Entre la Terre et la Lune, l'écart moyen est de 384 000 km, et la distance à laquelle on peut considérer qu'un satellite n'est plus sous l'influence de la Terre, mais sous

celle de la Lune, est de 318 000 km ; la Lune est donc à 66 000 km de ce point. Ces deux chiffres sont très importants dans toute trajectoire qui vise notre satellite, et on parle en général plutôt de sphères d'influence : la sphère d'influence de la Terre par rapport à la Lune n'est qu'une grande boule fictive centrée sur notre globe et dont le rayon vaut 318 000 km. Celle de notre satellite est de même une sphère tangente à la première, centrée sur la Lune et de rayon 66 000 km. On admet alors qu'un mobile quelconque dans l'espace est uniquement sous l'influence de l'attraction terrestre s'il est dans la sphère centrée sur notre globe, et uniquement sous l'influence lunaire s'il navigue dans la sphère qui entoure la Lune. Le problème peut paraître grandement simplifié par rapport à une réalité dont nous avons dit qu'elle était fort complexe. Mais cette simplification peut se justifier sans trop de mal. Le satellite entre la Terre et la Lune est à l'image d'une épingle entre deux aimants : les forces d'attraction magnétiques obéissent en effet aux mêmes lois en mm'/r^2 ; il faut décoller l'épingle du premier aimant pour l'envoyer sur le second, et inversement. De même on décolle le satellite de la Terre pour l'envoyer sur la Lune ; mais une fois dans le vide, il subit l'influence de tous les corps célestes environnants, de même que notre épingle subit non seulement l'attraction de nos deux aimants, mais également celle de toutes les masses aimantées voisines, en particulier celle du champ terrestre.

Plusieurs générations de mathématiciens...

La capsule spatiale est donc attirée par la Terre et par la Lune, tout comme la Terre est attirée par la Lune et par la capsule, et la Lune par la même capsule et par la Terre ; encore faudrait-il tenir compte de l'influence du Soleil et même de celle des planètes voisines. On simplifie déjà la question en ne considérant que l'ensemble capsule-Terre-Lune, et on arrive alors au problème bien connu des trois corps, qui s'écrit sous forme d'équations aux dérivées partielles tout spécialement ardues : il a fallu les travaux de plusieurs générations de mathématiciens pour préparer la solution rigoureuse du problème par Sundman. Et encore, un petit détail suffit à gâcher ce tableau réjouissant : les formules de Sundman sont inutilisables en pratique ! Il faudrait calculer des millions de termes pour connaître à peu près le mouvement du satellite. Seules les calculatrices, ces ma-

chines à additionner au fond assez stupides mais très, très rapides, et qui ne travaillent que par solutions approchées, permettent aujourd'hui de mener à bien les missions interplanétaires.

Or, ce sont justement ces méthodes de calcul approché qui ont prouvé que la théorie des sphères d'influence constituait une excellente approche du problème, puisque la masse du satellite est négligeable devant celles de la Terre ou de la Lune. Reprenons notre épingle et nos deux aimants : l'épingle est mise en mouvement par l'attraction de l'un ou l'autre des aimants, mais l'inverse n'est pas vrai car l'épingle est négligeable devant ceux-ci. On pourrait d'ailleurs définir une sphère d'influence autour de l'extrémité de chaque aimant : à l'intérieur de cette sphère, tout se passe comme si l'épingle n'était soumise qu'à un seul des aimants.

Une question de relativité

Lancer un satellite jusqu'à la Lune va donc consister essentiellement à lui faire quitter la sphère d'influence de la Terre pour le placer dans celle de la Lune. Comme l'influence terrestre, pour le problème considéré, s'étend jusqu'à 318 000 km, le but premier est d'envoyer le satellite au moins à cette distance. Plusieurs solutions sont possibles en fonction d'éléments fixes que nous allons voir maintenant.

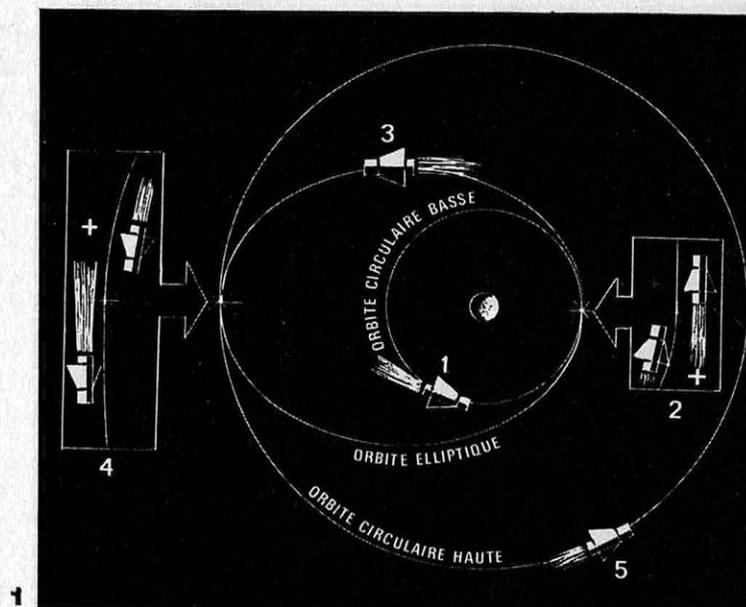
Premier paramètre à retenir, la vitesse de la Lune sur son orbite : 1 km/s ; en second, la vitesse de libération terrestre au niveau de la mer, c'est-à-dire la vitesse que doit posséder un mobile pour quitter définitivement la Terre d'un seul élan : 11,4 km/s. En dessous de cette vitesse, et suivant sa direction, ou le mobile tourne autour de notre globe, ou il retombe dessus. Commençons par les vitesses faibles ; le premier cas n'est autre que le caillou lancé en l'air et le meilleur athlète ne peut guère dépasser quelques dizaines de mètres. Les obus de D.C.A. montent à quelques kilomètres et les fusées balistiques atteignent l'ionosphère. Dans tous les cas, le mouvement est le même : l'objet monte sur sa lancée, ralentit de plus en plus à mesure qu'il s'élève, jusqu'au moment où il s'arrête pour retomber. Or, pour atteindre la Lune, il suffit d'envoyer le projectile dans sa sphère d'influence ; autrement dit, il suffirait de lancer la fusée à 318 000 km de haut. Comme elle passe alors sous l'influence lunaire, elle ne retombera pas : théoriquement c'est le trajet le plus simple, encore faut-il tirer dans la bonne direction. En effet, lancer la capsule à 318 000 km

de haut revient à dire que sa vitesse, qui ralentit exactement comme celle du caillou jeté en l'air, va s'annuler à cette distance. Précisons, s'annuler par rapport à la Terre ; par rapport à la Lune qui nous intéresse maintenant, le mobile n'est pas à vitesse nulle puisqu'elle court sur son orbite à 1 km/s. Ils sont donc en mouvement l'un par rapport à l'autre et suivant les positions qu'ils occupent à cet instant, le mouvement de la capsule va être retardé ou accéléré. Le mouvement relatif de la Terre et de la Lune nous amène à considérer un deuxième aspect du problème, car ce mouvement fait qu'un point immobile par rapport à la Terre ne l'est pas par rapport à la Lune, et inversement.

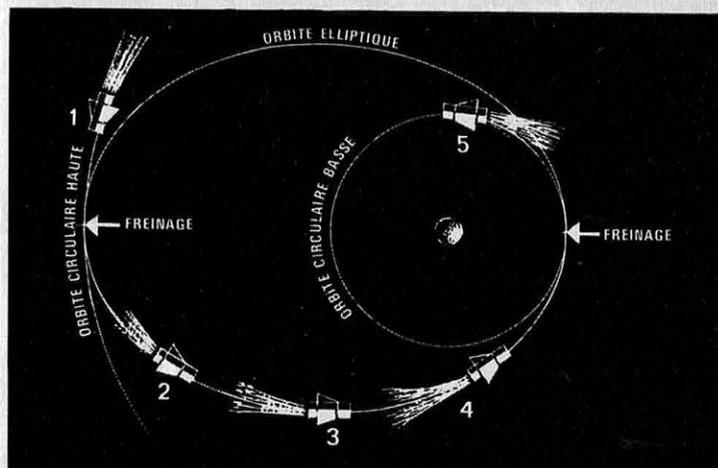
Dans le cas précédent, nous avons choisi de tirer la fusée de manière à ce qu'elle atteigne juste 318 000 km au moment où la Lune est en ligne avec l'axe du tir, et se trouve donc à 66 000 km de la fusée qui passe ainsi sous son influence. Mais la Lune, qui défile transversalement, s'éloigne déjà de la fusée et la rencontre ne se fera jamais. La trajectoire théorique la plus simple consiste alors à envoyer le satellite non pas à 318 000 km, mais juste sur l'orbite lunaire, à 384 000 km, en un point tel que la Lune soit alors distante de 66 000 km et vienne à sa rencontre. C'est pour cette trajectoire que la vitesse initiale est la plus faible : 11,087 km/s. Le temps mis pour atteindre la Lune est alors maximal : 4,85 jours.

L'hyperbole nécessaire

En démarrant avec une vitesse de départ plus élevée, le projectile parvient au voisinage de la sphère d'influence lunaire en ayant juste dépassé les 318 000 km, et alors que la Lune se rapproche transversalement de lui. L'impact est possible dans ces conditions, mais très difficile à réaliser. Ce fait résulte de ce que la Lune court sur son orbite à une vitesse élevée, voisine du kilomètre par seconde. Autrement dit, elle se déplace en une heure de son propre diamètre. Et, d'un autre côté, le projectile qui arrive au voisinage de notre satellite possède une vitesse très supérieure à la vitesse de libération lunaire et n'a nullement tendance à tomber dessus, mais simplement à infléchir sa trajectoire : le satellite qui aborde la sphère d'influence lunaire avec une vitesse nulle par rapport à la Terre n'est pas à l'arrêt par rapport à la Lune, comme nous l'avons vu plus haut. Celle-ci poursuit sa route à 1 km/s, ce qui revient à dire, si on considère le problème vu de la Lune, que le mobile possède par rapport



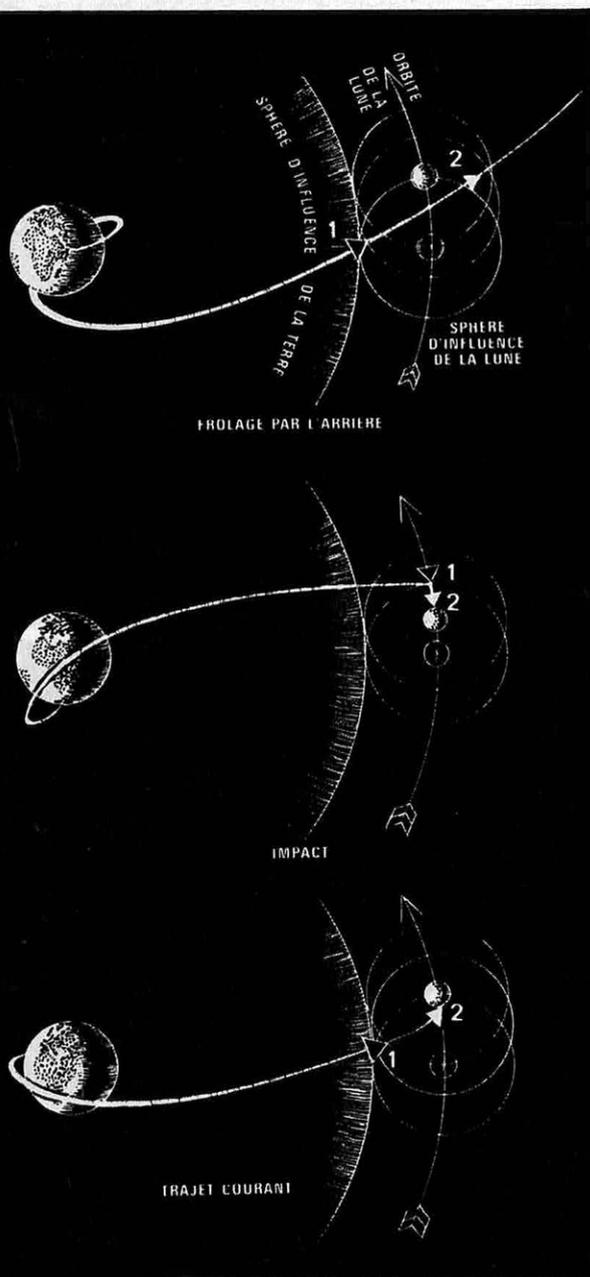
1



2

1 Un satellite sur orbite circulaire basse (1) veut monter sur orbite circulaire haute. Il commence par accélérer (2) et décolle alors de son orbite circulaire pour décrire une ellipse. A mesure que sa distance par rapport à l'astre central augmente, sa vitesse diminue. Parvenu à l'apogée de son ellipse, il accélère à nouveau (4) pour rester sur orbite circulaire haute (5). Malgré deux accélérations, sa vitesse en 5 est inférieure à sa vitesse en 1, car il lui a fallu fournir du travail pour s'élever.

2 Un satellite sur orbite haute (1) veut descendre sur orbite circulaire basse. A un instant donné, il freine, et plonge alors sous son orbite circulaire pour décrire une ellipse. Il se rapproche de l'astre central, tombe vers lui en quelque sorte, et à mesure que l'écart diminue, sa vitesse augmente (2, 3 et 4). Il lui faut freiner une seconde fois à l'apogée de son ellipse pour se mettre en orbite circulaire basse. Malgré deux coups de frein, sa vitesse a augmenté car sa chute vers l'astre central lui a fourni du travail.



De la Terre à la Lune. a) Trajet théorique le plus simple : frôlage par l'arrière. Lancé de la Terre, le satellite arrive en (1), limite de la sphère d'influence terrestre prépondérante. Il est alors capté par la sphère d'influence lunaire prépondérante, mais la Lune sur son orbite se dérobe devant le satellite qui la frôle par l'arrière. — b) Impact : le satellite est lancé beaucoup plus haut de façon à parvenir à vitesse nulle juste devant la sphère d'influence lunaire (1). Il arrive à l'aplomb de la Lune, droit devant elle, et tombe dessus (2). — c) Trajet courant : le satellite quitte la sphère d'influence terrestre et parvient un peu en avant de la sphère d'influence lunaire. Capté par celle-ci, sa trajectoire l'amène très près de la Lune et sous certaines conditions ce peut être l'impact ou l'alunissage.

à elle une vitesse de 1000 m/s. Or, à 66 000 km de distance, la vitesse de libération lunaire est de 385 m/s. Le projectile a donc sensiblement trois fois cette vitesse, d'où résulte une conséquence très importante : dans tous les cas un projectile lancé de la Terre et ne disposant d'aucun moteur au voisinage de la Lune, décrit nécessairement une hyperbole par rapport à celle-ci. A la limite, cette hyperbole peut se confondre avec une droite, et c'est alors la rencontre, évidemment brutale, avec la Lune. Comme tout cas limite, cette trajectoire demande une précision de lancement, tant en vitesse qu'en direction, absolument exceptionnelle.

Retenons simplement cette donnée : un projectile balistique lancé de la Terre ne peut que frôler la Lune, ou à la rigueur la percuter. En l'absence de moteur, il n'est en aucun cas question d'accrocher un satellite autour de la Lune, encore moins de l'y faire se poser.

Un atterrissage sur la Lune n'est plus une simple opération balistique ; faute de moteurs suffisants, il s'en rapproche pourtant beaucoup. La capsule qui dépose les cosmonautes sur la Lune, c'est une balle de fusil à laquelle on donne un petit coup de pouce de temps en temps, et qu'on sait à la limite arrêter en fin de course sans la détériorer. Le pilote d'une capsule a donc quelque possibilité d'agir sur la course de son engin ; en fait, bien sûr, cette possibilité se limite à suivre les instructions du centre de contrôle ou des ordinateurs de bord. Tout juste un petit bouton à appuyer de temps à autre.

Rails et « parking »

Pour voir les choses de plus près, partons avec les cosmonautes. A l'instant « t », entièrement déterminé par le calcul, c'est la mise à feu ; durée, de la combustion, intensité de l'accélération, altitude de la fusée, tout est réglé par ordinateurs. Première étape, s'installer en orbite autour de la Terre : c'est l'orbite de parking. Si des imperfections ou des erreurs ont eu lieu pendant la première phase du décollage, elles sont détectées et les calculatrices en tiennent compte pour établir, si nécessaire, un nouveau trajet, évidemment très voisin du trajet prévu. Répétons-le encore, la fusée doit rester sur ses rails. Une fois les caractéristiques de l'orbite de parking parfaitement déterminées, la fusée est rallumée. Cette fois à la rencontre de la Lune. La plus longue partie du voyage commence ; tous les éléments du vol sont contrôlés automa-

tiquement, et il n'y a pas de pilotage au sens vrai du terme.

Jusqu'au voisinage de notre satellite, la trajectoire est celle d'un frôlage, c'est-à-dire comme un obus jusqu'à 318 000 km et entrée de la capsule dans la sphère d'influence de la Lune, à 66 000 km de celle-ci. A partir de ce moment, il faut freiner le satellite pour faire tomber sa vitesse en dessous de la vitesse de libération lunaire et l'amener ainsi à être capté. Il est évidemment nécessaire de disposer là d'un moteur puisant que les pilotes vont déclencher un instant et pour une durée qui sont entièrement déterminés par les calculatrices de bord, associées à des radars, à des gyroscopes et autres moyens de détection. Cette fois, ce sont plus les pilotes que le centre de contrôle à terre qui doivent prendre les décisions, car la capsule est derrière la Lune et donc hors d'atteinte des émissions radio. Précisons d'ailleurs que, pour le contrôle à terre, un problème, nouveau pour nous, se pose tout le long du vol : il n'existe plus de communications instantanées. Les ondes radio, qui sont de même nature que la lumière, vont à la même vitesse : 300 000 km/s.

La Lune étant distante de 384 000 km, entre l'ordre donné du centre et sa réception par la cabine, il s'écoule donc $1 \frac{1}{4}$ s ; c'est énorme pour les calculs de trajectoire qui se font au millième de seconde. Quand la capsule n'est qu'à 100 000 km, il faut $\frac{1}{3}$ de seconde, et ainsi de suite, le décalage variant de manière continue.

Mais revenons avec nos pilotes. Déclenché vers l'avant, le moteur-fusée freine la cabine et l'amène à la vitesse de satellisation. Théoriquement, l'opération ne soulève aucune difficulté spéciale et se comprend d'elle-même, mais en pratique elle pose de délicats problèmes dans le dosage du coup de frein et dans son orientation. Là encore, les calculatrices ont seules permis de connaître les valeurs à donner au débit des fusées et à l'orientation de la cabine. De cette cabine en orbite autour de la Lune va maintenant partir un module plus petit qui veut atterrir; nouveau coup de frein par rétro-fusées, pour descendre progressivement en dessous de la vitesse de satellisation et amener le module au sol à vitesse nulle. C'est une opération très délicate, qui consomme beaucoup de carburant, et dont le contrôle est évidemment entièrement électronique. Quitter le sol lunaire et rejoindre la cabine repose sensiblement les mêmes problèmes, à savoir ceux d'un changement d'orbite et d'un rendez-vous spatial. Ces problèmes donnant souvent lieu

à des interprétations totalement erronées, nous allons tenter d'en dégager les grandes lignes.

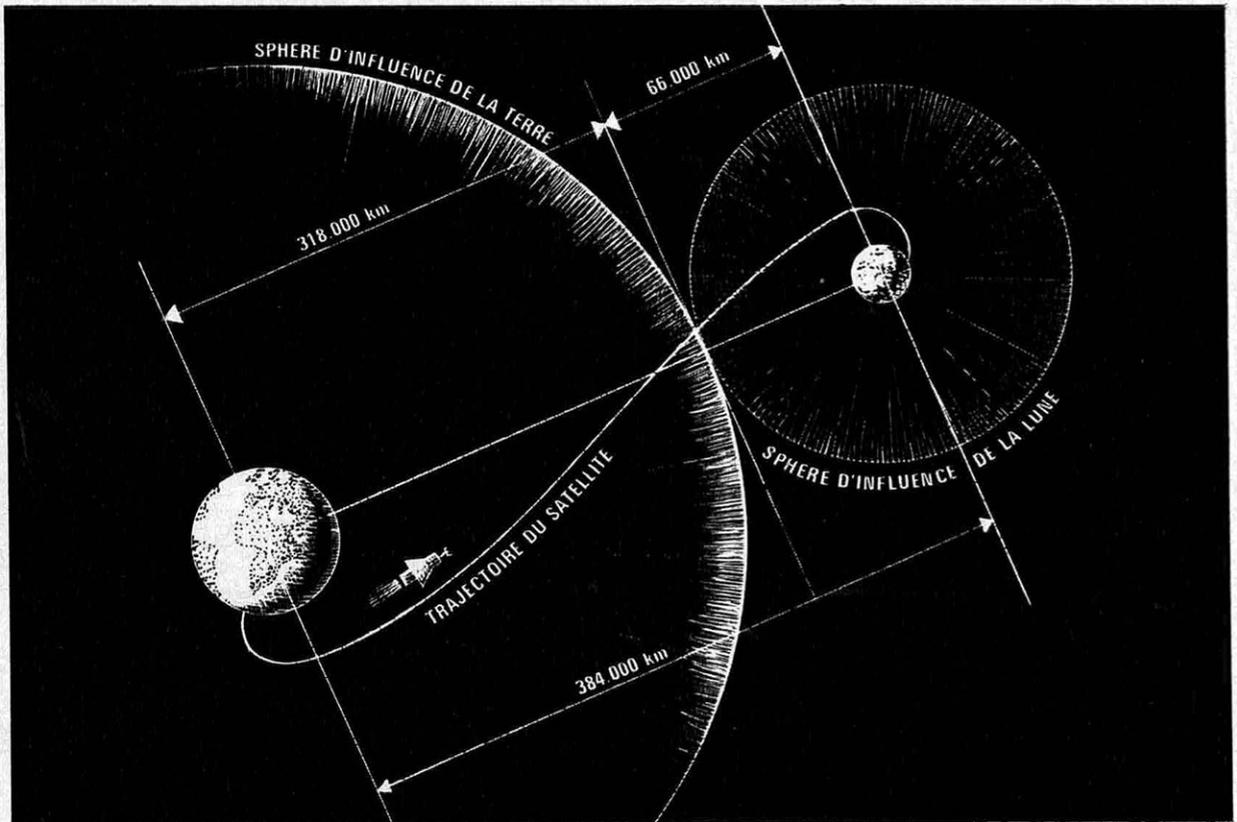
Il y a quatre types d'orbites

Définissons d'abord les orbites; un satellite qui tourne autour d'un corps céleste quelconque, disons une planète, peut décrire quatre sortes de courbes : un cercle, une ellipse, une parabole ou une hyperbole. Seules les deux premières nous intéressent ici. Si le satellite décrit un cercle, dont bien entendu la planète est le centre, il court à vitesse constante, c'est-à-dire qu'à chaque instant la force centrifuge équilibre exactement l'attraction gravifique. C'est en quelque sorte la pierre qu'on fait tourner au bout d'une ficelle. Du point de vue astronomique, le cercle est une orbite presque impossible à obtenir, car c'est une courbe d'équilibre parfait. Citons un autre exemple d'équilibre exact qui fera mieux comprendre le problème : faire tenir un crayon debout sur la pointe...

De plus, la plupart des planètes sont irrégulières du point de vue gravimétrie : ce serait mettre le crayon en équilibre non seulement sur la pointe, mais aussi debout sur une tôle ondulée. De ce fait, l'orbite normale est une ellipse. A ceux pour qui cette courbe n'est pas familière, nous dirons que l'ellipse n'est autre que la figure géométrique que prend un cercle vu de trois quarts ; ou plus généralement vu sous un angle quelconque. Deux limites se dégagent tout de suite de cette définition ; vu par la tranche, un cercle apparaît comme une ligne droite : c'est une ellipse d'excentricité 1. Vu de face, un cercle a évidemment la figure d'un cercle : c'est une ellipse d'excentricité 0. Entre les deux, toutes les formes d'ellipse, de la plus ronde à la plus aplatie.

Dans l'ellipse, deux points remarquables situés sur le grand axe, les foyers. La somme des distances qui joignent un point quelconque de l'ellipse à ses deux foyers est constante. Quand un satellite décrit une ellipse, la planète se trouve à l'un des foyers.

Second point très important à noter, la vitesse du satellite varie sans cesse de manière continue. Au moment où il se rapproche de la planète, sa vitesse augmente, passe par un maximum quand il en est le plus proche (périgée), puis diminue à mesure qu'il s'en éloigne et passe par un minimum au moment où il en est le plus loin (apogée). Le processus se répète indéfiniment. Le satellite sur ellipse fait donc constamment des montagnes russes ; signa-



Sphères d'influence de la Terre et de la Lune. Avec une bonne approximation, on peut considérer qu'un mobile est principalement sous l'influence de la Terre s'il se trouve à l'intérieur d'une sphère de rayon 318 000 km, centrée sur la Terre, et principale-

ment sous l'influence de la Lune s'il se trouve dans la sphère lunaire de rayon 66 000 km. Ces deux zones sont utilisées constamment pour étudier les trajectoires d'un satellite entre la Terre et la Lune.

lons enfin que cette ellipse est une courbe plane, c'est-à-dire que tous ces points sont dans un même plan. Maintenant, cette ellipse, le pilote veut la quitter, soit qu'étant autour de la Terre il veuille partir à la Lune, soit l'inverse, soit encore qu'étant en orbite autour de la Lune il veut rejoindre la cabine d'origine restée à l'attendre. Là commence le pilotage interplanétaire et le rendez-vous autour de la Lune du module d'atterrissage et de la cabine proprement dite va nous servir d'exemple.

Pour simplifier, nous supposons les deux orbites assez proches du cercle pour qu'elles puissent lui être confondues. Soit donc la cabine C en orbite circulaire autour de la Lune ; plus bas, mais dans le même plan, tourne le module M, également suivant un cercle. Ce module est piloté et il veut rejoindre la cabine.

En premier lieu, il faut savoir que plus un satellite tourne bas, plus il tourne vite. Le fait est simple à comprendre : nous avons dit que l'attraction exercée par un corps céleste diminue au fur et à mesure qu'on s'en éloigne, exactement de la même ma-

nière que diminue la force d'attraction d'un aimant pour une épingle en fer qu'on écarterait de lui. Or, le satellite tient sur son orbite par l'équilibre entre la force centrifuge et l'attraction gravifique. La force centrifuge augmente avec la vitesse de rotation, comme on peut s'en rendre compte en faisant tourner un caillou au bout d'un fil. Si le fil n'est pas trop gros, on le casse en faisant tourner la pierre suffisamment vite. Il en résulte que si le satellite est bas, l'attraction gravifique est forte et il doit tourner vite pour que la force centrifuge fasse équilibre. Inversement, s'il est haut l'attraction est plus faible et une rotation lente suffit à donner à la force centrifuge une valeur compensant celle de la pesanteur. Reprenons nos deux satellites, M et C ; dans une certaine mesure, le module M rattrape périodiquement la cabine C puisqu'il accomplit plus de tours qu'elle. Bien entendu il ne la rejoint pas vraiment, il la double par en dessous. Le pilote du module doit donc monter sur l'orbite C.

Dans ce but, il déclenche ses fusées un court instant. La vitesse augmente aussitôt,

R. L. T. (suite page 184)

'NOUS SOMMES ARRIVÉS À LA LUNE EN NOUS HISSANT SUR DES ÉPAULES DE GÉANTS...'



**L'éditorial
du Colonel
Frank A. Borman,
de l'U. S. Air Force
commandant
de bord
d'«Apollo 8».**

La question qu'on pose toujours aux astronautes, c'est : « Quel est le souvenir le plus fort que vous ramenez de là-haut ? ». Eh bien, pour nous tous, c'est le lever de Terre sur la Lune. Mais, n'étant que médiocres poètes, voire pas poètes du tout, il nous faut recourir à des citations pour la description ; à celle d'un poète tel qu'Archibald MacLeish, parce que je crois qu'il a bien saisi le sentiment qui s'est emparé de nous alors que nous étions en orbite :

« Voir la Terre comme elle est en vérité, petite et bleue et belle dans l'éternel silence où elle flotte, c'est nous voir nous-mêmes comme des passagers sur la Terre, tous ensemble, frères unis dans cette adorable tache lumineuse qui dérive dans le froid - des frères qui savent maintenant qu'ils sont frères. »

La Lune est certes une réussite américaine. Mais, paraphrasant Newton à notre manière, il faut dire aussi que nous sommes montés sur les épaules de ces géants qu'étaient Galilée, Copernic, Kepler, Jules Verne, Oberth, Goddard, Kennedy, Grissom, White, Chaffee, Komarov. Qu'aurait été « Apollo » sans eux ?

Je crois que, dans quelques années, il y aura sur la Lune une communauté internationale d'explorateurs et de chercheurs, comme c'est le cas pour l'Antarctique.

Le progrès actuel ne sera pas conditionné seulement par l'ingénieur ou le savant ; car la question n'est plus de savoir comment « faire les choses », mais : « Combien de temps y faut-il ? » et « Combien cela coûtera-t-il ? »

C'est-à-dire que les progrès de l'exploration spatiale seront déterminés par les « Terriens de tous les jours ».

Et ce besoin d'exploration est l'essence même de l'esprit humain. S'arrêter, renoncer, c'est mourir...

F. A. B.

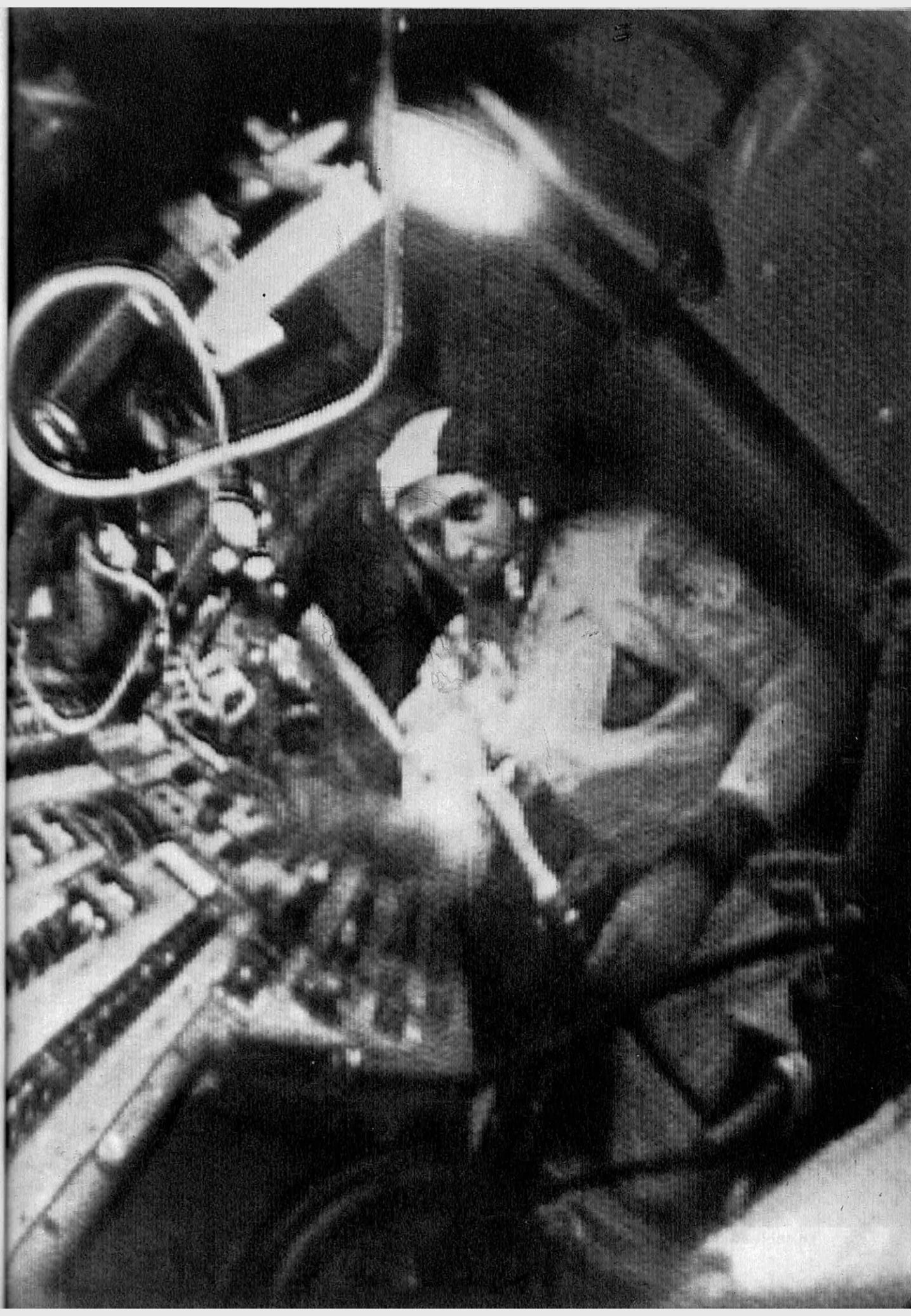
LA VIE À BORD

... comme si vous y étiez

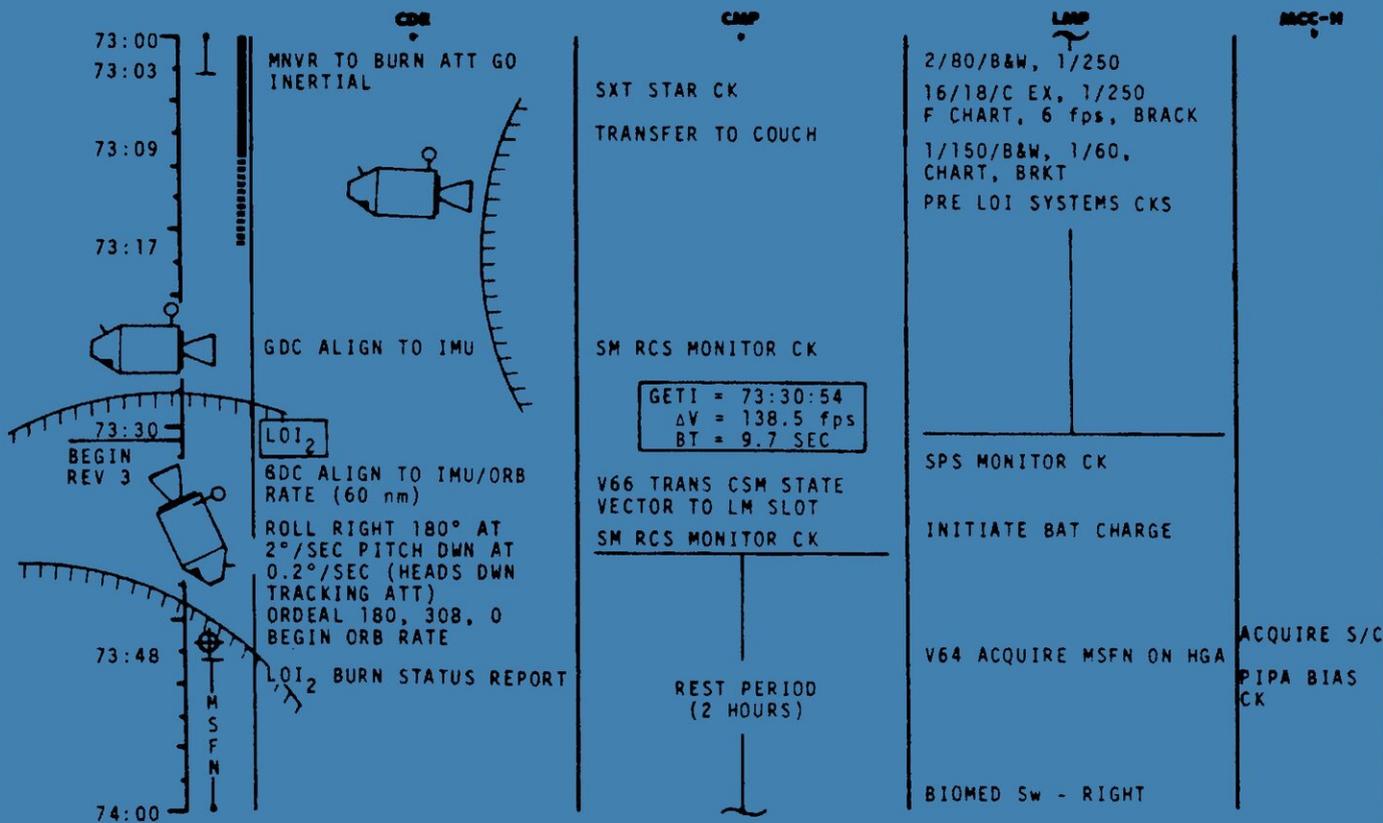
Les missions lunaires du programme « Apollo » sont prévues pour durer sept à dix jours. Pendant ce temps, les trois hommes qui composent l'équipage doivent vivre, c'est-à-dire manger, respirer, se laver... Si, sur le gigantesque vaisseau spatial qu'est notre planète, la chose est relativement aisée, il n'en est évidemment pas de même à bord de la cabine « Apollo », où la masse et le volume des équipements et substances indispensables à la survie des astronautes sont limités.

Pour les vols d'une durée d'une semaine, le problème est résolu. Comme sur Terre, le vaisseau spatial doit tout d'abord avoir son atmosphère. A bord d'« Apollo » c'est l'« ECS » (Environment Control System) qui est chargé de la redoutable tâche du maintien des conditions atmosphériques de température et d'humidité nécessaires à la survie des astronautes. L'« ECS » du module de commande a été conçu pour permettre à un équipage « Apollo » de vivre pendant quatorze jours si besoin. Malgré le tragique accident qui a coûté la vie à V. Grissom, R. Chaffee et E. White en janvier 1967, les techniciens ont décidé de continuer à utiliser, pour les opérations lunaires, une atmosphère d'oxygène pur sous pression de 0,35 atmosphères. Il est conservé sous forme liquide à l'état surcritique. Le gaz carbonique expiré par les trois hommes

La vie à bord d'« Apollo », comme à bord de tout vaisseau spatial, est d'abord caractérisée par l'absence de pesanteur. C'est une impression quelquefois désagréable, mais qui permet toutes les fantaisies, ainsi qu'en témoigne ici Bill Anders jouant avec sa brosse à dents à bord d'« Apollo » 8.



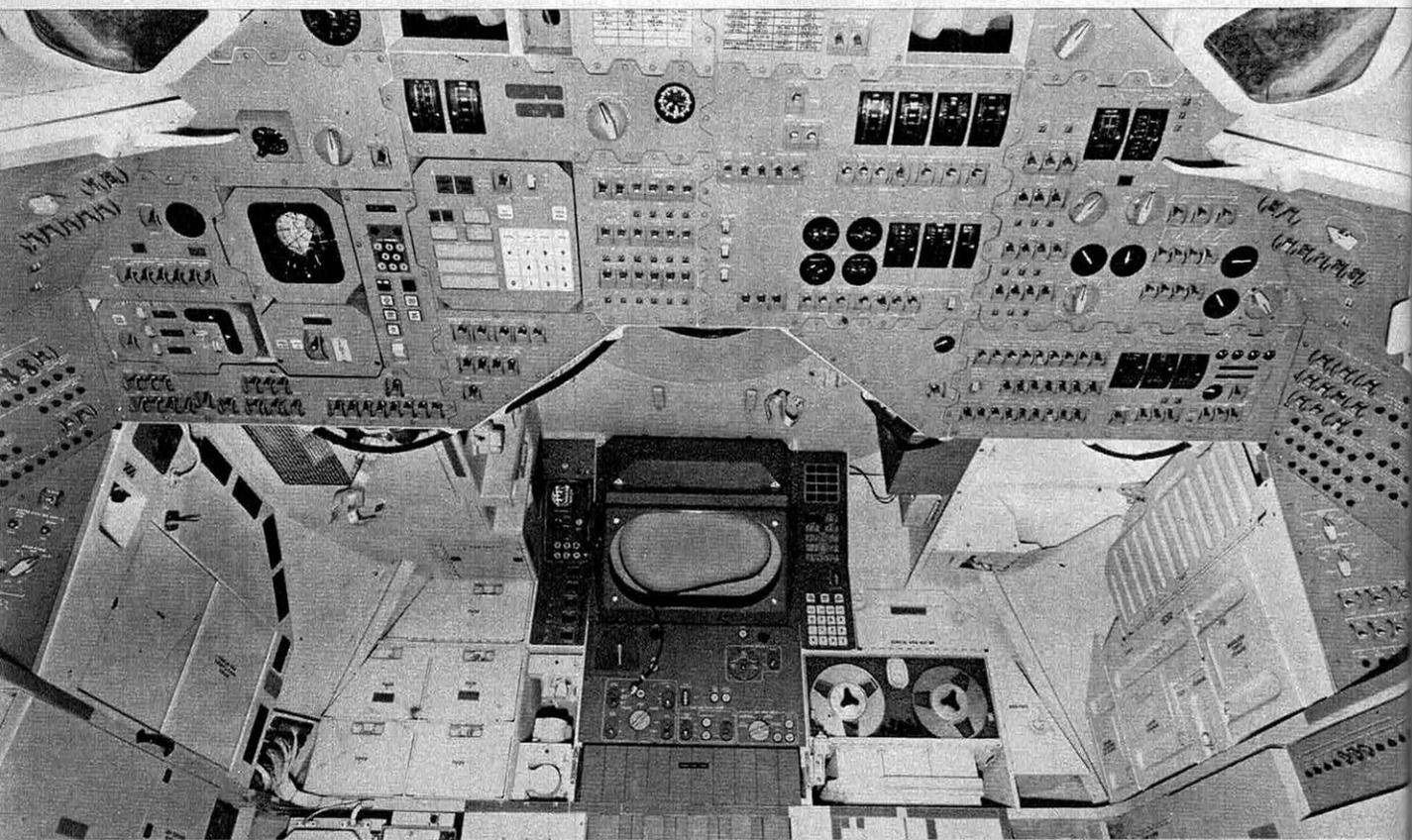
FLIGHT PLAN



BSC Form 1910 (Nov 68)

FLIGHT PLANNING BRANCH

L'une des 200 pages du livre de bord d'« Apollo ». C'est celle correspondant à l'injection du vaisseau sur orbite circulaire à 111 km d'altitude. Compliqué pour nous, banal pour eux !



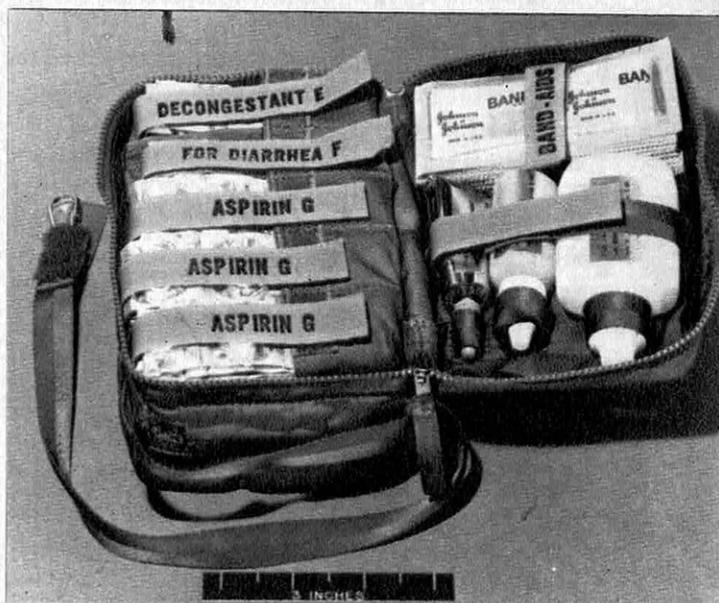
Le tableau de bord du module de commande d'« Apollo ». Les astronautes, eux, s'y retrouvent...

est absorbé par des cartouches d'hydroxyde de lithium. Un système de filtres permet de supprimer les odeurs diverses qui règnent dans la cabine. Le système de climatisation assure la ventilation et le maintien des conditions optimales de température et d'humidité ainsi que la dispersion dans l'espace de la chaleur fournie par les trois hommes et les instruments de bord. Habituellement, tout au cours du vol, la température est maintenue à 24 °C, même au moment de la rentrée dans l'atmosphère au retour de la Lune à la deuxième vitesse cosmique, lorsque les parois extérieures du vaisseau spatial sont portées à une température proche de 3000 °C !...

Ce problème de la régulation thermique du vaisseau « Apollo » est particulièrement important. Pour éviter un échauffement excessif des parois du véhicule exposées au soleil, les astronautes effectuent la manœuvre « barbecue ». Ils créent les impulsions nécessaires pour animer « Apollo » d'un lent mouvement de rotation sur lui-même (six tours par heure) permettant ainsi d'assurer une répartition égale du rayonnement thermique solaire. Le module lunaire est également doté de son « ECS ». D'une masse de 103 kg il est constitué de cinquante-quatre éléments. Il assure la régénération de l'oxygène et la fourniture d'eau pour le « PLSS » (Portable Life Support System) assurant la survie des « lunaires » en scaphandre.

Un exploit : la barbe !

Pendant leurs missions, les astronautes ont besoin d'eau. Non pas pour se laver, ils ont ce qu'il faut pour cela, mais essentiellement pour boire et rehydrater leurs aliments lyophilisés. L'« ECS » dispose d'un circuit qui recueille l'eau fournie par les piles à combustible situées dans le module de service. En fait, les astronautes disposent dans leur cabine « Apollo » de trois sources d'eau : deux d'eau chaude, respectivement à 70 et 15 °C, et un robinet d'eau froide. La vidange est possible, vers l'espace, par l'intermédiaire d'une minuscule tuyère d'un millimètre de diamètre limitant le débit pour les gaz à 360 m³ par minute et pour les liquides à 450 grammes/minute. L'ouverture de cette valve est même réchauffée



Les troussees médicales d'« Apollo ». De l'aspirine la plus classique aux antibiotiques.

pour éviter la formation de cristaux de glace au moment de l'éjection dans l'espace ; ils seraient susceptibles d'obstruer le circuit. Cette valve de vidange sert également pour évacuer l'urine des astronautes. Le circuit évacuateur est relié à un tuyau collecteur d'une longueur de 2,50 m pouvant atteindre les trois hommes sur leurs sièges. Ce type de questions d'ordre physiologique inhérentes à la nature humaine a posé d'autres problèmes. Sous chacun de leurs sièges, les « apollonautes » disposent, pour l'élimination des déchets solides, d'une pe-

tite réserve de sacs en plastique à fermeture spéciale auto-collante dans lesquels les déjections sont mélangées à un germicide. Les sacs sont ensuite soigneusement rangés dans un emplacement prévu à cet effet pour être ramenés sur Terre à des fins d'analyse. Certains échantillons d'urine sont également conservés.

Le matériel nécessaire à la toilette des astronautes, les serviettes imbibées d'une solution semblable aux pochettes distribuées chez nous dans les stations service, des « Kleenex » secs, brosses à dent imbibées de pâte dentifrice jetées après usage, est disposé dans un petit paquet sous le siège. Chaque astronaute possède le sien. Après chaque mission, les « apollonautes » reviennent toujours très barbus. C'est que dans l'espace, en raison de l'apesanteur, aussi bête cela puisse-t-il paraître, il est encore difficile de se raser. Les poils envahiraient la cabine et pourraient causer de troubles graves dans les voies respiratoires. Des rasoirs-aspirateurs sont actuellement à l'étude pour les futures missions de très longue durée. Mais, à la surprise générale, on a pu voir, au cours de la mission « Apollo » 10, les trois astronautes se raser classiquement avec de la mousse en bombe et des rasoirs mécaniques. « Un énorme succès », a commenté Young.

Un dangereux « déboussolage »

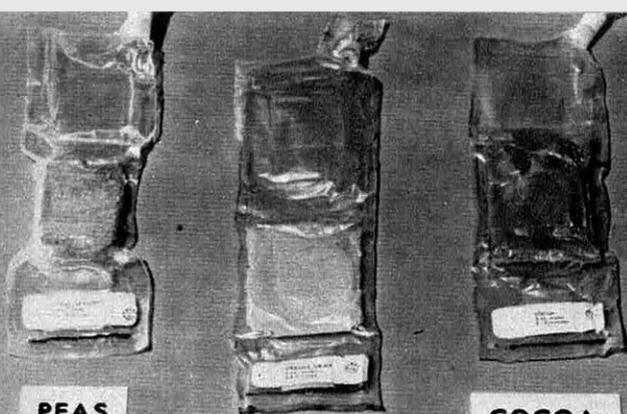
Malgré leur forme physique impeccable, il peut se produire que les astronautes éprouvent des malaises, comme ce fut le cas les premiers jours de la mission « Apollo » 8. Pour prévenir toutes sortes de malaises, la trousse médicale est particulièrement bien fournie. Elle contient huit sortes de pilules : de l'aspirine, des antibiotiques, analgésiques et soporifiques, stimulants et décongestionnants, ainsi que des pilules pour lutter contre les diarrhées et les nausées. La trousse médicale contient en plus des flacons avec du liquide pour les yeux, des vaporisateurs, bandes compresses ainsi qu'un thermomètre buccal. Si le besoin s'en fait sentir, les astronautes peuvent même se faire des piqûres.

Dans l'espace, les occasions de malaises ne manquent pas, si l'on peut parler ainsi. L'état d'apesanteur se traduit chez les individus par les sensations les plus diverses,

allant depuis les nausées en passant par des impressions subjectives : tel astronaute a l'impression d'être continuellement assis, l'autre a la sensation d'avoir la tête en bas, etc. C'est un sentiment de « déboussolage » qui, au cours d'« Apollo » 10, a causé les inquiétantes fausses manœuvres de « Snoopy » ; en effet, un des astronautes avait cru qu'une manette n'était pas en position normale et, croyant la rétablir, il déséquilibra la navette. Même l'eau a posé des problèmes.

En effet, les médecins de la NASA se sont aperçus que les troubles intestinaux dont avaient souffert certains astronautes étaient dûs à l'excès d'hydrogène en présence dans le réservoir d'eau potable provenant des piles à combustible. A bord d'« Apollo » 10, une plus grande réserve d'eau avait été emportée. Enfin, si jamais vous avez des nausées dans l'espace, le docteur Berry vous conseillera certainement, comme il l'a fait pour T. Stafford et à ses équipiers, d'effectuer des séries de mouvements avec la tête. Le cœur également joue des tours, en état d'apesanteur. Sur Terre, il est habitué à effectuer un effort pour pomper le sang vers la tête et vaincre ainsi la pesanteur terrestre. Dans l'espace, il n'a plus cet effort à faire. Dès qu'un astronaute effectue des mouvements un peu brusques, tout d'abord, sous l'effet du principe action-réaction, il commence à tourner dans tous les sens, et son cœur se met à battre la chamade. Les radiations ionisantes émises par le Soleil en état d'activité, ou lors du passage dans les ceintures de radiation Van Allen, pourraient occasionner de sérieux inconvénients pour la santé des « apollonautes » si certaines précautions élémentaires n'étaient pas prises. A bord, les astronautes n'ont pas de protection réellement efficace contre les rayonnements produits lors des éruptions solaires. C'est pourquoi l'activité du Soleil avant et pen-

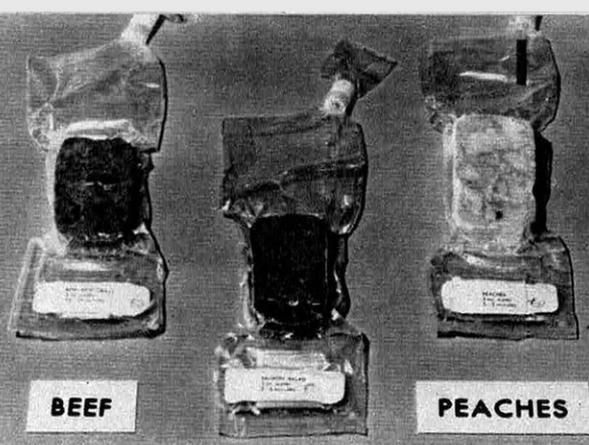
Ci-contre, la nourriture déshydratée : du jus d'orange au saumon, des cubes de fraises aux cubes de sandwich de bœuf... En bas à droite, le « service de table », c'est-à-dire essentiellement... le robinet d'eau et les emballages codés des menus choisis par les astronautes. Plus bas, certains des « gadgets » spatiaux dont les astronautes ont besoin au cours de leur périple cosmique.



PEAS

ORANGE DRINK

COCOA



BEEF

SALMON SALAD

PEACHES



DATE FRUIT CAKE



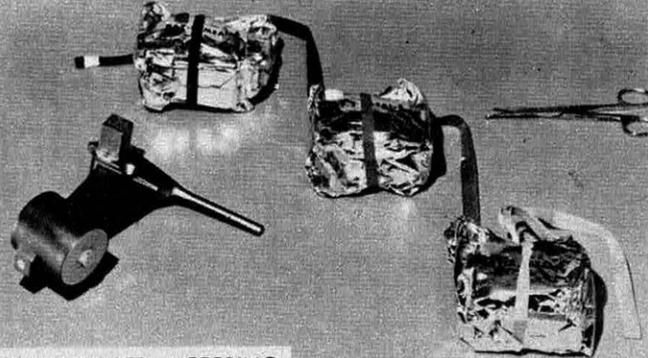
BEEF SANDWICHES



CHEESE SANDWICHES



STRAWBERRY CUBES



WATER DISPENSER, METERING



PENCIL DOSIMETER



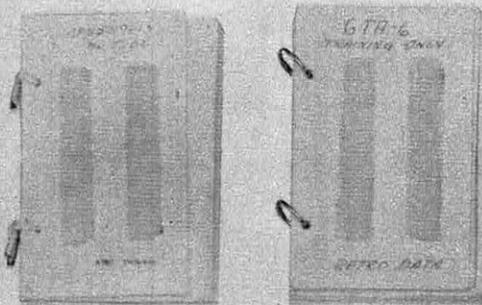
PEN LIGHT



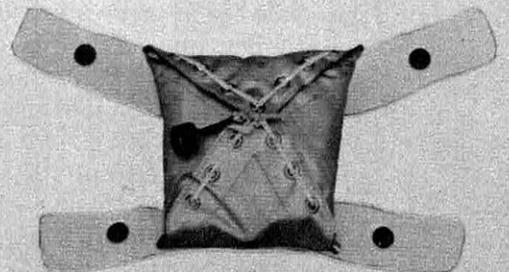
SUNGLASSES



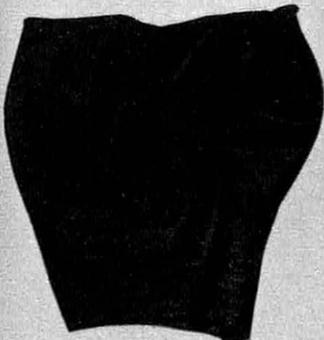
SCISSORS



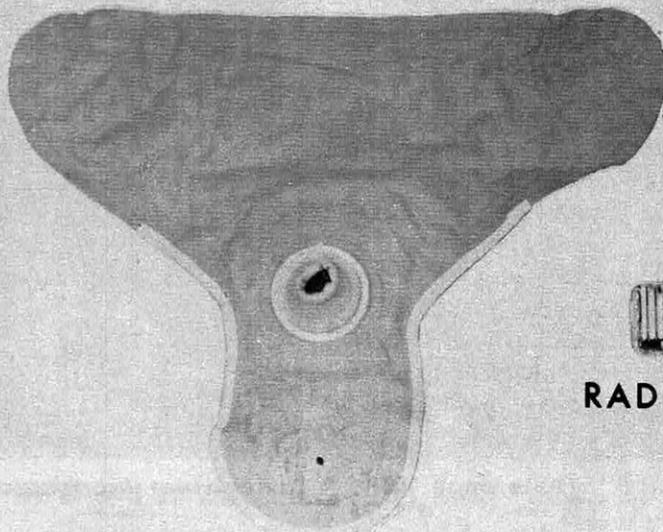
FLIGHT CHECKLIST AND DATA BOOKS



LIFE VEST ASSEMBLY



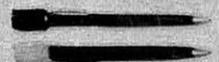
WATER INGRESS NECK SEAL



URINE COLLECTION DEVICE



MARKING PENS



MECHANICAL PENCILS



RADIATION DOSIMETER

dant le vol est intensément surveillée. La NASA dispose à cet effet d'un réseau planétaire d'observation, le « SPAN » (Solar Particle Alert Network). Les stations d'observation « SPAN » sont réparties principalement en Australie, aux îles Canaries et au Manned Spacecraft Center. A bord d'« Apollo », la valeur du taux de radiation est surveillée par cinq types de dosimètres embarqués. L'équipage peut en consulter quelques-uns. D'autres dosimètres envoient directement vers la Terre des informations par télémétrie aux stations du Manned Space Flight Network. Chaque astronaute porte sur son vêtement de vol un film témoin permettant de connaître après le retour sur Terre le taux total de rayonnement auquel il a été soumis. A l'intérieur de la cabine, le taux de radiation est mesuré par un dosimètre de 1,3 kg situé à proximité du sextant de navigation et un autre dosimètre placé à proximité de la tête du pilote du module lunaire.

Une vraie journée syndicale !

Lors des premiers vols spatiaux, par mesure de sécurité le cycle veille/sommeil était basé sur l'alternance quatre heures de sommeil, quatre heures de travail. A bord d'« Apollo » 8, par exemple, la journée comprenait sept heures de travail contre sept heures de repos. Il y avait toujours un ou deux astronautes éveillés pour surveiller les systèmes de bord ou établir les communications avec la Terre. Tout a été changé pour la mission « Apollo » 10. Cernan, Stafford et Young ont, en effet, reçu l'autorisation de se reposer tous les trois en même temps, ce qui implique une grande confiance dans le matériel ! Cependant, les commandants du module de commande et du module lunaire gardent quand même leurs casques radio sur la tête. Les lits sont en fait des sortes de sacs de couchage posés sur des lanières attachées de part et d'autre d'éléments de structure intérieure de la cabine, formant une sorte de hamac disposé sous chacun des sièges.

Côté gastronomie, les repas « Apollo » semblent s'être bien améliorés par rapport aux « solutions nutritives » utilisées lors des premiers vols spatiaux. Les menus sont constitués par les diététiciens de manière à assurer 2 500 calories par homme et par



En dépit des efforts accomplis, l'inconfort d'« Apollo » es



» est pire que celui des pires avions militaires.

LES 3 APPAREILS DÉPOSÉS SUR LA LUNE

Envoyer deux hommes sur la Lune, passer deux heures et avoir dépensé pour cela quelque trente milliards de dollars est un exploit remarquable en soi. C'est une des grandes dates de l'histoire de l'humanité à mettre en parallèle avec la découverte du feu, celle de l'imprimerie et, comme le disait je ne sais plus quel humoriste, celle de la fermeture éclair (à cause de l'éclair, sans doute !).

Initialement toutefois, les ambitions des hommes de science furent à la dimension de l'exploit. Chaque seconde des deux hommes devait être remplie et ils devaient se préparer à une foule de tâches plus complexes les unes que les autres. Songez-y : un tel voyage est une aubaine qui restera rarissime longtemps, même si elle se renouvelle plusieurs fois dans les vingt ans qui viennent. Américains et Russes totaliseront quelques dizaines, puis quelques centaines d'heures lunaires tout au plus, avant de parvenir à la fameuse base lunaire permanente avec navette et roulement de « lunautos » qui se relèveront chaque mois. Aussi, cette rareté qui rappelle l'accumulation des heures en apesanteur, de 1961 à 1966, entraîne-t-elle une programmation très dense et très serrée des gestes des deux hommes.

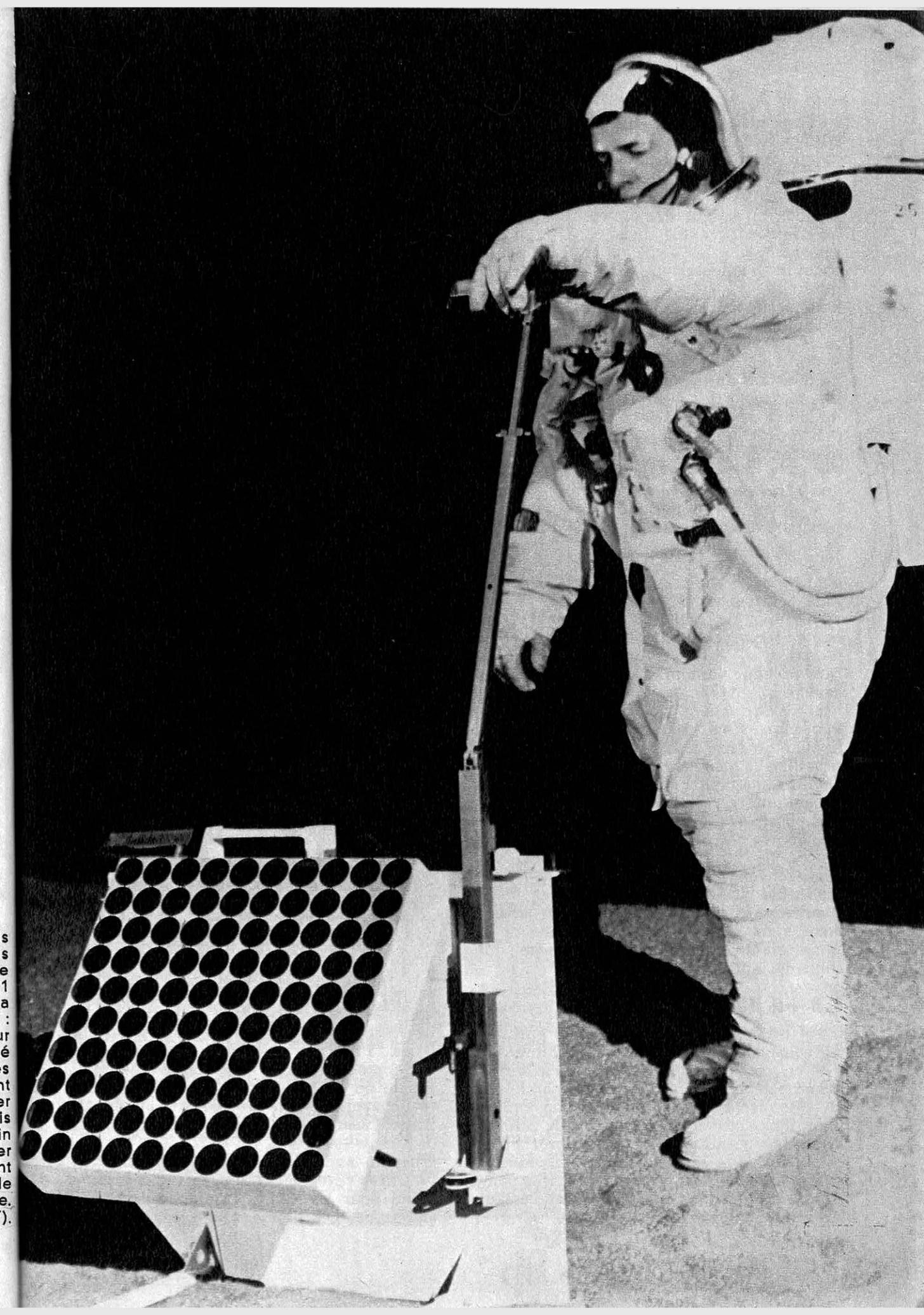
Mais précisément l'accumulation des expériences d'apesanteur a montré, au fil des ans, aussi bien du côté des Américains que du côté des Russes, qu'il ne fallait pas trop demander à des hommes, si solides et si entraînés soient-ils, surtout dans l'ordre des complexités intellectuelles.

Le milieu lunaire risque d'être encore plus éprouvant, tant par sa pesanteur non nulle mais six fois moindre que la nôtre que par ses conditions thermiques et rayonnantes sans précédent.

Comment alors exiger une présence d'esprit indispensable à des mesures fines et des interprétations compliquées pour des cerveaux quelque peu bousculés par les conditions du voyage, l'émotion bien réelle et l'appréhension du retour qui reste toujours problématique... tant qu'il n'est pas réalisé ! C'est pourquoi en dehors des nombreuses tâches photographiques des environs, bien légitime : on veut voir ce qu'ils ont vu, les techniciens de la NASA ont allégé considérablement les missions imparties aux premiers hommes à mettre le pied sur la Lune. On a simplement laissé à ceux-ci l'honneur de l'exploit et de la première visualisation, ainsi que l'accomplissement, à titre expérimental, de la très complexe série de manœuvres.

Aussi l'ALSEP (Apollo Lunar Surface Expe-

L'un des trois
appareils
que l'équipe
d'« Apollo » 11
installera
sur la Lune :
le rétro-rélecteur
laser, composé
de cent cataphotes
réfléchissent
le rayon laser
émis depuis
la Terre afin
de mesurer
exactement
la distance de
la Terre à la Lune.
(voir dessin p. 96-97).



s
s
e
1
a
:
ir
s
nt
er
is
in
er
nt
le
e.
).

riments Package), que l'on peut traduire par « Equipement expérimental Apollo de la surface lunaire », a-t-il fait place à l'EASEP (*Early Apollo Scientific Experiment Package* « Equipement scientifique expérimental préliminaire d'Apollo »). La Bendix Aerospace qui a élaboré le premier programme, puis le second après révision, a particulièrement figolé les deux appareils auxquels s'ajoute d'ailleurs un troisième d'origine différente.

Enumérons-les en nous attachant surtout à souligner l'intérêt de l'expérience entreprise par chacun.

Il y a d'abord un *sismographe lunaire*.

La question du dépôt de sismographe capable de déceler les éventuels « tremblements de lune » est déjà ancienne, si tant est que l'on puisse parler d'ancienneté quand il est question de quatre ou cinq ans à peine. En effet, quand les Américains lancèrent une série de « Rangers » percuter la Lune, il avait été à l'époque indiqué que l'un ou plusieurs de ces appareils, munis d'un rétro-freinage du dernier moment, aurait pu déposer avec une douceur toute relative un équipement sismographique.

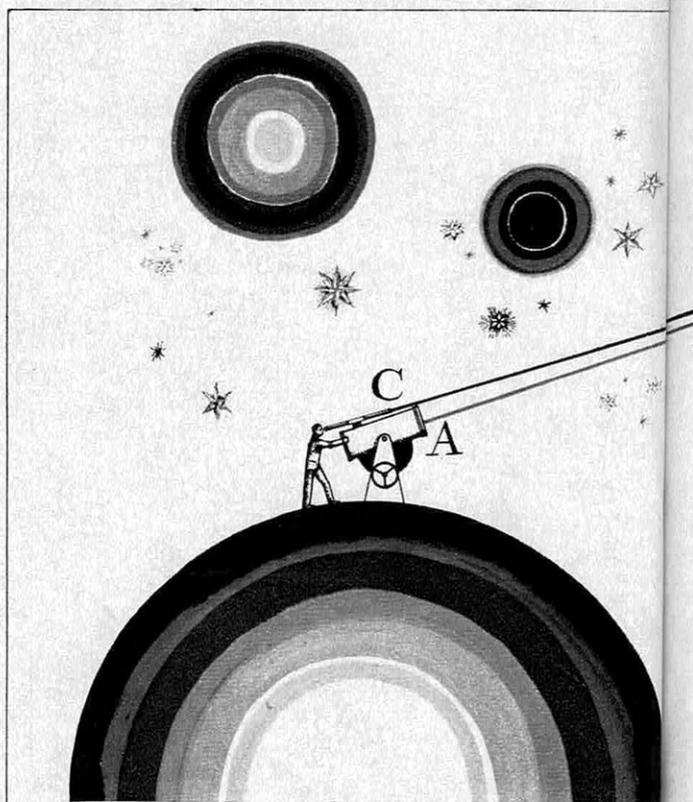
Ceci correspondait effectivement à un vieux rêve de savant : il est de la plus haute importance de savoir si l'écorce lunaire et sa partie profonde, voire le noyau central, sont parcourus des mêmes frémissements superficiels ou profonds que l'écorce terrestre.

Pourquoi est-ce intéressant ? Parce que si la Lune est faite d'un seul bloc, sans couche superficielle analogue à notre écorce et notre manteau annulaire, son origine est nécessairement différente de celle de la Terre. Il n'est pas possible que la genèse de deux corps planétaires soit commune si de telles différences de structure se manifestent, vue l'équivalence relative dans l'échelle des grandeurs entre la Terre et la Lune.

D'autre part, le mécanisme du refroidissement a dû être différent, le volume de la Lune étant cinquante fois moindre que celui de la Terre.

Y a-t-il volcanisme ?

Il est bon également d'éclairer la question du volcanisme intrinsèque de la Lune. S'il y a un magma visqueux interne le volcanisme est possible : la Lune ne serait pas un astre froid et figé jusqu'en son centre. Enfin l'impact des météorites qui se produit de temps à autre doit faire vibrer notre compagne et la secousse doit se répercuter partout, intérieurement et superficiellement. Autant de questions qu'il est capital d'éclaircir. Un seul moyen : l'expérience.



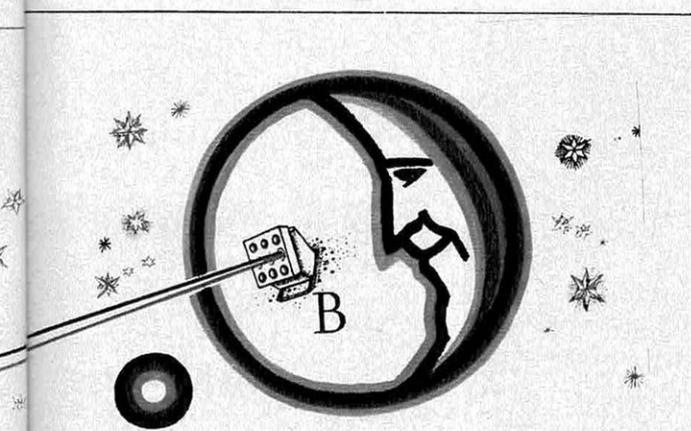
A la vitesse de 299 792 km à la seconde, l'aller et retour du rayon laser variera entre 2 secondes 32 centièmes, quand la

C'est pourquoi on avait construit des appareillages sismologiques capables d'encaisser un choc assez rude à l'arrivée et pourvus d'un émetteur qui aurait télémétré vers la Terre quelques indications préalables. Ce programme fut abandonné dans la série des coupures budgétaires faites à partir de 1965 et, de plus, les essais de chocs montrèrent qu'il y avait incompatibilité entre la délicatesse des mécanismes destinés à déceler de légers frémissements presque imperceptibles et une arrivée en catastrophe à 10 mètres par seconde, comme le firent les « Surveyors ».

Les sismographes lunaires ont tout à gagner à être déposés délicatement par des hommes allant sur place !

Le PSEP répond aux desiderata des spécialistes. PSEP (*pour Passive Seismometer Experiments Package*) est une petite station pesant 45 kg (donc 6 kg sur la Lune), son responsable est le D^r Gary Latham du *Lamont Geological Observatory*, Université de Columbia.

C'est un appareil assez complexe comportant trois détecteurs pour les ondes longues et un pour les ondes sismiques de courte amplitude. Les données sont envoyées par



$$AB+BC = 2,5 \text{ s}$$

Lune est le plus proche, et 2 secondes 65 centièmes quand elle est le plus loin de la Terre. Le temps indiqué ci-dessus n'est donc qu'une moyenne. Ces mesures très précises de distance permettront de déterminer à 10 cm près la dérive éventuelle des continents et sa vitesse (1 cm par an, croit-on).

un dispositif radio vers la Terre qui peut envoyer à l'appareil une série de quinze commandes différentes.

L'énergie électrique est fournie par deux panneaux latéraux recouverts de cellules solaires dépliées lorsque l'astronaute dispose l'appareil dans sa position définitive. Le temps de fonctionnement est prévu d'un an. Ce qui pose un problème de taille : les alternances de jour et de nuit, chaque treize jours terrestres, portent alternativement l'appareil à $+120^\circ$ et -150° . Le pouvoir réflecteur des parois polies à l'état de miroir et l'isolation intérieure doivent permettre aux mécanismes d'encaisser la chaleur. Mais les -150° ne pardonnent pas. Aussi a-t-on inclus une petite pile aux radio-isotopes (du césium 137) qui réchauffera les appareils et l'équipement électrique au moment du froid des nuits lunaires.

Passons maintenant au LRRR (*Laser Ranging Retro-Reflector*), c'est-à-dire le rétro-réflecteur pour mesurer les distances par laser. Cette expérience est placée sous la direction du D^r Carroll O. Alley de l'Université du Maryland et du D^r Donald Eckhardt de l'Air Force Cambridge Research Laboratory.

C'est un panneau métallique de 32 kg (4 kg sur la Lune) orienté, puis fixé par des vérins sur un socle parfaitement calé sur le sol lunaire de façon à ce qu'il ne bouge pas. Le panneau est recouvert de cent cataphotes disposés en dix rangées de dix. Ces cataphotes sont donc passifs, l'appareil ne joue d'autre rôle que de réflecteur de rayons lumineux lasers émis depuis la Terre.

Voici le principe de l'expérience. Si l'on émet un pinceau laser très fin depuis une station terrestre, une impulsion envoie en huit à dix milliardièmes de seconde quelques milliards de milliards de photons (le photon est le grain élémentaire de lumière). Que ce pinceau heurte un miroir et revienne exactement en sens inverse, il pourra être perçu par un télescope spécial habilité à détecter la seule longueur d'onde émise. Il suffit de quelques milliers de photons qui retournent pour impressionner le détecteur à la réception.

Le temps d'aller et retour — à raison de 299 792 km/s, vitesse de la lumière dans le vide — est mesuré avec une précision extrême, donc la distance qui sépare l'émetteur laser du réflecteur. La moindre variation de distance est décelée et le mouvement réciproque est mis en évidence par effet doppler.

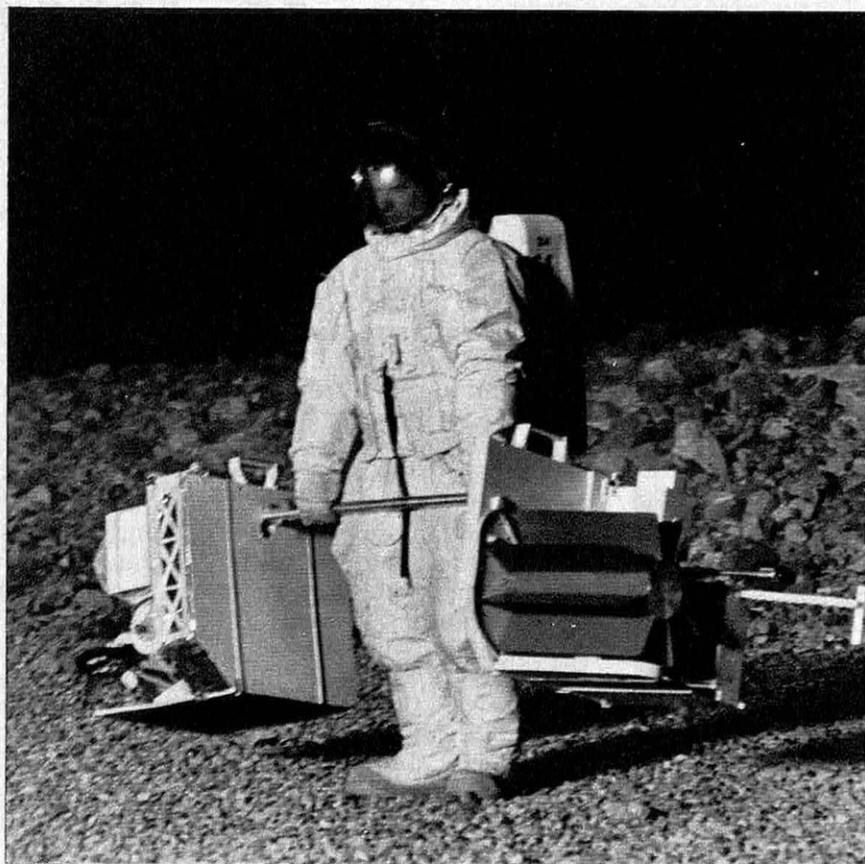
Ainsi pourra-t-on, au long des dix ans que l'on pense pouvoir utiliser ce réflecteur — l'abrasion du « vent solaire » dépolira la face d'entrée des prismes — mettre en évidence l'éloignement de la Lune (estimé à 1 cm par an), les irrégularités du mouvement de rotation terrestre, la dérive des continents par des visées faites depuis plusieurs stations, et les balourds de la Lune, en l'occurrence les mascons.

La technique des éclairs lasers sur des prismes cataphotes qui tapissent un satellite a été déjà employée aux USA. Et, tout spécialement, en France sur les satellites « Diamètre » pour des mesures géodésiques.

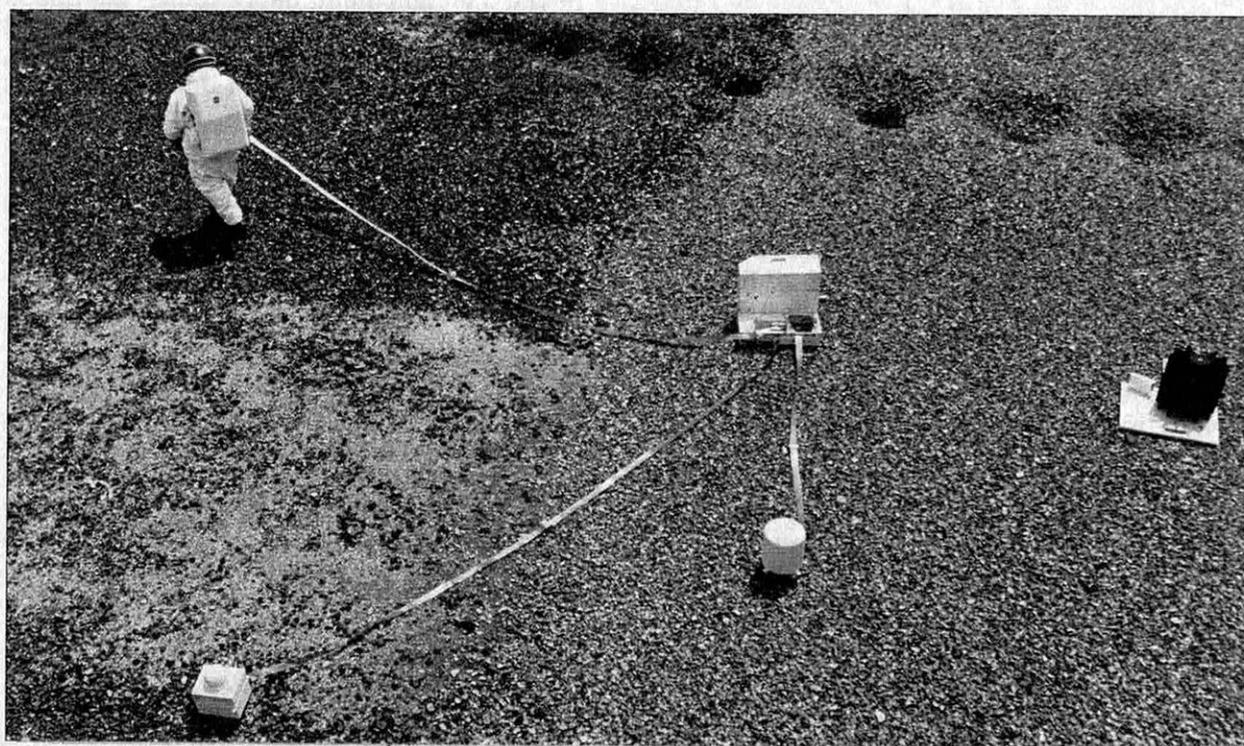
La précision française ...

La compagnie française chargée de la taille des prismes vient de fournir un lot de tels cataphotes à l'URSS pour en tapisser un appareil analogue au LRRR qu'une station lunaire russe déposera en douceur. Il y aura donc deux réflecteurs, en service, celui des astronautes américains et celui franco-soviétique amené automatiquement.

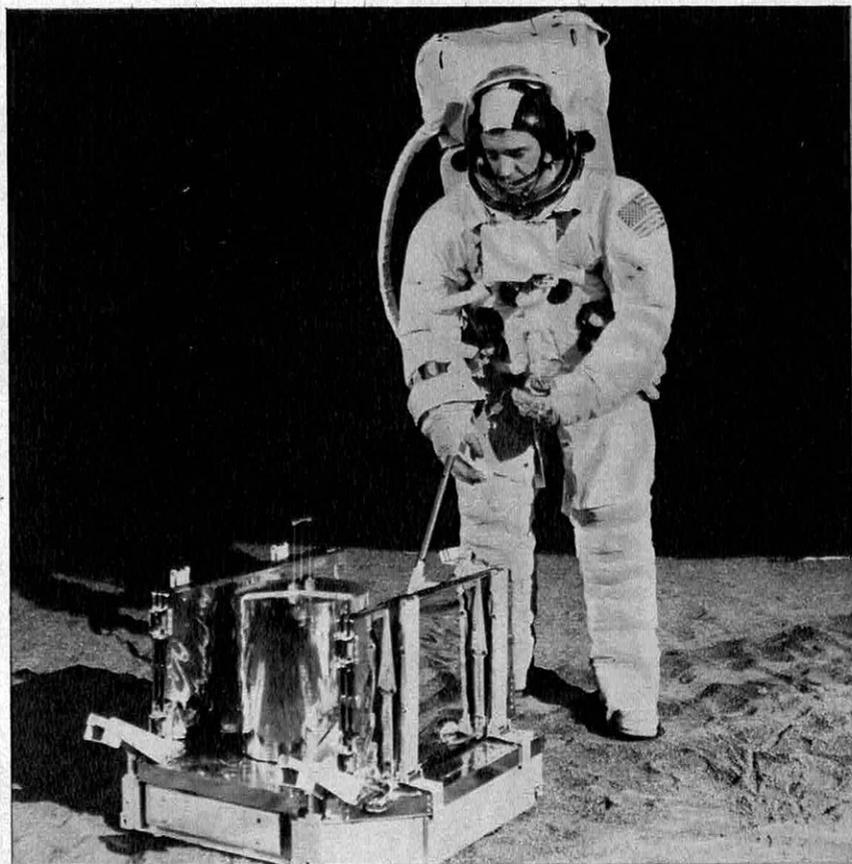
La construction des prismes-cataphotes demande une très grande précision. En effet, le faisceau, en entrant, doit subir une réflexion totale sur les faces internes et ressortir avec une direction rigoureusement



Ces photos, prises au cours d'essais sur la Terre, donnent une idée précise de ce qu'est le transport à bout de bras de l'unité d'appareils combinés. Démontée, cette unité se décompose d'abord en cette antenne radio (qui ressemble à une table roulante de petit déjeu-



Essais terrestres d'installation de l'ALSEP, prévu sur « Apollo » 12, 13 et 14.



ner...), et puis en un sismographe passif, alimenté par des piles solaires et doté de son système de transmission autonome et, enfin, en un réflecteur laser (p. 95). Le seul sismographe pèse exactement 50 kilos. Mais sur la Lune, il n'en pèsera plus que 7.

parallèle à la direction d'entrée. Le taillage des faces exige donc une précision draconienne dans l'angle des faces.

De plus l'orientation des cent prismes sur le panneau doit répondre à un critère bien défini d'orientation. En effet, l'angle d'arrivée des faisceaux lasers variera avec l'emplacement des stations, avec le mouvement de libration de la Lune et l'alternance due à l'inclinaison du plan orbital lunaire. Mais n'oublions pas qu'une circonstance joue en faveur de l'expérience : la Terre vue de la Lune ne bouge pas, à la libration près ; elle est toujours au même endroit dans le ciel. Si donc la visée terrestre varie, le panneau réflecteur sur la Lune est orienté une fois pour toutes vers la Terre par l'astronaute qui cale l'appareil.

Il reste simplement à varier les angles d'implantation de chaque cataphote de façon à être sûr qu'à tout coup l'un au moins reçoit le rayon laser perpendiculairement et, par conséquent, le renvoie vers son émetteur. Le troisième appareil, tout différent, revient sur Terre et sort un peu de cette étude. Il faut néanmoins le mentionner, d'autant

plus qu'il n'est pas américain mais suisse. C'est une expérience menée par le D^r Johannes Geiss, de l'Université de Berne.

Petit appareil de 450 g seulement, c'est en bref une plaque métallique, de l'aluminium, qui est exposée au vent solaire pendant la durée de la sortie lunaire.

Ce vent solaire est un courant de noyaux d'atomes envoyés par le Soleil lors de chaque éruption chromosphérique. Il vient frapper la Lune de façon plus ou moins continue et on l'a invoqué pour expliquer le décapage curieux, véritable érosion de la surface lunaire, qui fait apparaître les cailloux comme si une abrasion éolienne intervenait là bas.

Mais on connaît mal les caractéristiques de ce vent solaire et surtout sa composition. Aussi la plaque suisse est-elle conçue pour capter les noyaux d'atomes des gaz rares, hélium, néon, argon, krypton, xénon.

L'analyse ultérieure, à terre, de ces gaz captés donnera une idée de la composition solaire de ces éléments, et du même coup éclaircira la composition de tous les autres éléments.

Marcel-Henri SOLANT

ÇAY EST!

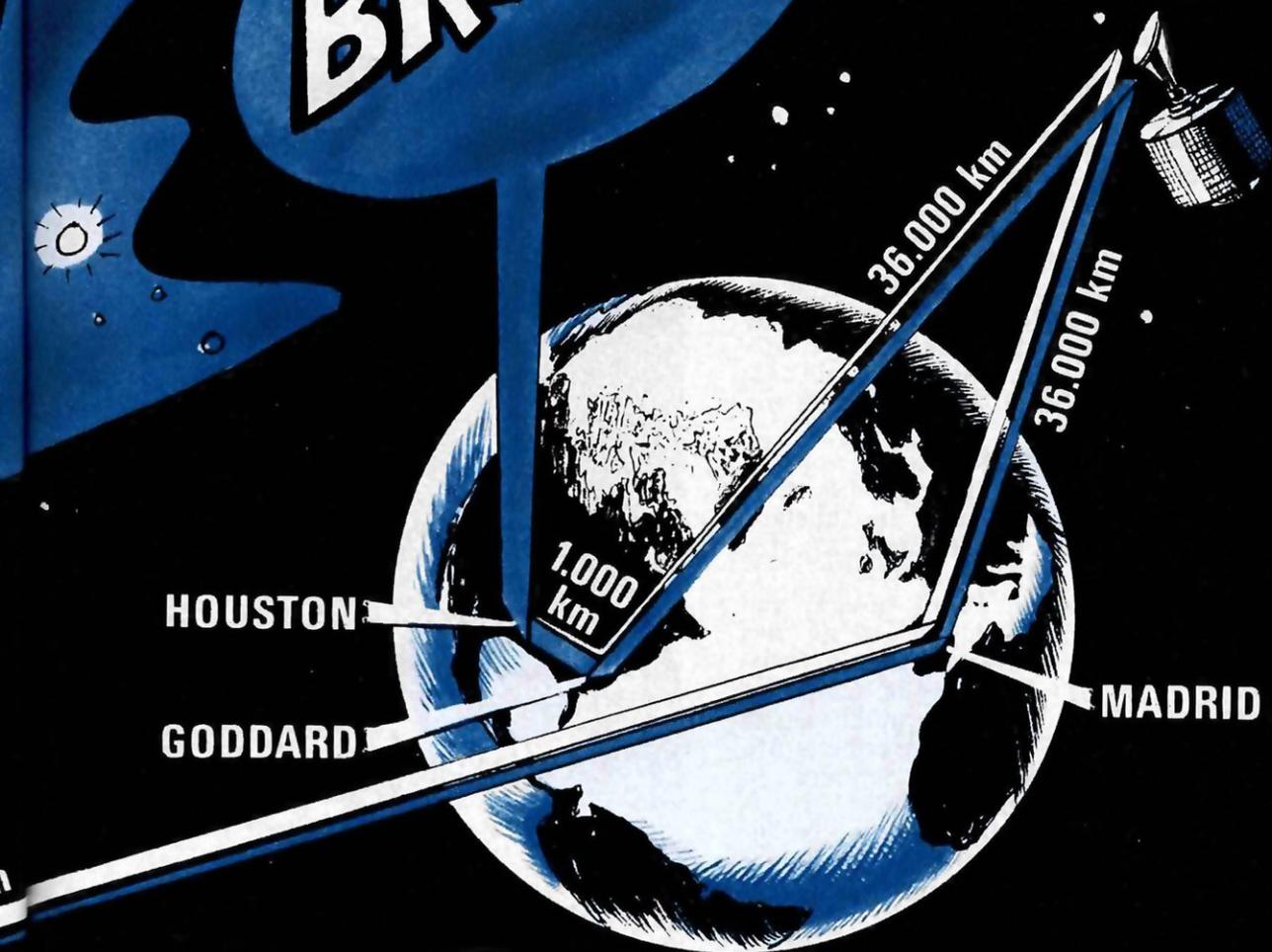
380.000 km

LUNE



BRAVO!

RELAIS
GÉOSTATIONNAIRE



TROIS SECONDES ET DEUX CENTIÈMES POUR LA PLUS "LONGUE" CONVERSATION RADIO

Trois secondes et deux centièmes suffisent à assurer un échange de répliques historique. « Ça y est ! » s'écrient les premiers hommes sur la Lune. Et, portée par les ondes radio à la vitesse de 300 000 km à la seconde, la voix court jusqu'à Madrid (380 000 km), est réexpédiée vers un satellite-relais géostationnaire (36 000 km), laquelle la répercute vers la base Goddard (encore 36 000 km), laquelle la renvoie à Houston (à environ 1 000 km). « Bravo ! » répond la Terre, et sa réponse emprunte le même trajet dans le sens inverse. Trajet total : 906 000 km, la plus « longue » communication radio depuis toujours.

LA TERRE DOIT-ELLE REDOUTER L'IN

Qui ne se souvient de l'étonnante *Guerre des mondes*, de H. G. Wells ?

Les Martiens ont envoyé plusieurs boulets sur la Terre. Des créatures à forme de pieuvre, aidées par leurs robots tripodes et un rayon laser avant l'heure, commencent l'anéantissement de l'humanité et des cités autour d'elles. Puis, subitement, tout s'arrête, les affreux envahisseurs sont vaincus par un ennemi insidieux : les microbes terrestres, qui les contaminent en quelques heures de maladies que ces créatures supérieurement intelligentes n'avaient su prévoir. Allons-nous rééditer ces pages sinistres en sens inverse ? Les astronautes qui arriveront sur la Lune, sur Mars, sur Vénus, ne seront-ils pas terrassés par quelque épidémie terrible entraînée par des agents microbiens ou à virus inconnus ?

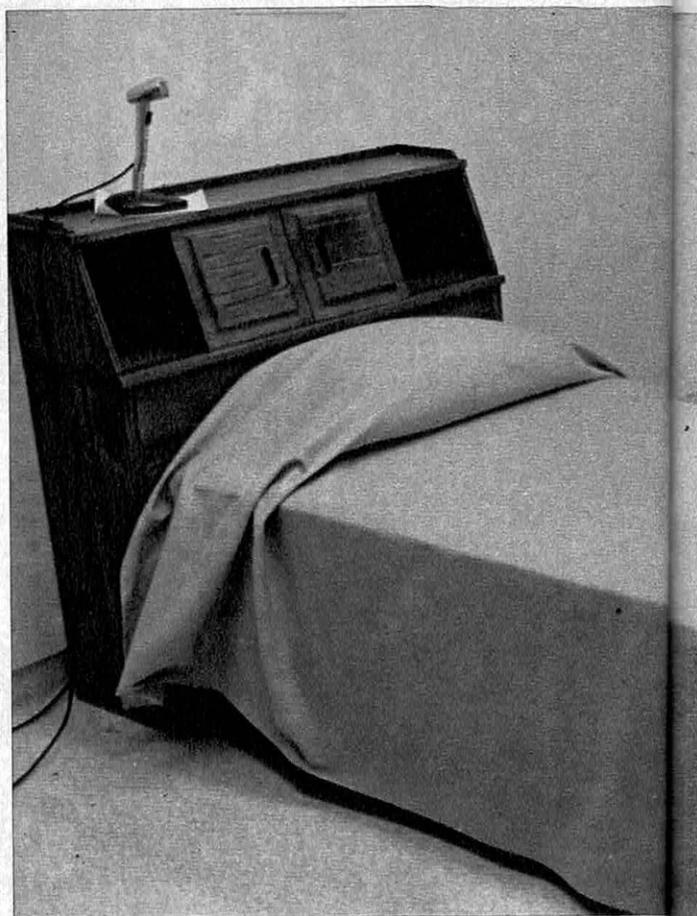
Bien pire encore, ces astronautes ne vont-ils pas ramener à la « semelle de leurs souliers » non pas leur patrie, mais des substances polluées par une vie étrangère à notre globe ?

Et une fois parvenues « chez nous », ces formations biologiques supposées ne risquent-elles pas de trouver un terrain favorable : nos océans, véritables bouillons de culture, le terreau avec ses milliards de microorganismes par centimètre cube, notre atmosphère déjà chargée de milliers de spores dans chaque litre ?

La biosphère dans laquelle nous vivons mérite bien son nom. Cette très fine pellicule d'air de terre et de mers contient, en quelques kilomètres d'épaisseur, toutes les conditions idéales à la prolifération de la vie : chaleur, humidité, tous les éléments... et tant d'autres organismes tous prêts à servir de support et d'aliment aux innombrables agents pathogènes.

On n'insiste jamais assez sur le miracle d'équilibre écologique que représente notre vie terrestre. Que les animaux — y compris l'homme, en l'occurrence — puissent survivre au milieu de ce foisonnement de virus, de microbes, de spores, de pollens, de bactéries qui grouillent dans l'eau que l'on boit, cela représente une adaptation prodigieuse de nos organismes sans cesse agressés.

La vie est une attaque sans cesse repoussée par une défense presque toujours sans faille. Presque toujours parce que la Nature a peu à peu adapté les organismes à toutes les possibilités et l'on imagine qu'il a fallu pour cela une sélection draconienne et énormé-



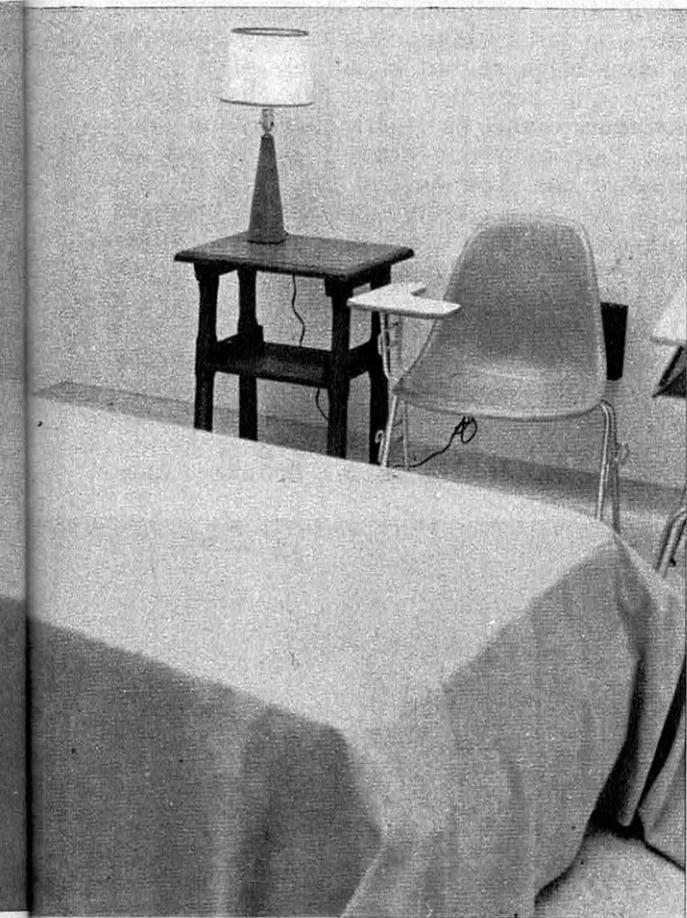
Une cellule monastique : c'est la chambre.

ment de temps. Donc, la vision wellsiennne est vraie : qu'un agent étranger à nos structures entre intempestivement dans notre milieu ambiant et la catastrophe est inévitable. Et ceci d'autant plus que l'on sait depuis peu à quel point les combinaisons chimiques qui servent de support à toutes les formes de vie sur la Terre sont limitées. Les chaînes d'acides aminés à la base des protéines ont des séquences bien définies basées sur une simple clé ternaire.

Or, que les acides aminés soient faciles à synthétiser partout dans le système solaire, nous en avons maintenant une quasi-certitude. Il semble bien que des corps célestes comme les comètes et la surface des planètes, telle Mars, soient parfaitement aptes à favoriser les combinaisons des molécules élémentaires que l'on trouve ici-bas.

Le rayonnement solaire et ses longueurs d'ondes courtes, loin de « stériliser » comme on l'affirmait voici peu encore, ont une

INTRUSION DE GERMES LUNAIRES ?



de Neil Armstrong dans le laboratoire-prison...

action d'ionisation qui sert de catalyseur à l'association des atomes simples dont sont faits les acides aminés.

Si donc les corps célestes n'ont pas de vie structurée en eux ou sur eux, ce qui est d'ailleurs à démontrer, cela n'exclut absolument pas le fait que, depuis des milliards d'années, une chimie biologique s'y produise, donnant lieu à formation d'entités plus ou moins proches de nos propres unités vitales.

Là est l'immense danger pour les futurs contacts interplanétaires. Les métabolismes de la vie terrestre peuvent fort bien être simplement enrayerés par l'intrusion de substances complexes de structure différente exactement comme la pénicilline bloque la prolifération de certaines bactéries en coiffant certaines molécules de leur membrane par un assemblage semblable mais différent en certains points.

Parler ainsi il y a seulement dix ans aurait

fait hausser les épaules des spécialistes. Mais l'idée a rapidement fait son chemin et il y a eu un retournement complet parmi certains responsables des programmes américains de l'espace (avec une attitude probablement similaire en URSS, sur la foi de certaines études publiées là-bas).

De sorte qu'actuellement la question de la contamination s'est scindée en deux parties bien distinctes :

- la contamination des milieux extra-terrestres par les germes venus de notre globe ;
- la contamination de notre globe par des germes ou tout autre agent chimique venus de l'espace et des planètes.

Le premier cas a été celui qui a reçu le plus d'attention initialement, dès les débuts de la conquête spatiale. Et les précautions prises ont été étayées par de très intéressants travaux de laboratoire relatifs à ce que l'on appelle maintenant *l'exobiologie*. Les expériences d'exobiologie consistent à reconstituer en laboratoire les conditions physiques que l'on suppose régner sur les diverses planètes, Mars par exemple, et d'étudier la survie des organismes, surtout les microorganismes.

Les résultats, sur lesquels nous n'avons pas à nous étendre ici, ont été surprenants dans le sens de l'extrême vitalité. Autrement dit, il a fallu en convenir, la vie, que l'on a trop tendance d'ailleurs à qualifier abusivement *d'élémentaire*, possède une résistance extraordinaire aux conditions très différentes de celles qu'on leur croit indispensables. Le manque d'air, la pression très raréfiée, les froids de -150° et plus bas encore ne sont pas du tout fatals aux spores et aux pollens. Ceci a donné du regain à la théorie de la *panspermie* qui couvrait la littérature scientifique au début de notre siècle. Les agents vitaux de très petites tailles peuvent parcourir des immensités d'espace pendant des temps à la mesure de cette immensité, leur pouvoir évolutif suspendu mais non anéanti. Et la vie peut, de la sorte, aller d'un monde à l'autre, se propager de proche en proche, de système stellaire en système stellaire, au hasard des rayonnements qui les poussent. Quoi qu'il en soit de ces idées grandioses, il a fallu admettre que les risques de contamination des milieux lunaires, martiens et, peut-être, vénusiens étaient réels. Vénus a une surface portée à 400° C, température stérilisante certes. Mais l'atmosphère déjà très dense est à -60° à 50 km d'altitude.

Il existe donc une zone annulaire de l'atmosphère vénusienne où la température passe par zéro et les dix, vingt et trente degrés qui favorisent notre biologie terrestre. Que les sondes russes « Venus » qui descendent lentement par parachute soient mal stérilisées, les microorganismes qui sont déposés à leur surface passeront alors dans ce milieu favorable et peuvent très bien y proliférer. Et voilà une planète entière contaminée par nos microbes qui n'ont rien à y faire.

De même et surtout pour Mars où la température peut monter aux alentours du zéro. à l'équateur et à midi. Et ce n'est plus la raréfaction de l'atmosphère (égale à celle qui règne à 15 km d'altitude ici) qui peut gêner certains agents virulents.

Depuis 1959 les sondes interplanétaires sont soigneusement stérilisées à la chaleur pour les coques métalliques qui supportent les températures élevées, aux rayons ultraviolets

pour les composants qui seraient détruits par une élévation de température. Mais certaines pièces, telles celles qui entrent dans les circuits électroniques, ne peuvent être ni échauffées ni irradiées et la stérilisation véritable des engins complexes que l'on fait maintenant n'est que partielle. L'assemblage se fait en milieu aussi aseptique que possible, dans des chambres à air conditionné, en légère surpression pour que l'air extérieur porteur de spores ne pénètre pas. Les engins, au fur et à mesure de leur assemblage, sont protégés par des housses plastiques qui les enveloppent jusqu'à la pose au sommet des fusées lanceuses.

Disons donc que les spécialistes font tout leur possible pour ne pas transformer les stations spatiales en véhicules à microbes... mais c'est plutôt une question de foi qu'une certitude.

Prenons maintenant le cas inverse. Qu'a-



Des graines, des plantes, des insectes, des poissons et de petits mammifères sont mis

en contact avec les roches lunaires, afin de rechercher leurs effets nocifs éventuels.

t-on fait pour éviter la terrible menace d'une pollution terrestre par des agents pathogènes éventuels ramenés de la Lune ? Là encore il faut distinguer deux cas :

- les échantillons du sol lunaire qui vont circuler dans cent quarante-quatre laboratoires répartis dans le Monde entier ;
- les deux astronautes qui ont fait la sortie lunaire.

Dans le premier cas, c'est un problème de manipulation et de laboratoire. Dans le second, c'est un problème de prophylaxie et de médecine-biologique. Les deux ont par conséquent fait l'objet d'autant de précautions mais d'ordre différent.

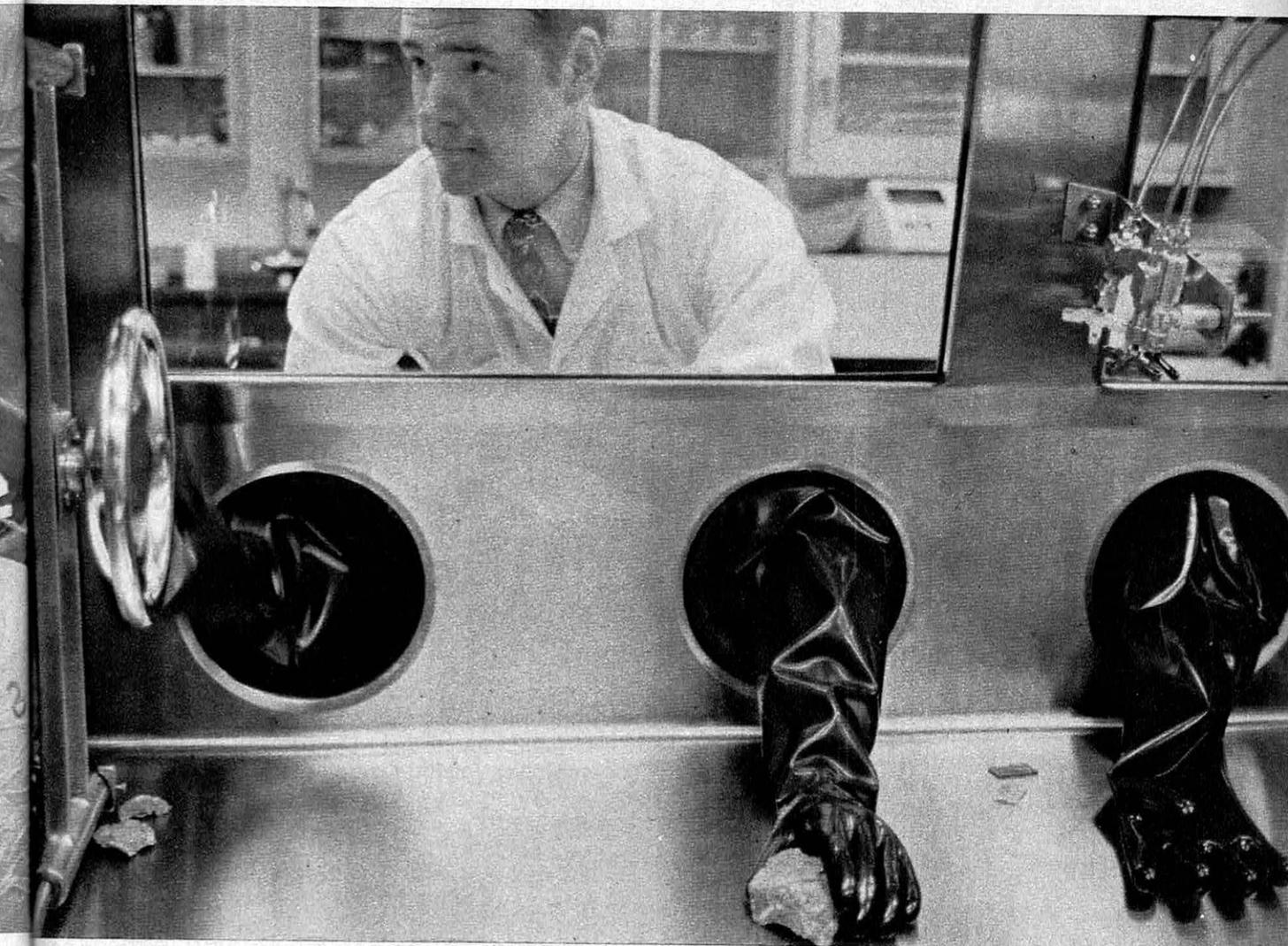
Les échantillons du sol lunaire, 22 kg environ, sont prélevés par les deux lunaires qui ont reçu une éducation de géologue-amateur préalable pour leur permettre un choix. Ces échantillons sont pris avec des pinces rigoureusement aseptisées elles-mêmes tirées d'un récipient demeuré clos

tout au long du voyage et dans lequel un vide poussé a été effectué. Donc pas de microbe terrestre sur la Lune par ce mécanisme de ramassage.

Les morceaux sont mis dans des éprouvettes et répartis dans deux boîtes où règnent également le vide et qui sont scellées.

Après l'amerrissage, les deux valises sont transportées — chacune dans un avion différent — jusqu'à Houston où se trouve le *Receiving Laboratory* construit et équipé pour les réceptionner, pour mettre ces échantillons en quarantaine pendant au moins trente jours et pour procéder aux premières analyses biologiques qui recherchent les contaminants possibles.

Pour cela il faut d'abord stériliser les deux boîtes elles-mêmes, exposées au milieu ambiant lunaire et que l'on a mises dans deux valises lors de leur récupération. On les irradie aux rayons ultraviolets, on les



Les roches lunaires suivront un circuit où toutes leurs caractéristiques seront détermi-

nées. Pendant 21 jours les techniciens ne seront jamais en contact direct avec elles.

plonge dans un bain d'acide, on les rince à l'eau distillée et on les sèche à l'azote stérilisé.

Et puis on les introduit dans un compartiment où règne un vide particulièrement poussé et on les manipule à travers un mur à l'aide de gants souples comme on le pratique couramment avec les substances radioactives. Les boîtes sont enfin ouvertes !

Une fraction des échantillons est immédiatement envoyée dans un laboratoire d'analyse physique (radioactivité, émanation de gaz rares, spectrographie de masse...). Une autre partie va au laboratoire biologique. Bien entendu tous ces laboratoires font partie du grand ensemble parfaitement isolé de l'extérieur où les hommes vivent en cycle fermé pendant la quarantaine.

Les analyses biologiques font appel à toutes les ressources d'observation directe : microscope, microscope électronique, chromatographe, spectromètre... Mais le point essentiel est celui de la présence de microorganismes évolutifs.

Les souris de l'anxiété

Pour le savoir on prend un petit fragment du sol, on l'écrase à l'état de poussière, on dilue et on passe à la centrifugeuse. Le filtrat est alors donné comme eau nourricière à des plantes aquatiques, algues en particulier. On l'injecte également dans les tissus de certains animaux : poissons, mammifères et insectes à reproduction rapide.

On injecte d'autre part les particules lunaires à des souris nées en milieu aseptique, donc non immunisées. Un extrait des tissus de ces souris de première génération est ensuite inoculé à une seconde génération... Si au terme de trois à quatre semaines, les souris ne présentent aucun trouble ou aucune modification observable de leurs organes on déclare la « lunite » vierge de tout germe spécifique et on lui donne le label de circulation parmi les laboratoires d'analyse qui se sont inscrits depuis des années pour en avoir.

Les hommes maintenant.

C'est là une affaire plus compliquée et le local de réception — qui est en même temps un éventuel hôpital — bâti à Houston est une réalisation étonnante. Ces 3 500 m² permettent à dix-huit hommes de vivre normalement, en cycle fermé, sans aucun échange avec l'extérieur pendant des semaines. Mais on peut en loger jusqu'à cent vingt.

Ce complexe a été édifié par la NASA sur ordre du Ministère de la Santé et du

Ministère de l'Intérieur responsable de « la conservation des ressources naturelles ».

La capsule de rentrée ne fait courir aucun risque, du moins on l'espère, car sa rentrée atmosphérique la porte à quelque 2 000° et cette température doit tout griller de ce qui se serait fixé superficiellement. Ce n'est d'ailleurs pas ce vaisseau qui aura été sur la Lune, mais la fixation à la partie du LEM qui revient peut en avoir « sali » certaines parties.

Les deux hommes de retour de la Lune peuvent contaminer leur compagnon. Tous trois restent dans la capsule qui flotte sur l'océan. Cette capsule, récupérée par hélicoptère, est transportée sur le pont du porte-avion. Là, un tunnel en plastique met momentanément en communication l'intérieur de la capsule avec un wagon, sorte de caravane, de 10 m de long, où un ingénieur et un médecin attendent les trois astronautes.

Ils vivent là jusqu'à l'arrivée dans le port et le wagon, amené à un aérodrome, est emmené par avion à Houston. Là, une plate-forme amène le wagon devant un sas où un autre tunnel plastique permet aux cinq hommes de pénétrer dans le *Receiving Laboratory*.

Les déchets de l'activité de ces dix-huit hommes sont calcinés, les eaux usées filtrées demeurent en cycle fermé. L'air venant de l'extérieur est traité et la pression interne plus faible que celle de l'extérieur pour que l'air pénètre en cas de rupture d'une cloison ou d'une vitre. Il faut que rien ne sorte pendant au moins trois semaines.

Si, au terme de ces trois semaines, aucun signe de maladie n'est apparu, si les analyses sont négatives, si le sol lunaire s'est avéré vierge de tout contaminant suspect, les hommes sont libérés et l'aventure lunaire recommencera.

Toutes ces précautions sont-elles vraiment efficaces ? N'y a-t-il pas une faille quelconque dans ce système compliqué de protection ? On veut l'espérer. Et, à dire vrai, on ne pense vraiment pas que la Lune puisse nous jouer ce vilain tour.

Mais pour Mars il en sera tout autrement et les fameux voyages interplanétaires décrits par tant de science-fiction ne seront pas du tout ce que l'on croit. Les navigateurs qui explorèrent l'Amérique du Sud en ramenèrent paraît-il une bien vilaine maladie qui est, depuis lors, très répandue. Que nous ramènerons de Mars les cosmonautes Smith et Popov ? Ne soyons pas si pressés de le savoir.

Léon-Michel TARRANS

QUATRIÈME ET DERNIÈRE PARTIE :

ET MAINTENANT ?

**On sait ce
que nous a valu
la découverte
de l'Amérique ; que
va nous valoir
celle
de la Lune ?...**

"LA PRÉSENCE DE L'HOMME EST NÉCESSAIRE DANS L'ESPACE"



**L'éditorial
du D^r George
E. Mueller,
Administrateur-
adjoint
de la NASA
pour
les vols pilotés.**

C'est un devoir pour les Etats-Unis de demeurer à l'avant-garde de tous les principaux secteurs de l'activité spatiale, qu'il s'agisse de la technologie spatiale, de l'exploration du système solaire, des vols pilotés ou des applications économiques de l'espace. Et les Etats-Unis peuvent raisonnablement y consacrer un ou même un demi pour cent de leur budget national, en ce qui concerne du moins les programmes spatiaux civils.

Un programme de cinq points majeurs s'impose ; les voici :

- L'exploration « agressive » des planètes, telle que la recommande le Conseil scientifique de l'espace de l'Académie Nationale des Sciences des Etats-Unis.

- Les applications économiques des découvertes et des activités spatiales, telles que les recommande la récente étude de la même Académie.

- La poursuite de l'exploration lunaire, que doit permettre l'atterrissage d'« Apollo » 11.

- L'extension des vols pilotés, qui devront être de plus longue durée, permettant ainsi la mise au point de découvertes scientifiques et techniques.

- Enfin, un programme énergique d'observations astronomiques à partir d'orbites terrestres.

Ce qui ne signifie nullement qu'il ne faille s'attacher activement à mettre au point un système de transport d'hommes à bas prix.

L'utilisation d'une station spatiale pilotée de longue durée apparaît comme le découlement logique des vols pilotés. Enfin, des observatoires et des laboratoires devront être placés en orbite terrestre avec des équipements d'astronomie, de physique de l'espace, de biologie et d'étude de nouveaux matériels.

Telles sont du moins les conclusions établies par un Conseil comprenant trois prix Nobel, MM. Charles H. Townes, Louis Alvarez et William Shockley, ainsi que l'éminent D^r Lee A. DuBridge, actuellement conseiller scientifique du président Nixon, et j'y souscris pleinement.

Si l'on me demandait d'élaborer sur ces points, je dirais d'abord que l'avenir des vols pilotés dépend en premier lieu du degré d'économie auquel on peut parvenir. Un mot-clef : la réutilisation. Actuellement, les vaisseaux spatiaux ne servent qu'à un seul vol ; la réutilisation permettrait un abaissement des frais très appréciable. Or, technologiquement, cette réutilisation est possible, comme le démontrent les progrès accomplis en la matière, ces dernières années.

Actuellement, le kilo placé en basse orbite terrestre coûte de 2 500 à 7 500 F, selon les taux de production et de lancement. Mais la grande capacité d'un « Saturn » V - 125 000 kilos - permet d'atteindre la limite la moins élevée de ce « tarif ».

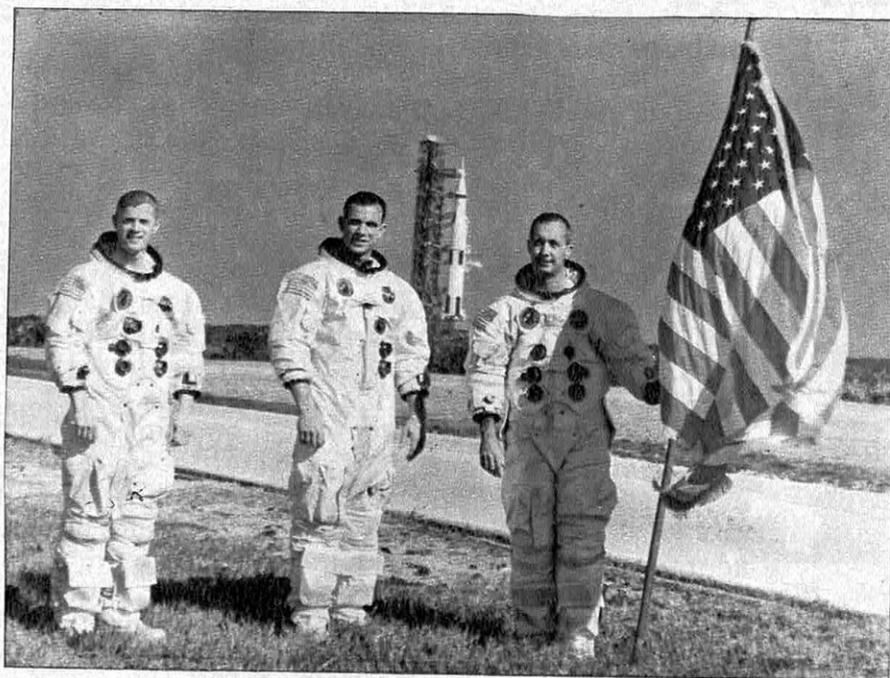
Or, la nouvelle technologie permet d'espérer une réduction par dix de ces prix vers 1975.

Actuellement, les équipements spatiaux reviennent fort cher parce qu'ils doivent répondre à des normes d'efficacité et de fiabilité extrêmement élevées. Mais, si la réduction des frais de transport se faisait, elle permettrait aussi des réparations et des remplacements de pièces ; on pourrait donc utiliser de la sorte un équipement moins coûteux et aussi plus lourd.

Car la présence de l'homme dans l'espace présente un intérêt majeur en ce qui concerne les « surprises de l'espace ». L'homme seul peut juger de l'urgence de telle ou telle situation, de telle modification ou de telle réparation. Il serait également moins coûteux d'utiliser l'homme que de créer des machines pour le remplacer. L'expérience seule pourra le démontrer.

G. E. M.

A QUI APPARTIENT LA LUNE ?



Le débarquement sur la Lune et le droit spatial...

par le Professeur Martial Tricaud

De la Terre à la Lune, la route à travers l'espace vient d'être franchie avec succès. Le fantastique voyage interplanétaire imaginé par Jules Verne, longtemps demeuré dans le domaine de la chimère, est maintenant un fait accompli, marquant une date historique pour l'humanité. Le débarquement de l'homme sur la Lune, réalisé grâce aux progrès incroyables de la science et de la technique, soulève des problèmes juridiques nouveaux qu'il est intéressant de connaître. Nous les analyserons dans cet article en nous efforçant de répondre aux questions suscitées par l'événement.

1^{re}

question : Y a-t-il un droit applicable à la Lune ?



CHRISTOPHE COLOMB : parti pour conquérir les Indes par l'Ouest, il trouva l'Amérique sur son passage. « Ni la raison, ni les mathématiques et ni les cartes ne me furent d'aucun usage », écrivit-il en 1502. Il avait cependant fondé les prémisses de l'empire espagnol d'Amérique.



HENRI LE NAVIGATEUR : ce Portugais avait rêvé dans sa jeunesse que l'avenir se trouvait vers le Sud. Barthélémy Diaz, Albuquerque, Vasco de Gama épousèrent son rêve et l'empire portugais d'outre-mer se trouva ainsi fondé. En ce temps-là, les terres — et les hommes qui s'y trouvaient — appartenaient à leurs « découvreurs ».

Le droit de l'espace et des corps célestes est en pleine formation. Il répond à une nécessité. Il est en effet indispensable d'établir des règles de droit spéciales concernant les différentes activités spatiales de plus en plus étendues. Il convient de préciser quels sont les droits de l'Etat qui a lancé l'engin spatial, quels sont les droits que peut acquérir sur les corps célestes l'Etat qui a lancé l'engin. Les activités spatiales concernent la planète entière.

Le 11 décembre 1959, le délégué de l'U.R.S.S. à l'Assemblée générale de l'O.N.U. déclarait devant la Commission politique : « L'exploration de l'espace est internationale par sa nature. »

Les problèmes du droit de l'espace sont étudiés à la fois par les savants, par les gouvernements, par les juristes et par les organisations internationales, telles que l'O.N.U. Pour examiner ces problèmes et faciliter dans ce domaine une coopération internationale aussi complète que possible, l'O.N.U. a créé le *Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique* avec deux sous-comités, l'un pour les aspects juridiques des questions de l'espace, le *Sous-comité juridique*, l'autre pour les aspects techniques et scientifiques, le *Sous-comité scientifique et technique*.

Le 20 décembre 1961, l'Assemblée générale de l'O.N.U. adopta à l'unanimité une importante résolution qui contient pour la première fois les éléments d'un statut de l'espace. La résolution pose deux principes fondamentaux :

- 1) Le droit international, y compris la charte de l'O.N.U., s'applique à l'espace extra-atmosphérique et aux corps célestes.
- 2) L'espace extra-atmosphérique et les corps célestes peuvent être exploités et utilisés librement par tous les Etats conformément au droit international. Ils ne peuvent faire l'objet d'aucune appropriation nationale.

Le Sous-comité juridique a pris pour base de ses travaux la résolution de l'O.N.U. de 1961. Il a tenu plusieurs séances à Genève, les autres à New York.

Le 13 décembre 1963, l'Assemblée générale de l'O.N.U. adopta une résolution intitulée : « Déclaration des principes juridiques régissant les activités des Etats en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace. » Cette déclaration formule neuf principes :

- 1) Exploration et utilisation de l'espace pour le bienfait et dans l'intérêt de l'humanité tout entière.
- 2) Liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace sur une base d'égalité et conformément au droit international.
- 3) Principe de non-appropriation nationale de l'espace et des corps célestes.
- 4) Application du droit international, y compris la charte de l'O.N.U., aux activités spatiales des Etats.
- 5) Responsabilité internationale des Etats pour leurs activités nationales conduites dans l'espace ; pour les activités



LA FLOTTE ESPAGNOLE DE PIZARRE dans la baie d'El Callao, au large de Lima, capitale du Pérou. La conquête des terres nouvelles se fondait sur la soif de l'or.



MAGELLAN : l'Histoire ne retient plus de lui que le visage du pionnier. Elle a oublié qu'il fut aussi colonisateur.

2^e

question :
A qui appartient la Lune ?

conduites dans l'espace par les organisations internationales, responsabilité de celles-ci et des Etats membres.

6) Nécessité pour chaque Etat dans la conduite de ses activités d'exploration et d'utilisation de l'espace de tenir compte des intérêts correspondants des autres Etats qui pourront éventuellement demander l'ouverture de consultations.

7) Exercice pour chaque Etat de sa juridiction et de son contrôle sur les objets lancés qui sont immatriculés chez lui ; obligation de restitution pour les autres Etats.

8) Responsabilité de l'Etat lanceur, ainsi que de tout Etat dont le territoire ou les installations servent au lancement, pour les dommages causés dans l'atmosphère ou dans l'espace par l'objet lancé.

9) Obligation d'assistance donnée aux astronautes considérés comme des envoyés de l'humanité.

Ce même 13 décembre 1963, l'Assemblée générale de l'O.N.U. adopta une seconde résolution qui recommandait d'envisager la formulation sous forme de traité international des principes juridiques de base contenus dans la « Déclaration ». Le 10 décembre 1966, l'Assemblée générale recommande que le traité qui venait d'être élaboré par le groupe de travail du Sous-comité juridique soit ouvert le plus vite possible à la signature des Etats. Le temps pressait. L'exploit de Luna VI, la perspective de l'envoi éventuel par les Russes ou les Américains d'un engin habité dans la Lune, rendait indispensable la conclusion d'un traité international pour fixer les conditions d'exploration de la Lune et des autres corps célestes. Le traité a été ouvert à la signature des Etats le 27 janvier 1967, simultanément à Londres, Moscou et Washington. Plus de quatre-vingts signatures ne tardèrent pas à être enregistrées. La France a signé le traité le 25 septembre 1967. Cet accord international est extrêmement important. Il constitue la charte de l'espace et des corps célestes.

L'espace contient l'espace extra-atmosphérique, la Lune et les autres corps célestes. Le traité du 27 janvier 1967 semble entendre par « corps célestes » les planètes et leurs satellites naturels : les astéroïdes et les grands corps météoriques (G. JOUKOV, directeur de l'Institut International de l'Espace, Moscou : *Qu'est-ce que l'espace cosmique ?*, « Revue générale de l'air et de l'espace », n. 1, 1968, p. 56). Les auteurs discutent sur la délimitation entre l'espace aérien utilisé par les aéronefs et l'espace extra-atmosphérique où se meuvent les engins spatiaux.

Les physiciens et les chimistes ne sont pas d'accord pour déterminer l'étendue de l'atmosphère terrestre. Pour certains, elle engloberait une zone de 100 000 kilomètres au-dessus de la Terre. L'espace extra-atmosphérique doit avoir un statut juridique différent de celui de l'espace atmosphérique qui relève de la souveraineté complète et exclusive de l'Etat sous-jacent (article 1^{er} de la Convention de Chicago du



LA LEGENDAIRE RENCONTRE DE STANLEY ET DE LIVINGSTONE, en Afrique Centrale, entre Ujiji et la rivière Ruzizi. Sur la Lune, on ne se rencontrera plus par hasard...



LE DROIT SPATIAL devrait, en principe, interdire les guerres coloniales de l'espace. Pas de guerre du Tonkin en perspective (ici la 23^e compagnie du 2^e régiment d'Infanterie de Marine s'emparant à la baïonnette de la grande ligne de Palan et enlevant sept pavillons noirs).

3^e

question :
Est-ce que l'Etat dont les astronautes sont arrivés sur la Lune peuvent invoquer le droit d'appropriation ?

7 décembre 1954 sur la navigation aérienne internationale). Le principe de la souveraineté de l'Etat sur l'air surplombant son territoire est à la base de la réglementation de la navigation aérienne. La circulation des aéronefs au-dessus de l'espace atmosphérique des différents Etats est réglée par des accords bilatéraux. Les spécialistes du droit spatial considèrent que l'espace extra-atmosphérique est *res communis*, libre, ouvert d'une manière égale à tous les Etats. Il en résulte que la Lune et les autres corps célestes doivent être soumis au même principe de liberté.

Dès le début des expériences spatiales, la Lune a été l'enjeu de la course à l'espace. Elle n'est séparée de la Terre que par une distance de 380 000 kilomètres, elle peut servir de base pour les explorations. Un savant britannique pense même que le monde lunaire souterrain contient des possibilités incalculables, car dit-il on y trouvera l'eau, les gaz nécessaires à la vie, les températures appropriées et des pressions plus fortes (Documentation Française, Notes et Etudes documentaires : L'intérêt pratique de la recherche spatiale C n. 2 886). Au point de vue du droit spatial, la Lune est *res communis*. Aucun Etat ne pourra y exercer des droits de souveraineté. Le sol lunaire est libre de toute occupation. L'article I^{er} alinéa 2 de la charte de l'espace proclame la liberté d'accès totale à l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes dont l'exploration et l'utilisation est ouverte à tous les Etats, sans aucune distinction, dans des conditions d'égalité et conformément au droit international.

L'exploration et l'utilisation de l'espace étant l'apanage de l'humanité tout entière, doivent se faire pour le bien et dans l'intérêt de tous les pays quel que soit le stade de leurs développements économique ou scientifique (art. I^{er} alinéa 1 de la charte).

Il ressort de ces règles que la Lune appartient à tous les Etats.

La nation arrivée la première sur la Lune retirera de son exploit un grand prestige mais l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique étant permise à tous, personne ne peut avoir le droit privilégié de premier occupant. Il ne peut être question pour le premier arrivé sur la Lune de prétendre l'occuper. L'occupation, en droit international, est le fait d'acquérir la souveraineté sur un territoire sans maître, ne relevant de l'autorité d'aucun Etat, une *res nullius*. Or, la Lune n'est pas une *res nullius* permettant au premier arrivant d'en prendre possession. Elle est, *res communis*, elle appartient, nous l'avons dit, à l'humanité tout entière.

En ce qui concerne les conditions pour que les autorités étatiques puissent établir leur souveraineté sur un territoire sans maître, on a admis à l'époque des grandes explorations qui faisaient découvrir des nouvelles terres que la découverte était un titre suffisant pour justifier l'occupation d'un



SIR CECIL RHODES, créateur de la Rhodésie : personne ne donnera sans doute plus jamais son nom à un territoire.

4^e **question :** **La conquête** **de l'espace** **ne risque-t-elle** **pas de provoquer** **des conflits entre** **les nations ?**

territoire sans maître. Il suffisait de manifester l'intention de prendre possession des terres découvertes en y érigeant une borne, une croix, en déployant un étendard. La légitimité d'une telle occupation était très contestable. Beaucoup d'Etats pouvaient l'ignorer. Aussi on adopta la règle de l'occupation effective. Pour être légitime, l'occupation devait remplir les conditions suivantes : il fallait une occupation matérielle et permanente du territoire, l'installation sur place par l'occupant d'une autorité suffisante pour assurer l'ordre. Une notification officielle devait être adressée par la voie diplomatique aux Puissances tierces afin que celles-ci puissent connaître exactement le territoire occupé et éventuellement faire valoir leurs droits.

L'engin soviétique Lunik II qui a atteint la surface de la Lune le 13 septembre 1959 y a lancé des emblèmes portant les armoiries de l'U.R.S.S. et l'inscription : « Union des Républiques Socialistes Soviétiques - Septembre 1959. » Au siècle dernier cet acte symbolique aurait pu permettre à la Russie, d'après la théorie de la découverte, de faire valoir les droits de souveraineté sur la Lune. En droit spatial la Lune et les autres corps célestes ne peuvent être assimilés à des territoires terrestres. Les attributions de partage de territoires, qui à l'époque coloniale ont provoqué tant de conflits et posé de multiples problèmes, ne sauraient être pris en considération en ce qui concerne l'exploration de la Lune et des autres corps célestes.

L'article II de la charte de l'espace interdit l'appropriation sous une forme quelconque de l'espace extra-atmosphérique et de ses dépendances. Cet article dispose :

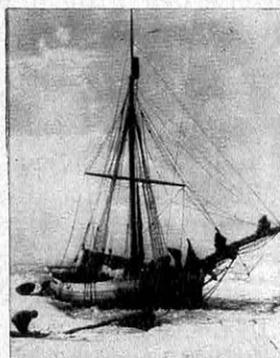
« L'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, ne peut faire l'objet d'appropriation nationale par proclamation de souveraineté ni par la voie d'utilisation ou d'occupation, ni par aucun autre moyen. »

L'Etat qui envoie un homme dans la Lune n'a pas pour but de prendre possession de la planète, mais d'accroître les connaissances scientifiques dans l'intérêt de la communauté internationale. Dans le domaine spatial, on ne peut concevoir l'exercice, sur les corps célestes, de compétence territoriale par un Etat, l'annexion, l'octroi de concessions. Toutefois certains juristes et hommes d'Etat ont proposé que l'espace extra-atmosphérique déclaré libre soit placé sous l'autorité d'une organisation internationale qui en réglerait l'utilisation (J.-C. COOPER, « Revue française droit aérien », 1958, p. 27).

L'article III de la charte de l'espace déclare que les activités des Etats dans l'espace doivent s'effectuer conformément au droit international, y compris la charte des Nations Unies, en vue de maintenir la paix et la sécurité internationales et de favoriser la coopération et la compréhension internationales.



ROALD AMUNDSEN.



SON BATEAU, LE « GJOA ».



LE CAPITAINE SCOTT.



UNE DES IMAGES LES PLUS PATHÉTIQUES DE L'HISTOIRE DES PIONNIERS : Scott, arrivant au Pôle Sud, en 1912, y découvre la tente d'Amundsen sommée du drapeau norvégien. Amundsen l'avait, en effet, devancé d'un mois. C'est une déception pareille qui attend les Russes sur la Lune...

L'article IV engage les Etats parties du traité à ne pas mettre sur orbite autour de la Terre ou d'installer sur des corps célestes aucun type d'armes de destruction massive. Sont interdits sur les corps célestes l'aménagement de bases d'installations militaires et de fortifications, les essais d'armes de tout type et l'exécution de manœuvres militaires. Est permise l'utilisation du personnel militaire à des fins de recherche scientifique ou à tout autre fin pacifique, ainsi que l'utilisation de tout équipement ou installation nécessaire à l'exploration pacifique de la Lune et des autres corps célestes.

Ces dispositions de la charte de l'espace rappellent celles insérées dans le traité de Washington du 1^{er} décembre 1959 qui neutralise le continent antarctique en le consacrant aux activités scientifiques. Le traité interdit dans l'Antarctique les explosions nucléaires, l'établissement de bases militaires, la construction de fortifications, les manœuvres militaires et les essais d'armes de toute sorte. Les régions spatiales et planétaires sont uniquement destinées aux recherches scientifiques. Leur utilisation à des fins militaires est prohibée. Les risques de conflits entre Etats seront ainsi évités par cette démilitarisation.

Par ailleurs, dans la zone terrestre de l'espace, les Etats ne s'engagent qu'à ne pas mettre sur orbites des armes nucléaires et des armes de destruction massive, et qu'ils ne pourront se livrer à aucune activité militaire sur la Lune ou les corps célestes, sont également prohibés les essais nucléaires dans l'espace extra-terrestre.

Ce qui nous porte à rappeler, non sans inquiétude, que l'U.R.S.S., tout au moins, a placé déjà des bombes atomiques en orbite.

L'article V du traité sur l'espace demande aux Etats de considérer les astronautes comme « des envoyés de l'humanité » dans l'espace extra-atmosphérique et de leur prêter toute l'assistance possible en cas d'accident, de détresse ou d'atterrissage forcé sur le territoire d'un autre Etat partie du traité ou en haute mer. Cet article fait une obligation aux Etats contractants de renvoyer promptement et en toute sécurité dans l'Etat où leur véhicule spatial aura été immatriculé les astronautes recueillis en situation d'atterrissage forcé sur le territoire d'un autre Etat contractant. Les astronautes de toutes les parties du traité se prêteront entre eux toute l'assistance possible.

Les parties du traité doivent poursuivre toutes leurs activités dans l'espace en tenant compte des intérêts correspondants des autres Etats. Les Etats sont invités à effectuer l'étude de l'espace, y compris la Lune et les corps célestes, et à procéder à leur exploration de manière à éviter les effets préjudiciables de leur contamination, ainsi que les modifications nocives du milieu terrestre résultant de sub-

5^e
question :
Si certains corps
célestes étaient
habités, quelles
seraient les
règles de droit
pouvant régir
les rapports
entre
les terriens et
ces étrangers ?

stances extra-terrestres. En cas de besoin, les Etats prendront les mesures appropriées à cette fin (art. IX).

Toutes les stations, tout le matériel et tous les véhicules spatiaux se trouvant sur la Lune ou sur d'autres corps célestes seront accessibles sous réserve de réciprocité aux représentants des autres Etats parties du traité. Ces représentants notifieront au préalable toute visite projetée de façon que les consultations voulues puissent avoir lieu et que toutes les précautions puissent être prises pour assurer la sécurité et éviter de gêner les opérations normales sur les lieux de l'installation à visiter (article XII).

Les engins spatiaux découverts hors des frontières de l'Etat partie du traité doivent être restitués à cet Etat, celui-ci étant tenu de fournir, sur demande, des données d'identification avant la restitution (art. VIII).

Aux termes de l'article X du traité, les Etats contractants qui mènent des activités spatiales conviennent dans toute la mesure où cela est possible et réalisable d'informer le Secrétaire général de l'O.N.U., ainsi que le public et la communauté scientifique internationale de ces activités, des lieux où elles sont poursuivies et de leurs résultats. Le Secrétaire général de l'O.N.U. devra être prêt à assurer, aussitôt après les avoir reçus, la diffusion effective de ces renseignements.

Le 19 septembre 1967, l'Assemblée générale de l'O.N.U. a adopté le texte d'un accord sur le sauvetage des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique. Cet accord qui reprend les dispositions contenues dans la charte de l'espace a été mis en vigueur le 8 décembre 1968.

Il est difficile pour le moment de répondre à la question. Cependant, si elle se posait un jour, il y aurait lieu de rechercher dans l'histoire du droit des gens les précédents pouvant s'appliquer à la situation nouvelle. Les Etats ont dû souvent conclure des accords avec des peuples ayant des civilisations différentes de la leur. (R.H. MANKIEWICZ : *Droit interplanétaire*. « Annuaire français de droit international », 1959, p. 145-146).

Le premier débarquement de l'homme sur la Lune va permettre d'appliquer les dispositions de la charte de l'espace et des corps célestes que nous avons analysée.

L'exploit réalisé au nom de l'humanité par les intrépides astronautes américains contribuera non seulement au développement de la science et du droit spatial, mais encore au raffermissement de la paix entre les peuples.

MARTIAL TRICAUD

Avocat à la Cour de Paris.
Professeur à la Faculté Libre autonome
et co-gérée d'Economie et de Droit.





ET LES RUSSSES ?

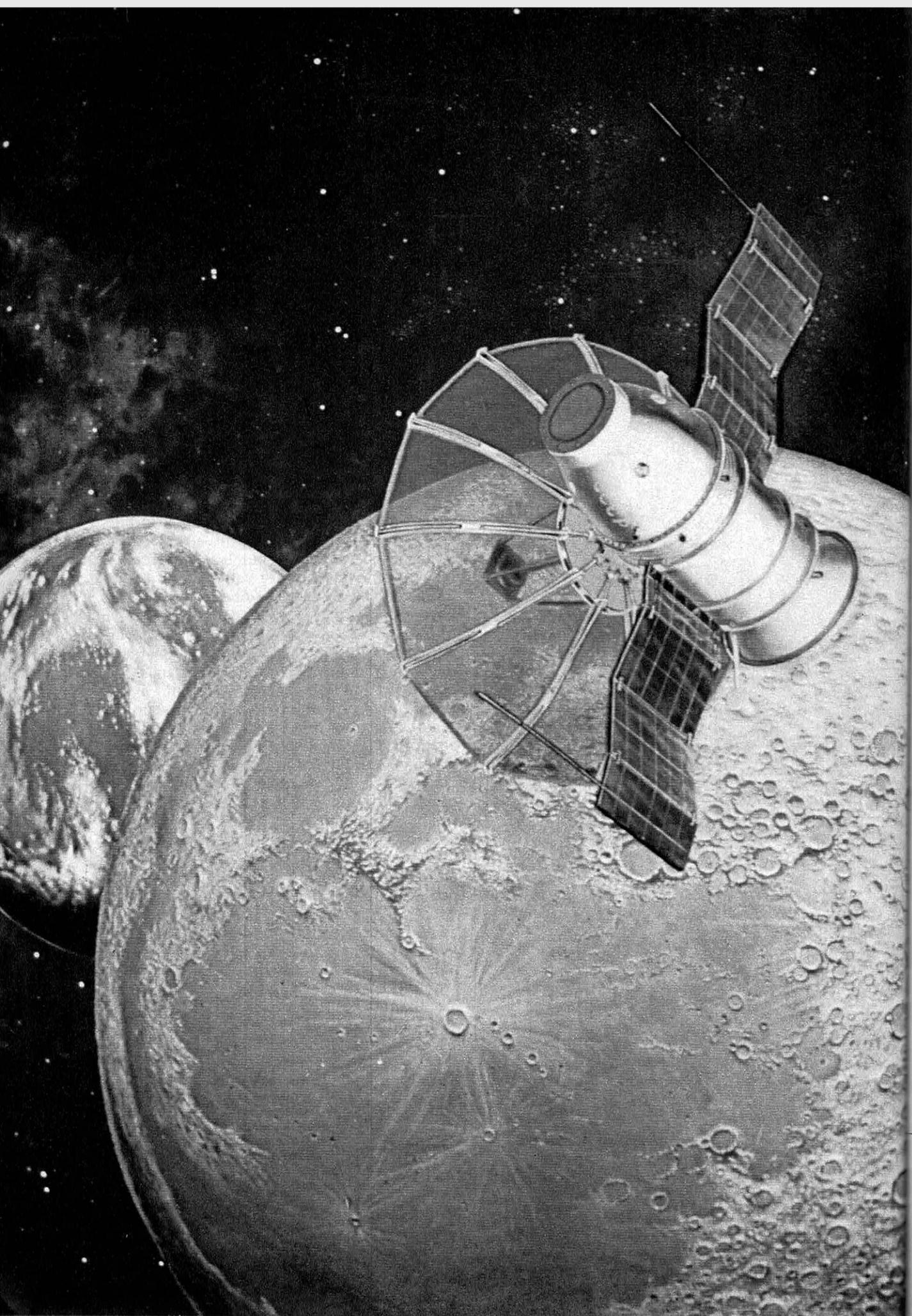
Il y a douze ans déjà, c'étaient les Russes qui ouvraient l'ère spatiale avec le lancement du premier Spoutnik. Aujourd'hui, ils semblent dépassés par les Américains et leur programme lunaire est voilé de brumes. La Lune les intéresse-t-elle toujours ?

Officiellement, et aussi surprenant que cela puisse paraître, non. A preuve, les propos pour le moins désabusés que le professeur Leonid Sedov, porte-parole officieux de l'aéronautique russe, prononçait à New York, au moment de l'opération Apollo 8. Mais entre les mots et les réalités, il y a, surtout chez les Russes, une certaine distance. Un fait est certain : en ce qui concerne le match « Lune », les Russes ont, pour le moment, laissé le score aux Américains.

Ce qui les intéresse le plus dans l'immédiat, de toute évidence, c'est la mise au point de la station orbitale terrestre. Et, par conséquent, les techniques de rendez-vous et d'arrimage d'éléments en orbite terrestre. La preuve de l'importance qu'ils donnent à l'arrimage, qui paraît représenter pour eux la clef de voûte de tout programme d'atterrissage sur la Lune — et sur les planètes — est évidente depuis 1965. C'est, en effet, le 6 juillet de cette année-là, avec l'expérimentation de la troisième « génération » de lanceurs Vostok (RD-107 C), l'expérience Cosmos 110, la mise au point de vaisseaux Soyouz, construits en série,

Le scaphandre dans lequel Alexis Léonov devint le premier « piéton de l'espace » le 18 mars 1965 à bord de « Voskhod » 2.

Photo Jean René Germain



et les premiers essais de rendez-vous automatiques (couronnés de succès avec les Cosmos 186-188, puis 212-213, placés sur orbites coplanaires). Politique confirmée par la réalisation de la première station orbitale expérimentale, le 16 janvier 1969, par la jonction de deux Soyouz pilotés.

Et les spécialistes soviétiques ont plus d'une fois fait l'éloge de l'assemblage sur orbite terrestre pour qu'on ne s'y trompe pas. Récemment encore, dans « L'Etoile rouge », une autorité en la matière telle qu'Ari Sternfeld, rappelait que l'assemblage de fusées cosmiques en orbite terrestre permet de développer des engins lunaires ou planétaires possédant des charges utiles beaucoup plus importantes que si ces fusées avaient été lancées vers ces astres directement de la Terre.

Ainsi, les 150 ou 200 t d'étage supérieur nécessaires pour se poser sur la Lune et en revenir n'exigent pas un lanceur aussi puissant que Saturn V s'il est possible d'assembler le vaisseau en orbite terrestre. Sur des orbites circulaires ou elliptiques, la vitesse de l'engin composite acquise est déjà de l'ordre de 8 km/s ; or, pour atteindre la Lune, l'accroissement de vitesse requis ne doit être que de 3 km/s pour que la seconde « vitesse cosmique » soit communiquée à la fusée lunaire. On devine l'économie de carburant, et donc de masse, ainsi possible, au bénéfice des appareillages scientifiques. En bref, les Soviétiques estiment plus utile de construire une maison dans l'espace en expédiant brique par brique, au lieu d'y envoyer l'édifice entier.

Ce qui appelle trois réflexions.

La première, c'est que les Russes n'ont renoncé que très provisoirement à faire flotter la bannière rouge sur l'astre gris.

La seconde, c'est qu'ils n'ont pas de fusée assez puissante pour le moment.

La troisième, c'est qu'ils ont des ambitions spatiales considérables. Comme on le soupçonne sans peine, les militaires n'y sont pas indifférents, pour dire le moins...

La première réflexion est confirmée par les accords spatiaux franco-soviétiques, les techniciens de la « capitale spatiale » de Baïkonour, le Cap Kennedy soviétique, s'étant engagés à déposer sur la Lune, à l'aide d'une sonde automatique, des réflecteurs à laser produits par... Sud-Aviation.

Un « Zond » autour de la Lune. Il ne diffère du « Soyouz » que par l'absence du compartiment orbital et la présence d'une antenne pour les liaisons à grande distance.

Dessin L. Murtin

Qu'on ne se méprenne pas : comme l'académicien G. Petrov nous l'affirme, en sa qualité de directeur de l'Institut de Recherches Spatiales de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., s'il est certain que « dans un avenir relativement proche » des hommes russes fouleront le sol de la Lune, il n'en demeure pas moins que, dans les débuts, la préférence ira aux engins entièrement automatiques, parce qu'ils peuvent emporter un volume d'appareils scientifiques beaucoup plus importants que les vaisseaux habités, dans lesquels les systèmes de survie de l'équipage accaparent presque toute la charge utile. Et là, il semble bien que les Américains aient quand même battu les Russes d'une longueur, puisqu'ils expédient et les hommes et les machines. Par ailleurs, les Américains bénéficieront, bien avant les Soviétiques, d'une expérience humaine et de données expérimentales sur la Lune, grâce à Apollo II, expérience et données que des appareils automatiques ne sont peut-être pas en mesure de fournir intégralement.

Super-fusée en vue

Quant à la méthode utilisée pour ces missions automatiques, rien de neuf : c'est celle qu'appliquent déjà les Américains pour Apollo II. Qu'attendent les Russes de ces missions ? C'est le président de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. lui-même, M. Keldych, qui nous le dit : « Nos stations automatiques ramèneront du cosmos des photos et, par la suite, des échantillons de matières de corps célestes. » Et, selon Sternfeld, grâce à la maîtrise de la technique du rendez-vous, un engin principal tournerait en orbite autour de la Lune, alors qu'une capsule descendrait sur notre satellite pour prélever des échantillons minéraux. Cette capsule rejoindrait ensuite le vaisseau-mère, en tout ou en partie, pour regagner la Terre. Là encore, avance des Américains confirmée.

Notre deuxième réflexion sur l'absence de fusées suffisamment puissantes ne risque pas de surprendre, si l'on sait que les Russes disposent d'une fusée d'une puissance estimée à 60 millions de ch et d'une poussée probable de quelque 900 t, qui a placé sur orbite terrestre la station Proton IV, laquelle ne pesait pas moins de 17 t, ce qui est nettement inférieur aux 160 millions de ch de Saturn et à ses 3 400 t de poussée.

S'il est bien vrai qu'avec les vaisseaux Zond (désignation « à tout faire, Zond signifiant tout simplement "sonde" en russe... ») les

Soviétiques disposent de vaisseaux cosmiques assez perfectionnés pour effectuer un survol ou plusieurs révolutions autour de la Lune, ils sont donc « en panne de lanceurs ».

Toutefois, ils ne le resteront pas longtemps selon des rumeurs persistantes, d'origine américaine il faut le dire, sur la préparation actuellement en cours d'un super-lanceur soviétique. Il ne semble pas trop douteux que des satellites de reconnaissance américains l'aient photographié au banc d'essais du cosmodrome de Baïkonour. Les Soviétiques auraient, cette fois, mis les bouchées doubles, car, selon M. Webb, ancien directeur de la NASA, ainsi que selon von Braun, ce nouveau lanceur serait indiscutablement plus puissant que Saturn V. Poussée estimée : 4 500 t.

Il ne serait pas impossible qu'au cours d'essais dans le Pacifique ce super-lanceur ait déjà été essayé, entier ou par tronçons...

Mars à l'horizon

Ce qui signifie qu'en dépit de leurs discours sur l'économie des « petits lanceurs » successifs, les Russes n'ont pas exclu les gros lanceurs d'hommes et de matériel, « à l'américaine », et qu'ils s'attachent à rattraper leur retard. D'ailleurs, le même Keldych rappelle que « l'étude du cosmos pose aussi des problèmes dont la solution nécessite la participation de l'homme ». Songeraient-ils à d'autres planètes que la Lune, accessibles grâce à leur super-lanceur ? C'est bien possible, car Keldych évoque également avec insistance des vols de reconnaissance habités vers « d'autres planètes ». En tout cas, c'est bien pour des fins d'études spatiales que trois chercheurs russes ont vécu pendant un an dans un laboratoire de 12 m², hermétiquement clos, en buvant de l'eau recyclée (l'expérience a été décrite en détail dans « Science et Vie » d'avril 1969). Et il y a lieu de réfléchir à la déclaration du cosmonaute Pavel Belyaïev, selon qui des cosmonautes soviétiques s'entraînent actuellement « pour des vols spatiaux de longue durée ». Il y a donc des chances que les Russes arrivent à Mars avant les Américains. Notre troisième réflexion sur l'intérêt que les militaires portent au programme spatial soviétique — tout comme aux Etats-Unis... — trouve également un prolongement dans des rumeurs sur des désaccords sérieux qui divisent, en U.R.S.S., civils et militaires. En conquérant la Lune, les militaires ne songeraient, en fait, qu'à conquérir la Terre, ce qui est, pour eux, le but ultime de l'astronautique. Ce qui explique la préfé-

rence donnée à la station orbitale, plus facile à équiper militairement que le serait la Lune.

Là, par contre, l'avantage revient apparemment aux Russes. Car le « Manned Orbital Laboratory » ou Laboratoire orbital piloté de l'U.S. Air Force, a été récemment abandonné, de même que l'« Orbital Workshop » ou atelier orbital de la NASA, ne pourra pas être lancé avant 1971 ou 1972, à cause des réductions budgétaires imposées par le conflit vietnamien et par la préférence donnée au programme Apollo.

Bref, scientifiquement le score est aux Américains, militairement il semble promis aux Russes à courte échéance.

Ce n'est pas que les Russes soient pauvres en matières d'informations sur la Lune : c'est depuis 1959, avec le Luna 1, qui frôla notre satellite à 5 ou 6 000 km près, et ensuite avec Luna 2 (premier objet terrestre à s'y écraser), Luna 3, qui photographia la moitié invisible de la Lune, que les Russes étudient l'astre des nuits. Luna 9 leur a envoyé d'excellents panoramas du sol lunaire, Luna 13 leur a fourni des informations sur les caractéristiques physico-chimiques du sol lunaire, et les Luna 10, 11, 12 et 14 les ont renseignés sur l'environnement de la Lune et son champ gravifique en particulier.

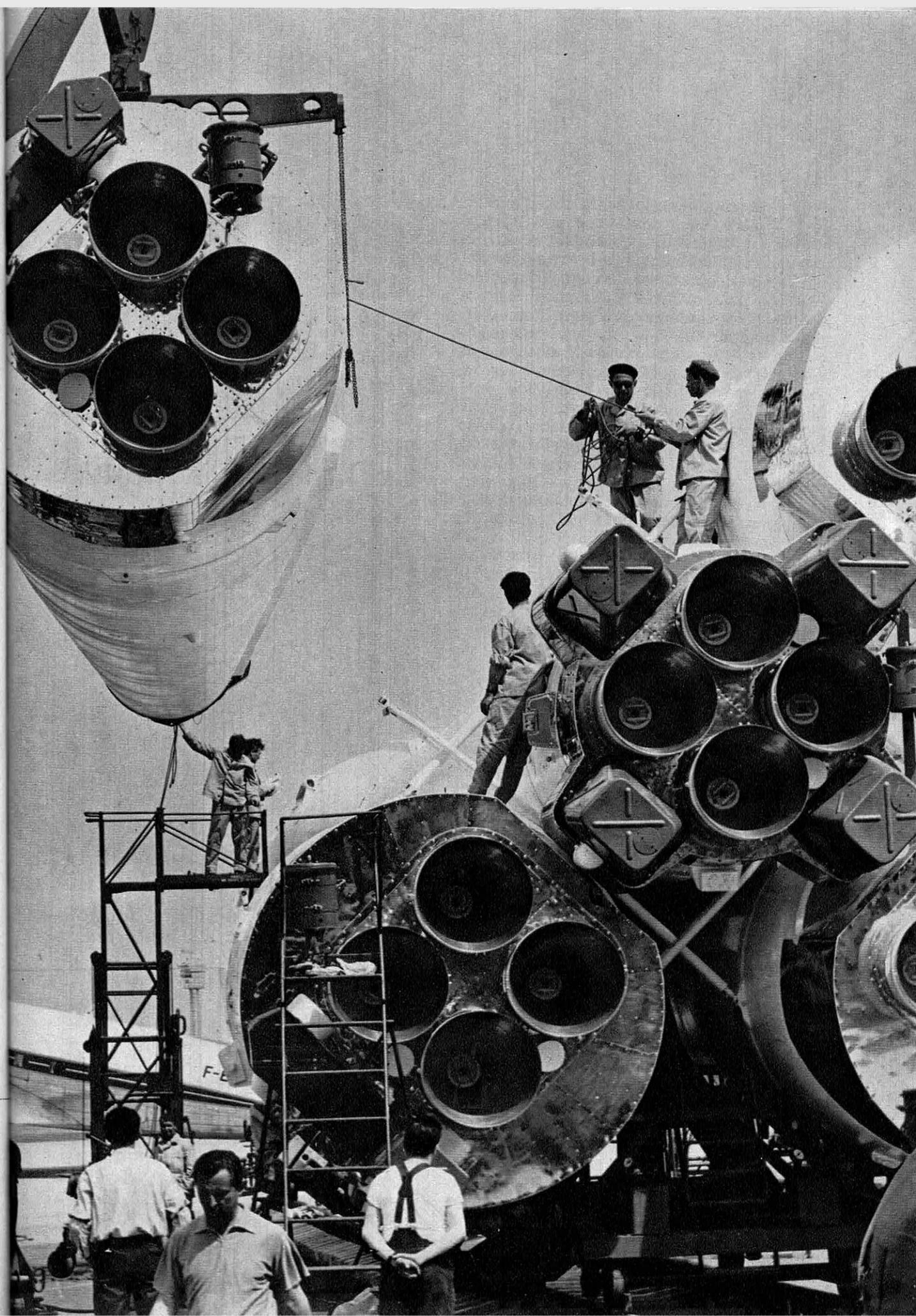
Grâce à quoi Y. Lipski, de l'Institut Astronomique d'Etat Sternberg de Moscou, a pu, au cours de ces trois dernières années, établir la première carte complète de la Lune, ainsi qu'une carte topographique de la région équatoriale lunaire à l'échelle du centimètre pour 10 km.

Il faut, en tout cas, guetter des exploits soviétiques en 1970, surtout à l'occasion du centenaire de la naissance de Lénine, le 22 avril. D'ici là, il semble qu'il faille s'attendre dans un avenir relativement proche à des vols humains circumlunaires, comme l'annoncent les déclarations de Keldych : « Les vols des stations Zond 5 et Zond 6 ont permis de mettre au point les systèmes d'un vaisseau cosmique piloté pour les vols Terre-Lune-Terre. Les vaisseaux Zond sont adaptés à des vols habités. » Or, depuis le 20 mai dernier, les « fenêtres » lunaires soviétiques se répéteront tous les vingt-sept jours pour ce type de missions.

Jean-René GERMAIN

L'assemblage du premier étage du lanceur standard soviétique, utilisé en différentes versions depuis « Spoutnik » et jusqu'à « Soyouz ». Les cinq moteurs quadrituyères utilisés au décollage fournissent 510 tonnes de poussée.

Photo Michel Tiziou



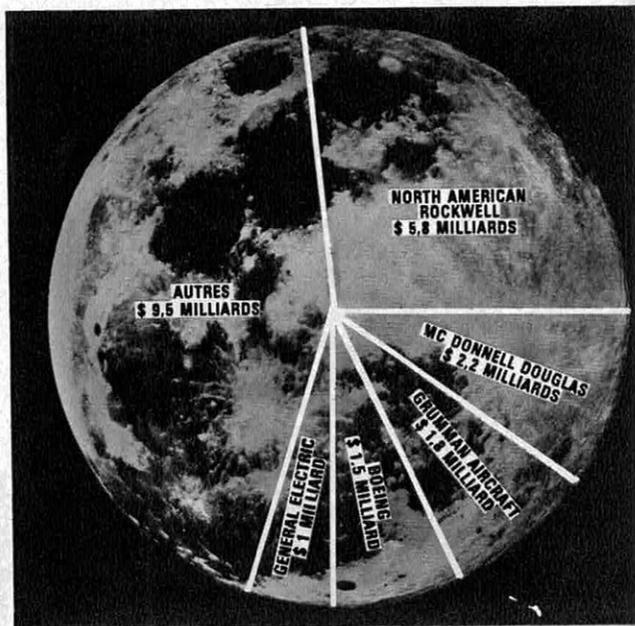
« Les conquérants de la Lune ont les pieds bien posés sur notre Terre. La masse des contrats qui se déversent régulièrement sur les grandes Sociétés américaines, concernant les problèmes les plus avancés dans tous les domaines, leur donnant un caractère d'urgence, apportant les moyens matériels qu'une telle urgence requiert, cette masse a suscité un ensemble de recherches fondamentales et appliquées qui laisse confondu. Ce qui couve au laboratoire n'apparaît sur le marché que plusieurs années après. Il y a lieu d'être inquiet sur ce qu'il sera possible de conserver d'indépendance économique, déjà grignotée, quand la grande vague de technologie spatiale, partie des Etats-Unis, nous atteindra, dans cinq à dix ans. »

Cette constatation, c'est l'ex Secrétaire général d'Eurospace, F. Vinsonneau, qui la dresse au retour d'un voyage d'étude aux Etats-Unis.

Non, la conquête de la Lune n'est pas ce gigantesque gaspillage — 24 milliards de dollars en huit ans ! — que certains prétendent. Elle est, au contraire, le plus formidable stimulant, le plus puissant moteur du progrès scientifique, économique et industriel qui ait jamais existé. La guerre elle-même est détrônée, dépassée : l'aventure spatiale, vient d'affirmer un économiste brésilien, a déjà à son actif l'équivalent de deux guerres mondiales !

C'est que, comme la guerre, la conquête de la Lune fixe un objectif précis à atteindre, coûte que coûte, et le plus rapidement possible. Elle exige la contribution de tous les secteurs de l'économie, qu'elle force à avancer plus vite et à faire mieux. Elle contraint toutes les professions, toutes les industries, toutes les sciences à travailler ensemble. Elle leur en donne les moyens matériels, mais elle n'admet pas l'échec. Enfin, et surtout, elle répand dans le pays tout entier ce sentiment contagieux d'exaltation qui fait que les hommes ont envie de travailler, de se donner au maximum, d'utiliser toutes leurs ressources et leurs facultés, car ils savent pourquoi ils travaillent. Chacun à son niveau — du chimiste à l'électronicien, du médecin à l'entrepreneur de travaux publics responsable des pistes de Cap Kennedy, du fabricant de

LA LUNE : UN FORMIDABLE STIMULANT POUR L'INDUSTRIE U.S.A.



Voici la répartition des budgets de la NASA à l'industrie américaine, de 1961 à 1968 : au total 21 milliards 800 millions de dollars.

pilules alimentaires à Wernher von Braun — a le sentiment que si un Américain marche sur la Lune, c'est un peu grâce à lui (telle est, d'ailleurs, la conclusion de l'éditorial du colonel Borman, p. 85).

L'Amérique n'a pas fini d'exploiter toutes les richesses que la conquête de la Lune a mises à sa disposition. Aujourd'hui seulement commencent à fleurir — mais avec quelle intensité ! — les « retombées » de l'espace, c'est-à-dire l'utilisation dans les autres branches de l'industrie et dans les autres secteurs de l'économie, des découvertes réalisées sur les budgets de l'astronautique.

Le cœur artificiel, la pile à combustible, le teflon, les satellites de communication ou de météorologie, tout cela n'aurait peut-être jamais existé, en tout cas, à coup sûr, tout cela n'existerait pas aujourd'hui, si l'homme n'avait pas décidé d'aller sur la Lune.

Les découvertes sont si nombreuses que le principal problème qui se pose est de savoir comment les faire connaître, afin qu'elles sortent des cartons pour être utilisées dans l'industrie. George J. Howick, Directeur du Département d'Utilisation de la Technologie de la NASA, estime que le principal « défi intellectuel » devant lequel se trouvent actuellement placés les Etats-Unis, consiste à établir un équilibre dynamique entre la production de « matière grise », de connaissances, et leur utilisation concrète. Le « Space Act » de 1958, qui créait la NASA, donnait du reste pour mission à l'Agence de disséminer le plus possible dans le pays les découvertes qu'elle allait faire, ou susciter chez ses contractants. L'Office of Technology Utilization, mis en place à cette fin par la NASA, a ainsi diffusé en 1968 près de 3000 inventions, procédés ou systèmes susceptibles d'être appliqués dans d'autres domaines que l'espace. Comment s'expliquent une telle abondance et une telle variété dans la « moisson de l'espace » ? C'est que la recherche spatiale repose tous les problèmes, touche à toutes les sciences et à toutes les techniques, oblige dans tous les domaines à reculer les frontières de la connaissance. Toutes les disciplines classiques, pénétrées jusqu'à leurs franges les plus avancées, associées ou dépassées, sont concernées. On demande

le maximum aux techniques, aux hommes, aux matériaux. On fixe les objectifs les plus ambitieux et les plus hardis : il faut faire des prouesses pour les atteindre. Ensuite, on recueille la moisson de tous ces efforts qui n'auraient jamais été tentés si l'on avait laissé fonctionner le jeu normal des circonstances économiques. Car il est un petit fait incroyablement lourd de conséquences : on ne peut pas intervenir sur un vaisseau spatial. Ce qui signifie que tous les équipements et appareillages doivent être parfaitement sûrs et réguliers dans leur fonctionnement. Rien n'est acceptable, sauf la perfection. Plus d'à-peu-près, plus d'approximatif. C'est-à-dire que, bien souvent, il faut tout reprendre à zéro, tout reconstruire, tout remettre en question.

Et les Etats-Unis ont tout remis en question, ils n'ont rien laissé au hasard, ils ont tout redécouvert, tout précisé, puis tout intégré. Au point qu'aujourd'hui certains ont le sentiment qu'ils ont poussé la technologie jusqu'à son terme. Ainsi M. Mezlach, doyen de l'Université de Berkeley : « La technologie des machines n'a plus d'intérêt, dit-il. Tout paraît avoir été découvert au cours des dernières années. Ce qui intéresse maintenant les chercheurs, c'est le système biologique humain. »

De nouveaux modes de pensée

Car il y a plus intéressant que les retombées technologiques, proprement dites, de l'aventure spatiale. Il y a les nouveaux modes de pensée, la nouvelle méthodologie, les nouveaux systèmes qu'elle a engendrés. La façon de voir les choses et de prendre les problèmes. Les cadres permanents de la pensée humaine qui, désormais, peuvent s'appliquer à n'importe quelle activité.

Des preuves ? En Californie, toutes les grandes firmes aérospatiales sont en train de convertir leurs activités dans des domaines apparemment bien loin de l'espace, mais en utilisant les méthodes qu'elles ont mis au point pour la conquête de l'espace. L'Aerojet General étudie un système d'élimination des ordures pour tout l'Etat ; la Space General un système de repérage, de réadaptation et de contrôle des délinquants juvéniles et des éléments criminels de la population ; la Lockheed un système

de prévision permettant la planification en temps voulu des besoins futurs de la population ; la North American un système intégré de transport.

« Tout ce qui était important pour la conquête de l'espace est aujourd'hui découvert et mis au point, dit encore le doyen Mezlach. Nous avons confié la poursuite des travaux à l'industrie, qui possède tous les éléments du succès. Elle s'en servira pour les programmes spatiaux de l'avenir, mais aussi pour la conquête du sixième continent : l'océan. Les méthodes employées seront les mêmes que pour l'espace, seule la cible aura changé. »

Il y a les retombées technologiques, il y a les nouveaux systèmes de pensée, les nouvelles approches des problèmes, quels qu'ils soient, qui ont été mis au point, ou sont en train de l'être : tout cela, déjà, prouve que l'espace n'est pas l'affaire des seules industries aérospatiales et que la conquête de la Lune a déjà des conséquences sur la vie privée de chaque Américain, et aura bientôt des implications insoupçonnées sur la vie privée de chacun d'entre nous.

Mais il y a mieux.

A tout bien peser, les retombées technologiques de la course à l'espace, aussi variées et aussi diverses soient-elles, ne constituent qu'une part faible, marginale en tout cas, de l'intérêt de la conquête de la Lune. Du « surplus », pour ainsi dire. Le principal, un pourcentage nous le donne : l'ensemble du projet Apollo aura eu des répercussions sur 24 pour-cent de l'économie américaine ! C'est que, si les fonds viennent de l'Etat, ils ne restent pas dans les laboratoires ou centres de recherches publics. Sur chaque dollar dépensé par la NASA, près de 90 cents repartent dans l'industrie privée. Au total, la NASA travaille avec plus de 20 000 entreprises, réparties dans tous les Etats du pays, qui emploient plus de 400 000 personnes — compte non tenu des 36 000 fonctionnaires actuels de la NASA.

Une planification déguisée ?

Et cela signifie que l'Etat dispose d'un remarquable levier de commande sur l'économie, dont toutes les parties les plus dynamiques et les plus avancées sont sans cesse stimulées à se surpasser, à faire mieux que

le concurrent, à investir dans les équipements et les machines les plus modernes, à s'attacher les hommes les plus efficaces afin de bénéficier des fonds publics, ce filet protecteur qui leur donne l'assurance que leurs efforts seront payants, et à court terme. Ils osent, ils se lancent dans l'aventure, car ils savent qu'ils ne sont pas seuls et que, s'ils font bien, ils seront récompensés.

C'est au point que, finalement, la conquête de la Lune est, tout bonnement, un système de planification économique déguisé, qui n'ose pas dire son nom, bien qu'il démarque tous les systèmes de planification en vigueur dans le monde : un objectif précis est fixé, à atteindre dans un délai nettement indiqué et en progressant le long d'étapes intermédiaires clairement placées.

La Lune est-elle socialiste ?

Les rails sont en place, le train de l'industrie américaine n'a plus qu'à les suivre, tiré par cette locomotive que constituent les industries de pointe. Enfin, les moyens matériels et les crédits sont débloqués, mais selon des critères rigoureux, pour permettre à l'ensemble de s'ébranler, le démarrage de l'entreprise-de-pointe-locomotive tirant irrémédiablement à sa traîne, par le jeu des liaisons et des interdépendances économiques, la masse des autres entreprises-wagons, ses fournisseurs ou ses clients. Une fois la percée faite et le but atteint, les structures et l'infrastructure en place, l'on a tout loisir de revenir en arrière, d'irradier tout au long de la ligne que l'on vient d'ouvrir, du passage que l'on a forcé, de « coloniser », de civiliser, de développer le territoire traversé, mais non encore exploré. Somme toute, on en revient à la grande aventure du chemin de fer. Simplement elle se projette dans l'espace au lieu de se déployer sur terre.

Métaphore perdant de vue la réalité ? Certes pas. Les libéralistes américains traditionnels dénoncent l'interventionnisme accru de l'Etat et crient au socialisme qu'ils voient poindre derrière lui. Quant au Président Nixon, Républicain, donc tenant du libéralisme, il hésite à fixer un nouveau programme après la Lune...

Mais le plus important dans cette affaire,

ue la deuxième Guerre Mondiale !

c'est que cette grande aventure collective qu'est la conquête de la Lune aura appris aux savants, au gouvernement, à l'université et aux industries privées à travailler ensemble. Elle aura été le prétexte et le point de rencontre de tous les dynamismes et de toutes les forces vives d'un pays — sans compter cette autre prouesse technique qu'est la coordination des initiatives et des activités d'un si vaste ensemble. Depuis 1961, depuis le célèbre discours de John F. Kennedy annonçant qu'avant dix ans un Américain aurait « marché sur la Lune », les Etats-Unis vivent avec une épée dans les reins. Volontairement, ils se sont mis « au pied du mur », ils ont choisi de se lancer dans une nouvelle épopée.

Epopée et croisade

Car l'histoire des Etats-Unis tout entière est marquée de grandes épopées. La conquête de l'Ouest, la « Nouvelle Liberté » de Wilson, la « Nouvelle Frontière » de Kennedy, la « Grande Société » de Johnson : autant de gigantesques aventures collectives auxquelles ont été conviés les Américains. Ou, mieux : de croisades : l'esprit pionnier est fait d'enthousiasme et de courage, de force et de travail mais, avant tout, de foi.

Car la foi seule anime les hommes, les fait vivre, les fait travailler ; les stimule et leur permet de développer toutes leurs capacités, au lieu de végéter, de se contenter de survivre, de se dissiper et de se replier sur eux-mêmes parce qu'il n'y a plus rien à faire.

N'est-il pas surprenant, au pays du dollar et du profit-roi, de lire cette explication que donne Adolf A. Berle, un économiste américain, de la formidable réussite technique et économique de son pays : « Le motif du profit ou du prestige personnel ne suscite jamais de grands efforts en vue d'accroître les capacités des autres hommes et des autres femmes, d'étudier leur culture, d'augmenter les ressources humaines à l'intérieur d'une communauté, ou de développer des valeurs autres que commerciales. Si un système économique venait à dépendre uniquement du motif du profit, il tendrait à stagner. »

Cette foi, ce dynamisme, cet enthousiasme, cette exaltation, sont solidement entretenues

par les responsables américains. N'est-ce pas l'ex-Président Johnson, par exemple, qui a déclaré : « Rarement dans son existence, un pays peut avoir la chance de se trouver en face d'une entreprise comme celle du programme spatial national. Cela permet à notre peuple de consacrer ses talents, son courage, son initiative et ses ressources à une série continue de projets qui stimule son imagination tandis qu'elle enrichit son pays. »

Car il faut bien voir que les industriels de l'espace ne sont pas les seuls concernés. Cet esprit de rigueur, de sécurité, de fiabilité et d'optimisation — on ne peut pas se permettre d'accident ou d'incident : dans la cabine spatiale tout doit être parfait —, cet enthousiasme et cet élan que leur a imposé la Lune, irradient toutes les industries, toutes les mentalités.

Ainsi que la note Maurice J. Claverie, chef de la Division de la Politique Industrielle au Centre National d'Etudes Spatiales : « Nous avons tendance à accepter comme désirs et comme buts les valeurs adoptées par nos groupes de références. Les chercheurs et les ingénieurs de l'espace sont un groupe de référence pour le personnel de l'industrie. L'école de la perfection que constitue la recherche spatiale est certainement l'apport le plus intéressant de celle-ci au développement technique et industriel. » Les techniciens de l'espace sont des modèles, des exemples et des stimulants pour tout le pays.

Les explorateurs les moins solitaires de l'Histoire

Dans la conquête de la Lune, la véritable aventure ce ne sont pas les astronautes qui l'auront vécue. Au contraire, pendant qu'ils auront volé vers la Lune, en auront fait le tour, l'auront explorée, les astronautes d'Apollo auront été les explorateurs les mieux informés et les moins solitaires de l'Histoire. La véritable aventure, c'est le peuple américain tout entier qui l'aura vécue. Pas une aventure solitaire, mais une aventure collective — comme le sont les guerres — à laquelle tous doivent participer ensemble et où chacun se donne corps et âme. Non par devoir. Par volonté et avec enthousiasme.

Gérard MORICE



“ CE QUE JE FERAI DE MON MORCEAU DE LUNE ”

Un entretien avec le Professeur Jean Orcel

Membre de l'Institut

Vingt kilos : c'est le poids des morceaux de Lune — terre et cailloux — que les astronautes d'« Apollo » 11 rapportent sur la Terre. Pour les étudier, tous les grands laboratoires du monde se sont mis sur les rangs — dont ceux de France, bien entendu. Qu'en feront-ils ? C'est ce que nous avons demandé à l'un des bénéficiaires, le P^r Jean Orcel, du Muséum national d'Histoire naturelle, spécialiste des météorites, auxquelles il vient de consacrer une remarquable exposition (1) qui, après plusieurs mois à Paris, fait actuellement le tour de la France.

S. et V. — Ce premier débarquement sur la Lune, en tant que minéralogiste, comment le voyez-vous ?

JEAN ORCEL — Avec un intérêt passionné, tout en étant conscient de ses limites : tant en ce qui concerne la surface explorée que la quantité et la qualité des matériaux recueillis. Les astronautes ne s'éloigneront guère de leur cabine que d'une vingtaine de mètres. Ils n'auront donc pas un grand choix. Et ils ramasseront leurs échantillons un peu au hasard, selon les aspects du terrain qui s'offrira à eux. Aussi sera-t-il probablement difficile d'extrapoler, à partir de ces données, pour l'ensemble de la surface de la Lune. Ils n'en permettront pas moins une première approche, que tous les spécialistes attendent avec impatience.

S. et V. — Comment ce matériel sera-t-il réparti ?

J. O. — La NASA en décidera exactement le moment venu. Mais des groupes inter-

nationaux de travail sont déjà constitués pour son étude. Les laboratoires français, en particulier le Laboratoire de minéralogie du Muséum, sont inscrits sur la liste des bénéficiaires : les responsables américains sont d'accord. A ce propos, je peux vous dire qu'un nouveau laboratoire vient d'être créé à l'intérieur du Laboratoire de minéralogie du Muséum, sous l'égide de l'Ecole pratique des Hautes Etudes. Intitulé « Minéralogie comparée des matériaux cosmiques et terrestres », il sera dirigé par M^{lle} Caillères (spécialiste notamment des serpentines et des argiles). Son équipe travaille déjà et c'est à elle que seront envoyés les premiers échantillons destinés à la France. Du moins, l'un des premiers, car des laboratoires français s'occupant de physique nucléaire comme le Centre des faibles radioactivités du CNRS, à Gif-sur-Yvette que dirige M. Labeyrie, se sont également inscrits pour avoir des échantillons. Ils les étudieront, eux, sous l'angle de la radioactivité et des rayons cosmiques, et feront aussi des datations en chronologie absolue :

tandis que nous nous consacrerons, nous, à l'aspect géologique et minéralogique du problème.

S. et V. — Que pensez-vous donc en apprendre ?

J. O. — D'une manière très générale, il faut d'abord rappeler — car le grand public n'en est pas toujours conscient — un fait essentiel : le sol lunaire est un *sol juvénile* probablement, comparable au sol originel de notre Terre avant que les phénomènes d'érosion et de sédimentation, dus au cycle de l'eau, n'aient construit cette croûte de terrains beaucoup plus récents qui masquent toute la géographie du premier sol terrestre. Il peut donc nous apprendre beaucoup sur la genèse de notre globe.

On déterminera d'autre part, avec certitude, si les cratères lunaires sont dus à l'impact de météorites géantes ou s'il y a aussi des cratères d'origine volcanique. Dans le premier cas, on retrouvera des fragments de météorites et on pourra les étudier. On verra notamment dans quelle mesure ils sont comparables à ceux qu'on reçoit sur la Terre, ce qui est fort probable ; et puis s'il reste des traces de météorites carbonées. On verra ensuite si, en dehors des roches basiques (basalte, par exemple) que les expériences des « Surveyors » permettent de soupçonner, il y a des roches acides, de type granitique. On recherchera, évidemment, s'il existe des embryons de vie qui ne pourrait être qu'extrêmement primitive : étant donné qu'il n'y a pratiquement pas d'eau à la surface de la Lune. S'il y a des émissions volcaniques de fumerolles, il est probable qu'elles donnent un peu d'eau. Dans la formation de la Lune, d'après les théories cosmogoniques, il y aurait eu, après accréation des matières cosmiques, des étapes de fusion, de différenciation et d'éruption, dues précisément au dégagement du gaz et de l'eau présents dans les matériaux primitifs. Il y a, en effet, des minéraux hydratés qu'on connaît bien sur la Terre, du groupe des serpentines par exemple : et on les rencontre, précisément, dans les météorites carbonées.

S. et V. — Quel volume de matériaux vous seraient nécessaires pour obtenir des résultats significatifs ?

J. O. — Déjà avec une centaine de grammes, nous pourrions travailler. Mais, sans être très exigeants, nous aimerions bien avoir plusieurs centaines de grammes. Nous pourrions alors faire des sections minces pour l'étude de la structure de la roche ; procéder ensuite aux analyses chimiques — réelles cette fois-ci, ce qui n'était pas le cas des « Surveyors ». Nous avons pour cela tous les équipements et tous les techniciens voulus. Ce sera l'œuvre du nouveau laboratoire dont je viens de vous parler. Evidemment, j'aurais aimé qu'il y ait au moins un géologue, ou un minéralogiste, pour accompagner les cosmonautes dans ce premier voyage : il aurait pu choisir les échantillons un peu moins au hasard.

S. et V. — Imaginons que vous fassiez partie de cette première expédition. Comment procéderiez-vous ?

J. O. — Ça dépend de ce que je vais voir... Verrai-je de la poussière, comme on disait autrefois, c'est-à-dire de la cendre, comme il y en a dans certains terrains volcaniques ? Il ne doit pas y en avoir tellement. Les dernières photos des « Surveyors » montrent les pieds de l'appareil posés sur la Lune. Ces pieds ont éraflé le sol lunaire lors de l'atterrissage. Et l'on constate que le sol est compact. Ce n'est pas de la poussière. Comme consistance, il ressemble à un sol meuble, ou à une roche ni très tendre, ni très dure, analogue à certains conglomérats. En tout cas ce n'est pas de la poudre, ce n'est pas du sable. Et puis, il y a des cailloux, plus ou moins gros : mais dans un rayon de vingt mètres l'échantillonnage ne peut être très varié.

S. et V. — Vous voilà donc avec 500 grammes environ de sol lunaire. Qu'en ferez-vous ?

J. O. — Ce que je ferais pour analyser une roche terrestre. J'étudierai sa structure et

sa composition minéralogique, c'est-à-dire l'assemblage des cristaux qui les forment, au moyen du microscope polarisant : ce qui indiquera la manière dont les minéraux de la roche sont agencés. Une roche est un agrégat de plusieurs sortes de minéraux, c'est-à-dire de petits corps solides cristallisés et ayant une composition chimique définie. Nous verrons donc tout de suite si celle-ci est analogue à celle des roches terrestres. Nous obtiendrons en même temps une foule d'indices nous laissant prévoir ce qu'on peut trouver dans le voisinage. Puis, toujours de la même roche, nous étudierons la composition chimique globale à l'aide des méthodes classiques. Sur les résultats, on ne peut faire, bien entendu, que des hypothèses. Cela permettra sans doute de vérifier la théorie selon laquelle la Lune, comme d'ailleurs la Terre, s'est formée par accréation de matières et de gaz cosmiques. L'idée que la Lune, à un certain moment, s'est détachée de la Terre n'est plus guère retenue aujourd'hui. Le plus probable est que l'analogie sera grande avec les vieilles roches ultra basiques de notre planète : ce qui nous apportera de nombreux renseignements sur ces parties de la croûte proches du manteau, à 30 ou 40 km de profondeur, que nous ne pouvons pas atteindre encore.

S. et V. — Quels sont les tests qui permettraient de déterminer s'il y a, ou s'il y a eu, des organismes vivants à la surface de la Lune ?

J. O. — Si on trouve des météorites carbonées, la question pourra se poser concrètement. Dans l'hypothèse de l'accréation, on pense que ces météorites carbonées sont l'une, au moins, des premières étapes de cette accréation. Or on connaît une vingtaine de chutes de météorites carbonées sur la Terre. On trouve dans les spécimens recueillis des hydrocarbures analogues aux paraffines et appartenant originellement à ces météorites ; on trouve aussi quelques traces de matières organiques (cytosine, aminoacides, sucres, etc.). Pour celles-ci, on ne sait pas exactement à quoi s'en

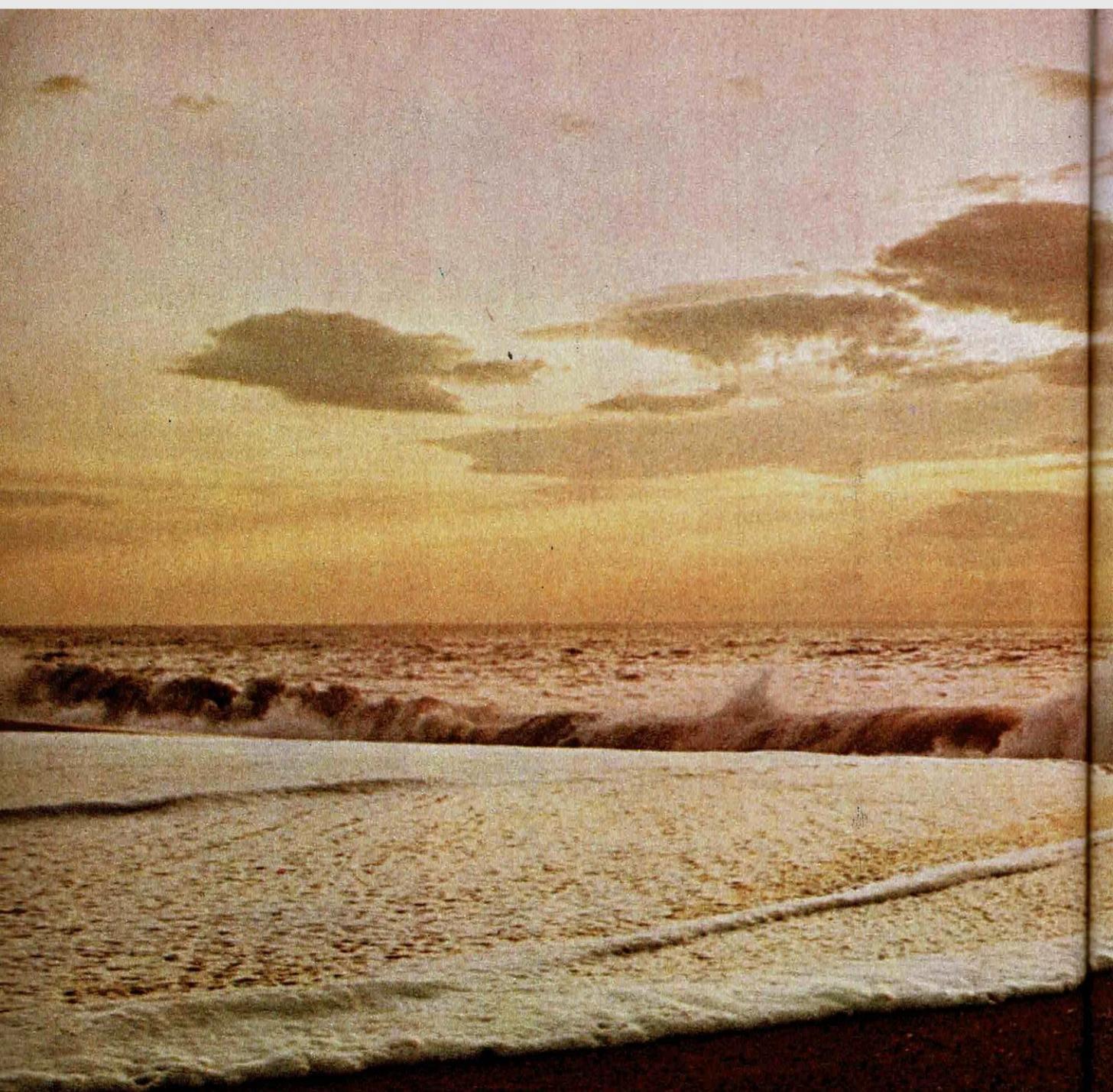
tenir : car elles sont souillées, au moment de leur contact avec le sol terrestre, par les matières analogues qui s'y trouvent, dans des proportions qu'on ne peut encore apprécier. D'où les controverses qui se sont élevées, à propos notamment de la météorite d'Orgueil et qu'on ne peut trancher d'une manière satisfaisante : on ne saura jamais ce qui s'y trouvait avant qu'elle entre dans notre atmosphère et ce qui a pu s'y emprisonner dans une fusion partielle au contact du sol.

Sur la Lune, au contraire, si on trouve de telles météorites, cette question de la contamination ne se posera pas. Il faudra donc les étudier de très près. Ce sont elles qui nous dirons s'il y a eu une ébauche de premier développement de la vie sur la Lune. D'après ce que nous recevons comme météorites carbonées sur la Terre, on n'a pas pu encore la déceler avec certitude. Pourtant c'est là, dans ces corps où il y a du carbone, de l'hydrogène, de l'azote, qu'on devrait découvrir les signes primitifs de la biogenèse. Même si on n'en découvre pas, d'ailleurs, le seul fait de trouver sur la Lune des matières carbonées, si l'on en trouve, sera très important. Cela indiquerait qu'il y a une première ébauche de préparation du milieu où peut, éventuellement, apparaître la vie.

De toute façon, je le répète, le premier débarquement n'est qu'un point de départ. Il apportera d'emblée une réponse décisive sur certains points controversés. Mais il jettera, surtout, les bases nécessaires à des explorations ultérieures, plus systématiquement, plus scientifiquement conduites. Le jour n'est peut-être pas si lointain où des stations permanentes seront installées sur la Lune, dans lesquelles on pourra vivre en atmosphère artificielle, à l'abri de coupes spéciales. Les stations orbitales, que préparent les Russes, faciliteront d'ailleurs leur édification en simplifiant le problème du voyage. C'est toute une ère de cosmochimie, de cosmophysique, de cosmogéologie etc... qui s'ouvre devant nous.

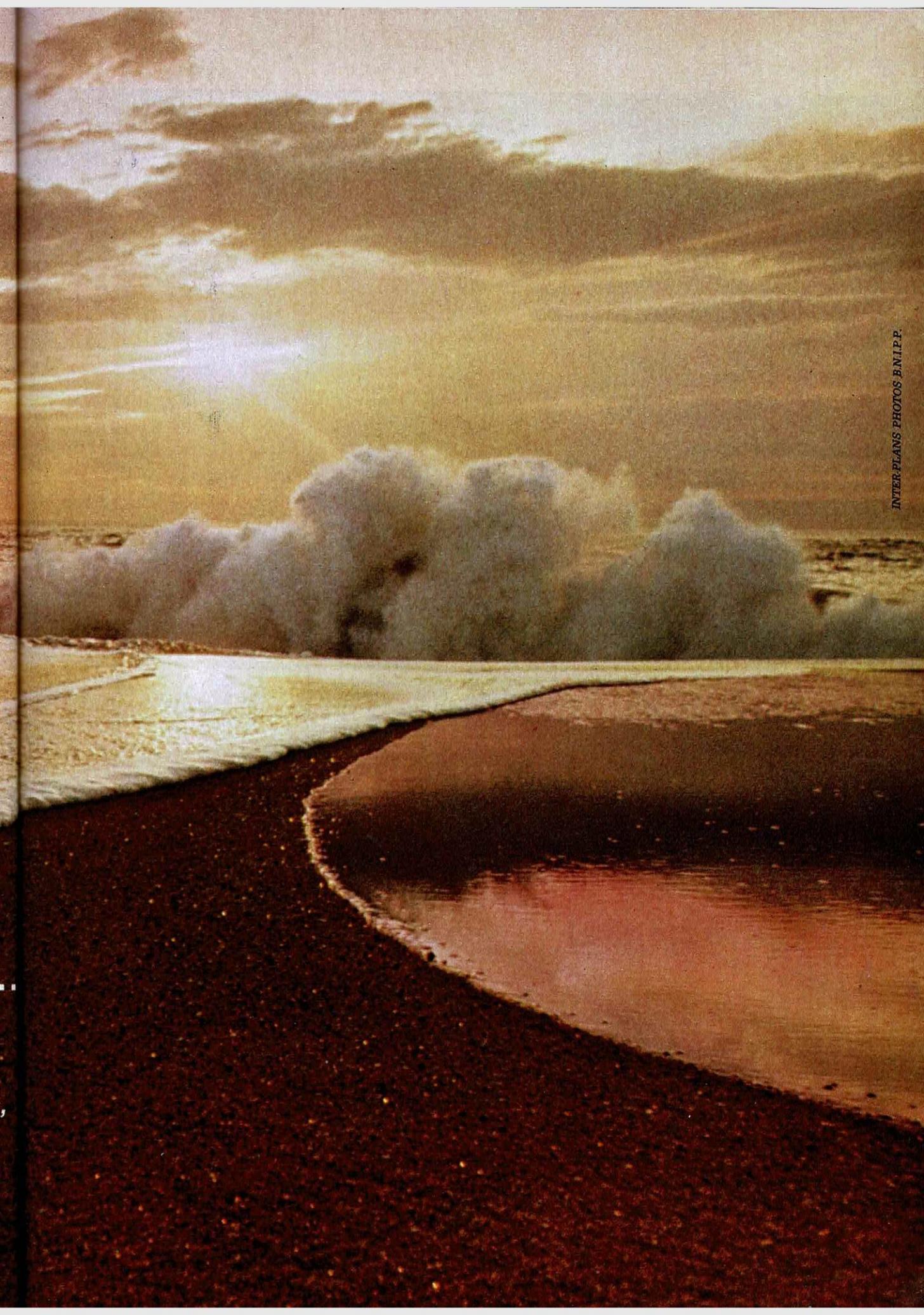
(Propos recueillis par Marcel PEJU)

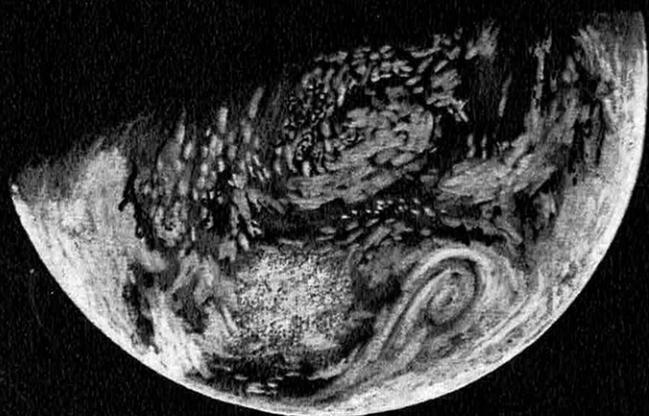
(1) « Les météorites, messagères du cosmos » - Exposition au Muséum : juillet-novembre 1968, complétée en mars-avril 1969 par une section sur les plus récentes expériences spatiales.



Fiat ✱ d'un continent à l'autre...

*...un même visage du talent créateur et de l'esprit d'entreprise.
Des usines Fiat sur les cinq continents,
des produits Fiat dans le monde entier. Sidérurgie, véhicules automobiles,
tracteurs et matériel agricole,
engins de travaux publics, matériel ferroviaire, production d'énergie,
turbines à gaz, moteurs marins géants,
aéronautique et espace. Fiat "Terre, Mer, Ciel".*

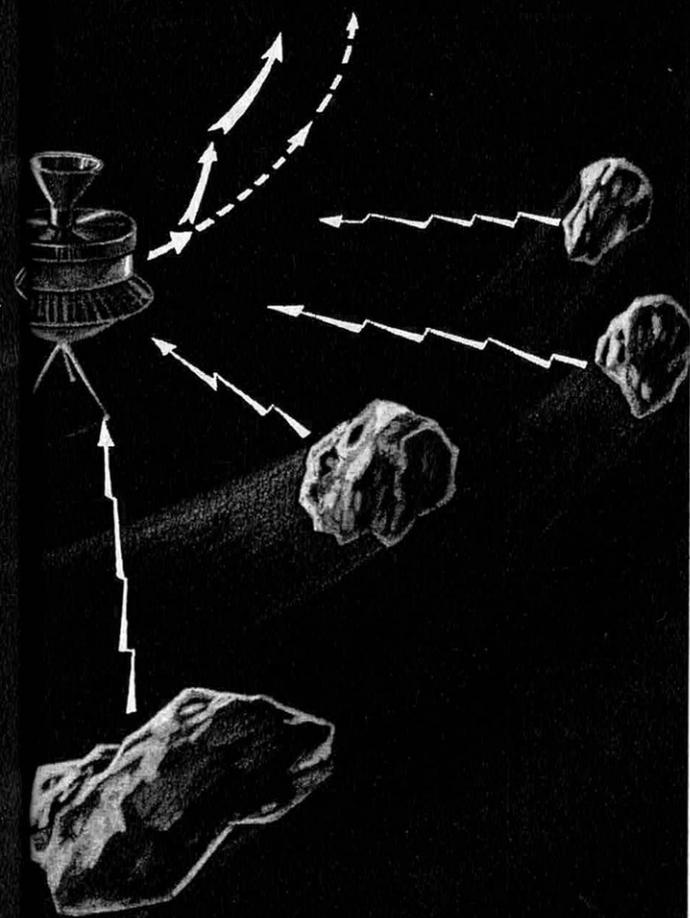




**QUAND UNE LUNE INVISIBLE
CROISE UN SATELLITE
ARTIFICIEL, ELLE LE FAIT —
PEUT-ETRE — DEVIER**

Vcici comment l'on aurait décelé la présence de satellites naturels de la Terre autres que la Lune. Dans leur course, ces — ou ce — satellites naturels suivent une orbite, tout comme les satellites artificiels ; mais, qu'ils viennent à se rapprocher de

LA TERRE A-T-ELLE D'AUTRES LUNES QUE LA LUNE?



l'un de ceux-ci — et l'on compte près d'un millier de satellites artificiels dans le ciel — il s'exerce une action de répulsion électrique qui repousse le satellite et le fait dévier de sa course.

Une vieille question — qui agace d'ailleurs beaucoup les astronomes — vient de connaître un rebondissement spectaculaire avec la publication des observations et des calculs d'un chercheur américain : John P. Bagby.

Cette question est celle de l'existence de petits satellites naturels de la Terre encore inconnus. Autrement dit : la Terre a-t-elle d'autres lunes que la Lune ?

Au moment où l'homme met « pied à lune », cette question n'est pas dépourvue d'intérêt, car si notre globe était cerclé d'autres corps célestes, leur présence serait loin d'être négligeable en tant que stations intermédiaires. Bien plus, les techniques futuristes de stations orbitales pourraient utiliser cette ou ces plates-formes naturelles beaucoup plus efficacement qu'une station satellite à assembler dans des conditions encore à déterminer et certainement très difficiles.

C'est à ce titre que l'examen détaillé des conclusions tendant à prouver l'existence de blocs rocheux naturels captés par l'attraction terrestre se doit de figurer ici puisque le triomphe lunaire implique obligatoirement l'examen de ce qu'est la Lune et, partant, de toutes les lunes terrestres... s'il y en a !

Avant d'exposer les travaux en deux temps de Bagby, rendons une nouvelle fois hommage, au passage, à la prescience de Jules Verne qui décrit en de fort belles pages

la rencontre du boulet lancé de *La Terre à la Lune* avec « Luna 2 », l'énorme météorite qui tourne autour de la Terre. Et ceci constitue une excellente introduction en nous prouvant que la question posée au début de cette étude est loin d'être nouvelle. Cela, d'ailleurs, n'en agace que plus les astronomes, ceux qui n'y croient pas du moins, c'est-à-dire pratiquement tous.

On a bien vu « quelque chose »

En effet, la recherche d'un corps satellite à la Terre a été entreprise systématiquement par quelques astronomes réputés et par une foule d'amateurs depuis près de deux siècles. Cette recherche n'a jamais donné de résultats probants. « Probant » impliquant la répétition de l'observation éventuelle, c'est-à-dire qu'une observation donnant un résultat positif doit être suivie régulièrement d'autres observations positives. Autrement dit, encore, il faut trouver une périodicité au corps, auquel cas il est rotatif et appartient bien au domaine terrestre.

Or, les observations sont innombrables de corps lumineux traversant un bref instant le domaine exploré par une lunette ou l'oculaire d'un télescope. Mais jamais aucun d'entre les observateurs n'a pu dire : « Je l'ai revu ensuite très régulièrement chaque trois, ou quatre ou cinq heures. »

En matière astronomique, ceci signifie qu'il faut déterminer les *paramètres de l'orbite*. Par exemple quand on aperçoit une comète — et l'on sait qu'il y a de par le monde de nombreux « chasseurs de comètes » qui passent leur temps (nocturne) à cette tâche qui leur assure d'avoir leur nom associé à l'astre dans un catalogue international — quand on aperçoit une comète, donc, on ne la perd plus de vue et plusieurs relevés de position en des heures successives permettent de calculer les paramètres de l'orbite.

Ayant cette orbite, on peut prévoir le retour de la comète et l'observer à nouveau au moment dit, l'intervalle de temps pouvant même excéder un siècle. (La comète de Halley, vue en 1910, reviendra vers 1985 s'il ne lui est rien arrivé dans son voyage au-delà de Jupiter et de Saturne.) Donc, revenons aux rais de lumière qui ont passé dans le champ des observateurs

de bonne foi. Ils ne peuvent servir à travail durable, aucun d'entre eux n'ayant pu les revoir ou leur trouver une périodicité cohérente.

Aucun ? Eh bien ! Justement si, il y a une école de quelques observateurs qui travaillent depuis une vingtaine d'années et qui ont donné des éléments utiles. Les observations isolées ont fait l'objet de calculs tendant à déterminer les éléments orbitaux et John P. Bagby, de la *Hughes Aircraft Company*, a centralisé ces résultats et les a recalculés.

De trois orbites possibles, l'une a fait l'objet d'observations continues de 1957 à 1963 et a été rejetée ; il n'y avait rien. L'autre a été également éliminée pour d'autres raisons. Seule la troisième s'avère d'un intérêt considérable, nous allons voir pourquoi.

Le 23 septembre 1947, J.M. Hammond observe un corps céleste lumineux qui évolue à raison de deux degrés d'arc par minute de temps sur le ciel.

Le 21 janvier 1952, T.A. Cragg en voit également un qui évolue deux fois moins vite, mais les deux observations sont compatibles.

Y aurait-il 10 lunes ?

Et puis, le 11 janvier 1956, D. Craig observe six corps et quatre autres qui passent groupés, à quelques dix minutes d'intervalle. Le 4 mai 1957 (il n'y avait donc pas de satellites artificiels jusqu'à cette date) J.P. Bagby voit deux groupes de quatre corps passer au même moment, très légèrement décalés.

Or, ce qui est étonnant, c'est qu'en leur attribuant des paramètres orbitaux tirés de ces observations, les quatre groupes de 1956 et 1957 convergent vers un seul corps identique à celui observé en 1947 et en 1952 !

Tout se passe donc comme si le corps unique découvert par Hammond en 1947 et revu par Cragg en 1952 s'était scindé, morcelé en plusieurs morceaux à la date du 18 décembre 1955.

Autrement dit, les six et quatre, puis quatre et quatre blocs entraperçus en 1956 et en 1957 seraient des blocs détachés d'une lune qui aurait tourné autour de la Terre, météorite captée dont l'approche très grande de la Terre aurait provoqué le morcelle-

ment, selon un mécanisme bien connu qu'implique la limite de Roche.

Rien d'impossible à cela. La chute de météorites géantes, blocs de 10, ou 20, ou 30 m de diamètre, pour n'être pas courante, est une certitude. Les gros blocs ferreux recueillis un peu partout dans le monde sont les morceaux de telles météorites qui ont été « cassées » au terme de leur rentrée atmosphérique. La Terre doit en rencontrer ainsi une de cette importance chaque dix millions d'années, et les hasards des orbites respectives peuvent fort bien mener non à une rencontre directe mais à une capture pure et simple.

L'usure de l'orbite mène d'ailleurs immanquablement à la chute finale sur Terre. De telles captures, si elles font parvenir le corps à des distances relativement faibles de la Terre, ne peuvent donner de « lune » éternelle au sens où la Lune l'est depuis deux ou trois milliards d'années. Jusqu'ici rien que de très plausible donc et nous pouvons donner les éléments orbitaux du planétoïde avant sa fragmentation, les fragments suivant d'ailleurs des orbites très proches :

- inclinaison du plan orbital : $42^{\circ}, 35$;
- excentricité : 0,500 ;
- demi-grand axe : 14 065 km,

ce qui signifie un apogée à environ 14 800 km et un périégée à 700 km, distances comptées au-dessus du sol bien sûr.

Ce sont les 700 km de périégée, altitude minimum, qui nous gênent beaucoup dans cette histoire. Car si un bloc compris entre 10 et 30 m de diamètre — comme l'affirme Bagby — évoluait à près de 15 000 km depuis des siècles ou des millénaires, on peut comprendre pourquoi on ne le voyait guère, surtout si son albedo (pouvoir réfléchissant) était très faible.

Mais qu'il vienne descendre chaque quatre heures et demie à 700 km d'altitude seulement, voilà qui n'aurait pas manqué de le faire voir depuis longtemps.

C'est pourquoi nous réserverons notre avis jusqu'à nouvel ordre, car il y a là manifestement quelque chose qui ne marche pas dans la thèse de Bagby.

Seulement, c'est peut-être simplement dans cette valeur du périégée et nous nous devons de poursuivre l'analyse de son travail, car il vient d'apporter plus étrange encore.

Cet étrange c'est l'analyse qu'il a faite

depuis six ans des irrégularités dans les mouvements des *satellites artificiels*.

Là nous touchons un point capital et irréfutable : il y a un grand mystère dans le ciel, au-dessus de nos têtes, qui perturbe la marche des satellites de manière étrange et inexplicable.

Sans doute ce caractère étrange et inexplicable est-il à l'origine du silence qui a entouré ces mesures jusqu'à présent.

Voyons les faits.

240 km de chute

A l'heure présente la Terre est enveloppée d'un anneau de satellites encore actifs ou muets, de corps de fusées lanceuses, de débris de fusées éclatées et d'objets divers abandonnés par les cosmonautes, dont le nombre excède largement le millier. On en comptait 686 le 27 août 1965, dont 194 objets ou débris de fusées et 492 résidus. D'octobre 1957 à la mi-1965, 1 519 engins ou morceaux ont été satellisés, dont les deux tiers sont rentrés en se consumant. Depuis, le travail a été encore compliqué par plusieurs fusées russes qui ont éclaté en orbite et envoyé des centaines de débris graviter selon autant d'orbites individuelles. On sait, de plus, que le centre militaire du *North American Air Defence Command*, à Colorado Spring, traite quotidiennement 12 000 comptes rendus de poursuite de satellites venant d'observateurs du monde entier. D'octobre 1957 à fin 1968, 3 300 satellites et objets ont été répertoriés par ce centre, dont 2 000 sont retombés. Le travail porte donc bien actuellement sur plus de mille objets.

Deux organismes américains suivent tout ces corps et en donnent des tables de marche. Les *Goddard Satellite Situation Reports* sont publiés chaque six mois et donnent les paramètres de tous les corps avec les paramètres recalculés de deux semaines en deux semaines. Les *Reports* de la *Smithsonian Institution Astrophysical Observatory* les donnent avec des observations régulières faites chaque deux jours ou chaque trois jours selon le cas.

C'est ainsi que Bagby a eu l'idée d'examiner la régularité de marche de ces corps célestes. Or, pour des satellites évoluant entre 600 km de périégée et 10 000 km d'apogée, il s'est aperçu que cinquante-cinq d'entre eux avaient subi à diverses

reprises des modifications brusques. Seize d'entre eux avaient éprouvé un changement considérable dépassant 200 km de variation dans le périégée avec variation concomitante pour l'apogée. Par exemple la fusée lanceuse de « Telstar II » dont l'apogée est monté de 10 550 à 10 800 km courant mai 1965 et le périégée est descendu de 1 200 à 960 km. Cette variation est inexplicable par aucun mécanisme perturbateur connu.

Trop de coïncidences !

Ces mêmes variations constatées sur quelques jours seulement se retrouvent pour « Telstar I » : entre le 17 et le 23 janvier 1963 l'avance du périégée est passée de 2 degrés par jour à 2,35 le 19 pour tomber à 1,70 le 21 et reprendre ensuite sa valeur très régulière de 2 degrés.

Le cas d'« Explorer 36 » est encore plus marquant. C'est un satellite qui va jusqu'à 26 000 km de la Terre.

Entre le 18 et le 30 décembre 1965 l'inclinaison de son plan orbital est tombée de 19,92 degrés à 19,84. Or l'inclinaison du plan est une constante du mouvement, la précession faisant tourner ce plan mais ne modifiant en rien la valeur de son inclinaison. L'apogée est tombée de 26 065 à 25 930 km et le périégée s'est alors relevé de 258 à 300 km, ce qui est très spectaculaire.

L'importance de ces variations, et, surtout, leur caractère brutal survenant en quelques jours, suggère un mécanisme perturbateur intempestif et passager.

Que peut-il se passer ? Le mathématicien-astronome a cherché quelle commune mesure pouvait exister entre les périodes de rotation des seize corps les plus perturbés et un éventuel corps perturbateur. Il a trouvé 4,622 heures, ce qui donne un demi-grand axe de 14 065 km !

Evidemment, la coïncidence entre cette valeur et celle des planétoïdes satellites naturels postulée par les observations directes est singulièrement troublante.

Quel serait donc le mécanisme perturbateur ?

Ce serait une résonance dans les passages des satellites artificiels avec le passage des blocs satellites qui évoluent nécessairement selon une ligne qui intersecte les orbites de ces divers satellites. Chaque fois

que se manifeste une résonance, c'est-à-dire un rapport simple entre les périodes réciproques, l'action perturbatrice se renouvelle plusieurs fois, à chaque rapprochement, pendant un ou même plusieurs jours.

Mais la perturbation peut-elle être simplement gravifique ? Non ! Le calcul montre qu'une météorite de 30 m passant à 30 m seulement d'un satellite de 45 kg exercera une attraction qui vaut le millionième de celle exercée par la Terre sur ledit satellite. S'il passe à 1,5 km, l'action devient équivalente au dix milliardième de celle de la Terre. C'est tout à fait insuffisant pour expliquer les irrégularités observées. Mais les choses changent quand on sait que les satellites, sous l'action des rayons ultra-violetts du Soleil, prennent une charge électrique très importante.

Un beau lièvre !

A ce moment tout change. Les actions deviennent *répulsives* (et non plus attractives comme dans le cas de la force de gravitation universelle) et le calcul montre que si les deux corps passent à une cinquantaine de mètres l'un de l'autre pendant une durée intégrée (plusieurs passages) d'une minute, le décalage de l'orbite devient de l'ordre de grandeur observé. Tient-on enfin la clé du mystère ? La coïncidence des caractéristiques orbitales des corps perturbateurs supposés avec celle déduite des observations directes est plus que troublante. Dans le cas des « Telstars » et des satellites « Relais » en particulier, dont le plan fait justement 42° d'inclinaison, comme le groupe lunaire supposé, le mécanisme devient très plausible car les approches se font alors de façon rassante, ce qui permet un long cheminement de concert, capable de perturber beaucoup les orbites.

Quoi qu'il en soit du groupe « Lune 2 » en question, il est manifeste que John P. Bagby a levé un lièvre de taille en révélant les grandes anomalies des mouvements satellitiques et il faudra bien les expliquer un jour. Son explication à lui a le mérite de susciter beaucoup moins de questions qu'elle donne de réponses : c'est un signe d'efficacité et de brillant avenir.

Marcel-Henri SOLANT

direct

En direct sur la langue,
le vrai goût du tabac.

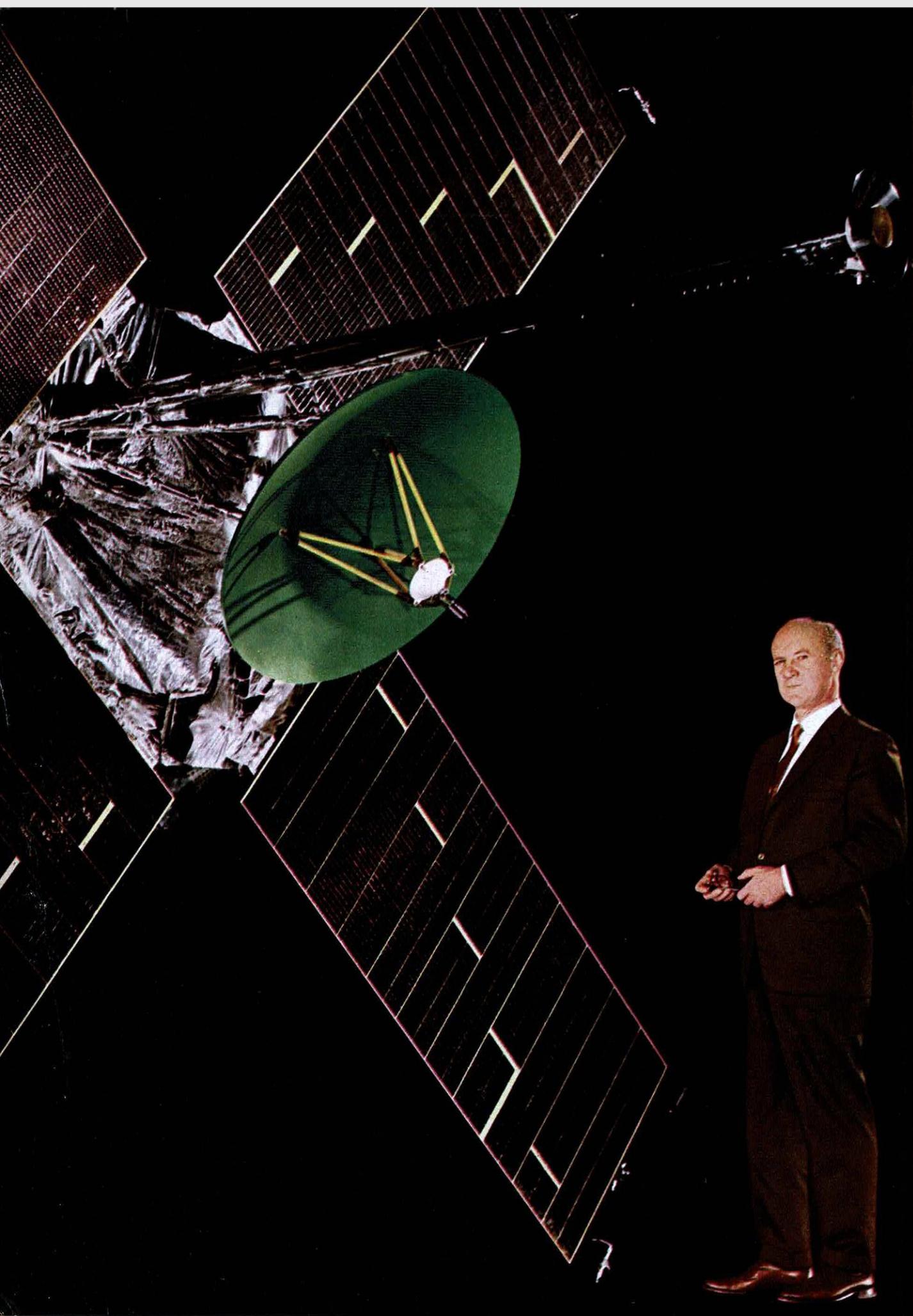
Man-size,
tout simplement.



Le chameau
Camel :
mascotte des vrais
fumeurs.

La vigueur
corsée des
grands crus
de Virginie
et de Turquie.

La piste
la plus directe
entre vous
et le goût corsé,
vigoureux,
des plus grands tabacs
de Virginie et de Turquie ?
Suivez notre cher
vieux chameau Camel.
Et ne le perdez jamais
de vue : sa bosse a
toujours porté bonheur
aux vrais fumeurs !



COMMENT SE FERA LE VOYAGE À MARS

Quelle sera la prochaine étape ? Indiscutablement Mars.

Pourquoi indiscutablement ? Parce que le voyage à Mars sera le plus facile, techniquement parlant, à cause des problèmes du retour et également à cause des conditions physiques qui règnent sur la planète rouge.

— Le retour d'abord. Il faut, en effet, pouvoir aller se poser sur la planète choisie mais aussi en revenir. Et pour en revenir, il faut procéder exactement comme pour le départ terrestre : arracher le véhicule de retour à l'attraction. Or la pesanteur sur Vénus représente les 9/10^{es} de la pesanteur terrestre et il n'y a pas de satellite naturel qui puisse servir de station relai. Mais, dans le cas de Mars, la pesanteur est moindre que la moitié de la pesanteur terrestre, d'où un gain appréciable, et les deux étranges satellites Phobos et Déimos peuvent assurer une navette.

— Les conditions physiques ensuite. Vénus, on le sait maintenant avec certitude, baigne dans un océan gazeux d'une densité énorme à la surface (une centaine d'atmosphères) et de quelque quatre cents degrés : une fournaise. Il est nettement plus facile de chauffer que de refroidir et il est donc prévisible que les ingénieurs auront moins de mal à bâtir des véhicules et des combinaisons chauffantes pour circuler sur Mars que des cabines à l'épreuve des surprises — véritables sous-marins en l'occurrence — réfrigérées.

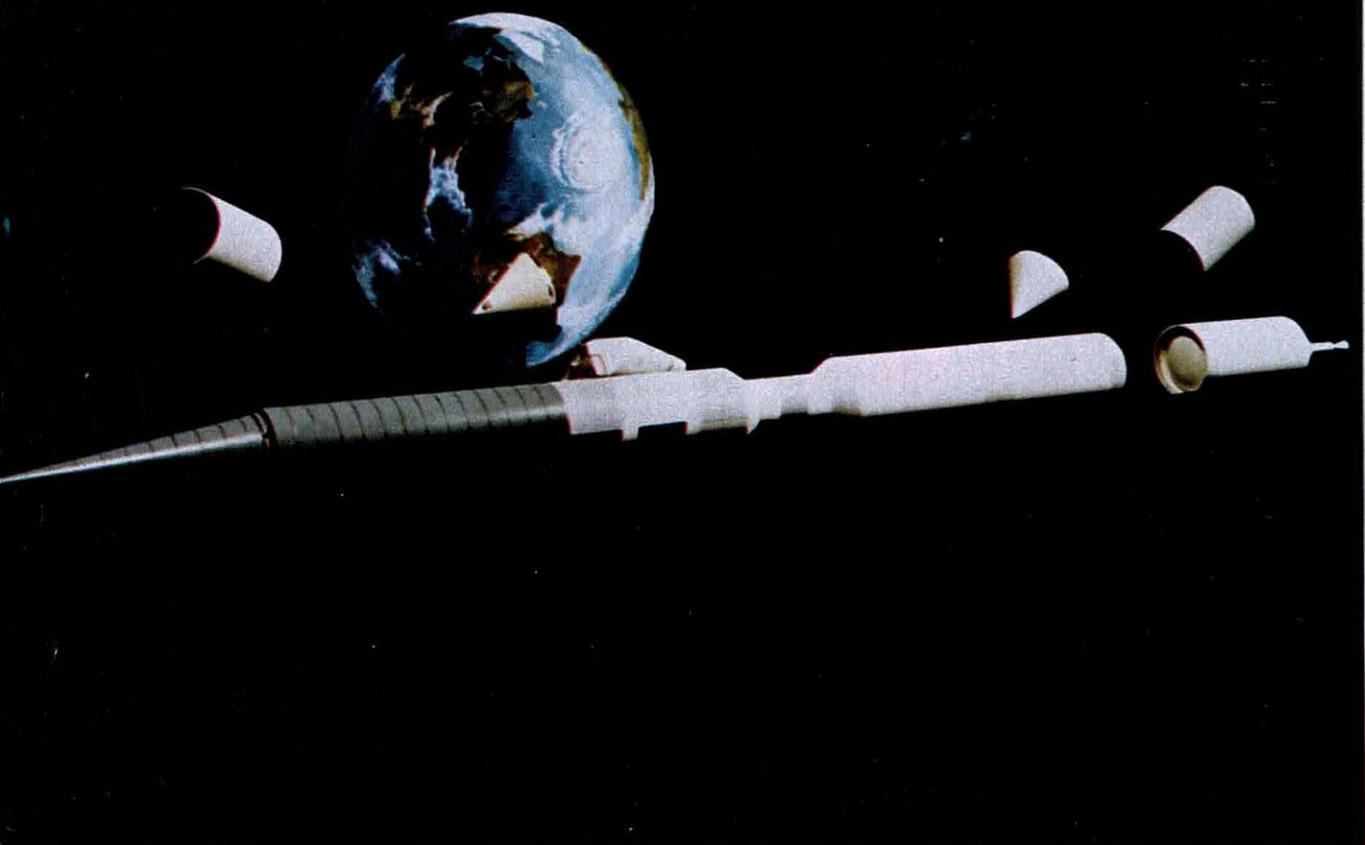
Donc les regards des techniciens sont d'ores et déjà tournés vers Mars la mystérieuse, le rubis du ciel.

Imaginons-nous à l'aube du 1^{er} janvier 19... sur un cosmodrome.

Où se situe ce cosmodrome ? A Cap Kennedy ? A Baïkonour ? Aux USA ? En URSS ? Au Japon ? Aux Etats-Unis d'Europe ? Non pas. Son ciel toujours noir le situe tout de suite : il est construit dans un immense cratère lunaire dont le fond a été nivelé et dont le piton central est surmonté du grand radôme qui abrite les antennes en forme de bol pour émettre et capter les murmures des vaisseaux cosmiques automatiques envoyés au loin.

Pour la première fois, une équipe de cinq

Les « Mariner » 6 et 7 doivent atteindre le voisinage de la planète rouge fin juillet et début août respectivement. Ils permettront de parfaire les mesures réalisées en juillet 1965 par « Mariner » 4 et prendront des photos de meilleure qualité. Le Dr Pickering, Directeur du Jet Propulsion Laboratory, est photographié ici près de la nouvelle sonde.



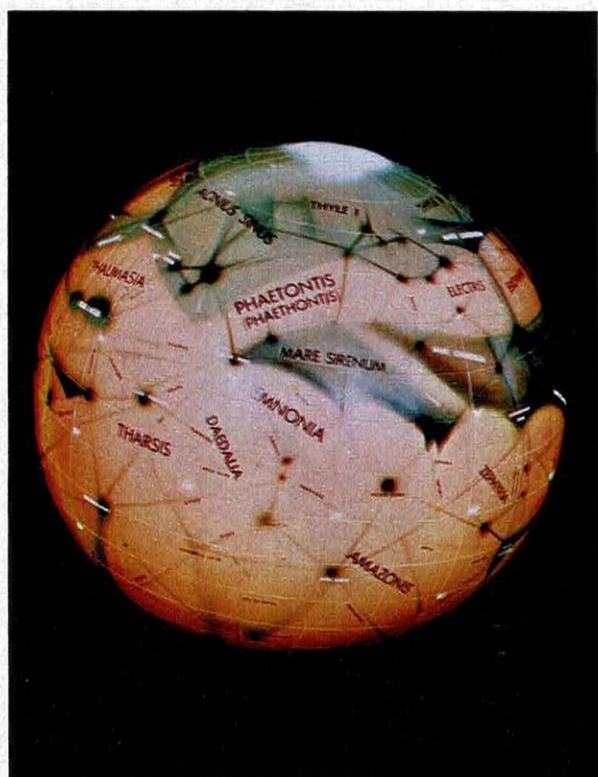
Un vaisseau martien nucléaire proposé par General Electric, assemblé ici sur orbite terrestre

hommes va s'élancer vers Mars, tenter de s'y poser et en revenir.

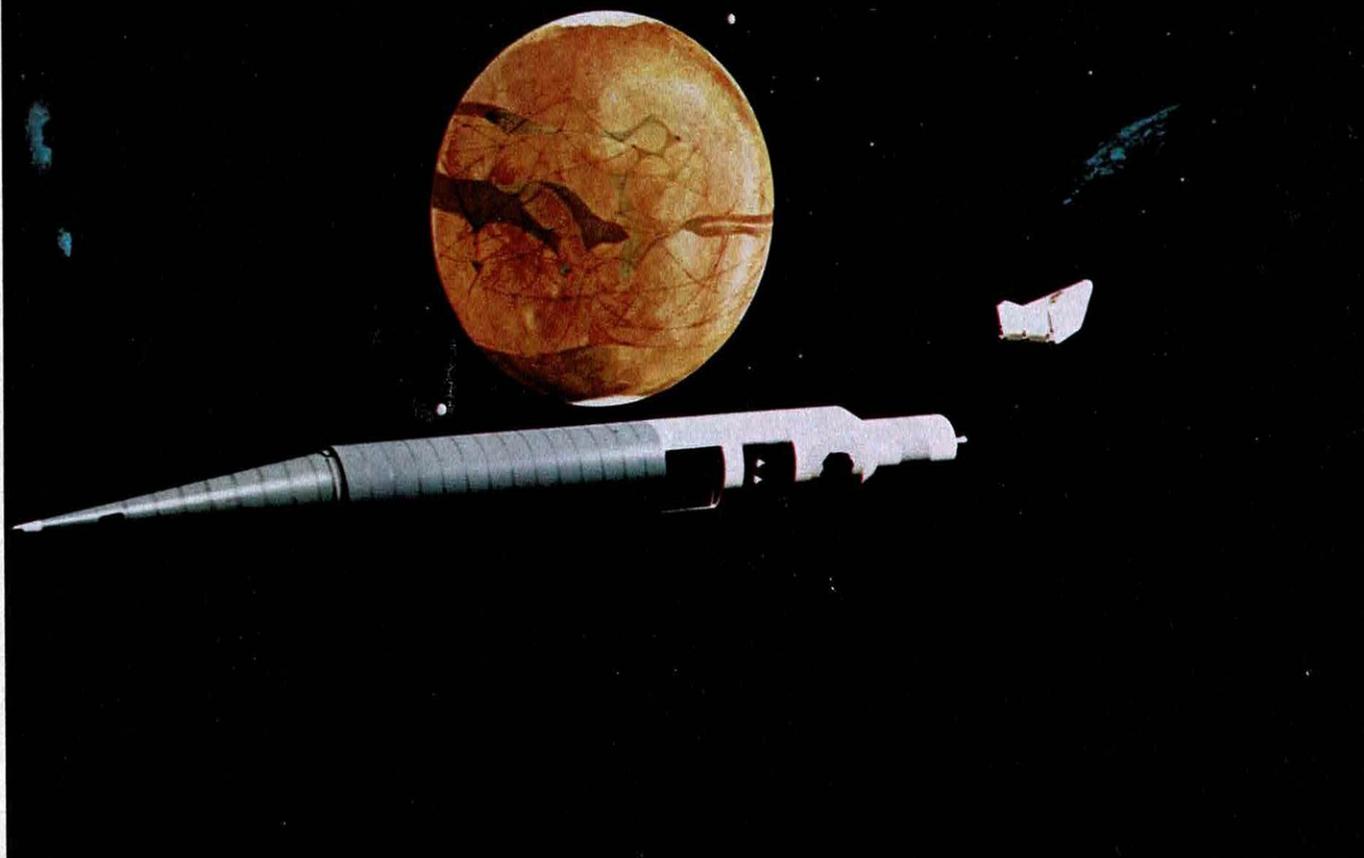
Evidemment, plus rien de l'improvisation des années 1960-1970 et qui permit l'incroyable exploit de la prise de contact lunaire. Les écoliers qui apprennent cette histoire légendaire — bien qu'elle date d'une génération à peine — ne peuvent croire que des hommes se soient lancés ainsi sur un appareil nommé « Apollo », au bout d'une fusée dite « Saturn V », qui sont une hérésie en matière spatiale.

La fusée, un cigare d'une incroyable longueur, véritable poudrière prête à éclater à chaque instant, grondante et vibrante, absurde dans sa conception même : propulsion par propergols liquides ! Un appareil trapu, presque sphérique, de cette forme universelle dont les chercheurs ont fini par redécouvrir les propriétés fondamentales et les avantages. Quelques renflements sur la paroi équatoriale marquent l'emplacement des tuyères iono-photoniques.

Il en sort, à volonté, des faisceaux de lumière d'une intensité insoutenable qui font de cette boule un véritable soleil quand elle évolue dans l'espace. Mais, pour le décollage et la prise de contact, des jets de



La planète aux mystérieux canaux.



... et visible ici sur orbite martienne avec un lifting body prêt à déposer l'équipage.

plasma, gaz ionisés et portés à hautes températures par les piles à fusion thermonucléaire contenues dans la partie arrière. Est-ce là le vaisseau qui va franchir les deux cents millions de kilomètres ? Non point. C'est une partie seulement du grand appareil composite dont l'essentiel a été assemblé dans l'espace et qui gravite autour de la Lune en orbite d'attente.

En effet, seul l'assemblage « mécano » peut permettre de vaincre le fameux rapport de masse qui exige le départ d'une masse énorme dont seule une toute petite partie peut revenir. Partir de la Terre avec la vitesse de libération de 11 km/s, aller jusqu'à Mars et s'y poser, en luttant contre son attraction, pour un contact en douceur, puis repartir de Mars avec encore 7 km/s à gagner pour s'affranchir de l'attraction, regagner la Terre en atterrissage à freinage atmosphérique comme on le faisait vers 1965, tout cela exigerait le départ de dizaines de milliers de tonnes rien qu'en combustible pour ramener deux ou trois tonnes avec un à deux hommes dedans.

Le voyage à Mars n'a donc été possible qu'avec la technique des navettes et des plates-formes intermédiaires : l'engin prin-

cipal assemblé en orbite lunaire ne nécessite pas d'arrachement mais une simple prise de contact tangentielle avec une autre station martienne, naturelle, puisque c'est le satellite Phobos qui joue ce rôle.

Les cinq dernières années ont été employées à envoyer sur Phobos, et cela de manière entièrement automatique, plusieurs éléments : réservoirs de combustible de retour. Ces éléments moteurs sont standards et parfaitement autonomes, munis à leur sommet d'une petite cabine individuelle de pilotage éventuel. Ils ont été déposés sur le sol de Phobos par un véhicule annulaire, similaire à celui qui emporte les hommes et le vaisseau central de la navette qui va permettre la descente Phobos-Mars et le retour Mars-Phobos.

Mais ce véhicule automatisé est plus petit et ne comporte pas le vaisseau central. De plus il est composé de huit éléments moteurs : quatre pour le trajet, les quatre autres sont ceux qui restent inemployés et qui serviront au retour du grand anneau alors propulsé par les quatre moteurs intacts qui seront échangés une fois parvenus sur Phobos.

Autrement dit, le voyage martien se fait

en deux étapes avec deux engins. L'un est un cargo pur et simple qui emporte son combustible propulsif et le combustible de retour. L'autre est le vaisseau proprement, propulsé à l'aller par quatre moteurs et au retour par les quatre autres récupérés. La masse de ces deux ensembles est équivalente, les quatre moteurs inemployés du cargo ayant la masse du vaisseau central emporté par le second anneau.

Ce vaisseau central est enclavé dans le centre de l'anneau. Il est fait de deux parties emboîtées : le véhicule d'aller qui emporte toute la masse du vaisseau sur Mars. Il est surmonté d'une petite cabine de retour qui s'envolera de Mars pour regagner Phobos. Et voici le déroulement futuriste de ce premier voyage humain sur Mars.

Les cinq hommes quittent la base lunaire dans un léger vaisseau-navette en faisant le trajet Lune-station satellite.

Parvenus au sas d'entrée de l'anneau rotatif de la « Roue fulgurante » — c'est le nom de l'appareil martien — ils pénètrent dans leur habitacle. La forme annulaire est obligatoire pour reconstituer une pesanteur artificielle obtenue par rotation de l'ensemble autour de l'axe de symétrie. Un tour par minute établit une force centrifuge suffisante capable de maintenir les objets et les hommes contre la paroi externe. Il s'est avéré, en effet, que plus de quinze jours en apesanteur entraînent des modifications organiques durables et irréversibles au-delà d'un mois. C'est cette faiblesse humaine, vis-à-vis du manque de pesanteur, qui a freiné beaucoup les envols dans l'espace et obligé de faire foi aux stations automatiques pour la plupart des missions d'information.

Des véhicules énormes

La vraie conquête de l'espace, pas celle des sauts de puce faits entre Terre et Lune, nécessite des véhicules énormes et rotatifs et un mode de propulsion d'énergie beaucoup plus concentrée que l'énergie chimique. Le départ se fait très lentement sur les moteurs ioniques et tangentiellement à l'orbite terrestre, dans son mouvement autour du Soleil. Loin d'être un bond à toute vitesse vers l'avant, les tuyères freinent pour faire perdre au vaisseau quelque deux kilomètres par seconde sur les trente qu'il a par rapport au Soleil (du fait du mouvement terrestre).

Là, intervient un très lent décalage de la « Roue fulgurante » par rapport à la Terre qui passe devant elle.

Le voyage en gravitation libre demanderait six mois, ce qui est incompatible avec une

garantie de bonne forme permanente pour l'équipage. C'est pourquoi une partie du voyage utilise les moteurs photoniques à accélération très faible et le temps de parcours, grâce à cet appoint d'impulsion, est ramené à un mois.

Le contact avec Phobos se fait ainsi un mois après le départ, en plaçant le vaisseau sur une orbite presque identique au satellite naturel, et cela à l'aide des moteurs ioniques, puis en se laissant rattraper par le satellite naturel, selon la vieille méthode du rendez-vous spatial entre capsules satellisées.

La « Roue fulgurante » est placée tout à côté de l'anneau cargo qui l'y a précédé en pilotage automatique. Là, deux hommes resteront, habitant momentanément dans le petit anneau entouré de ses huit moteurs. Ils resteront en liaison radio permanente avec le vaisseau et les trois hommes sur Mars au cas où l'expédition tournerait mal, enregistrant absolument tout, y compris les indications télémétriques des appareils. Et ils peuvent vivre là un temps prolongé pour qu'un appareil similaire au cargo (huit moteurs) mais sans vaisseau central puisse éventuellement venir les prendre.

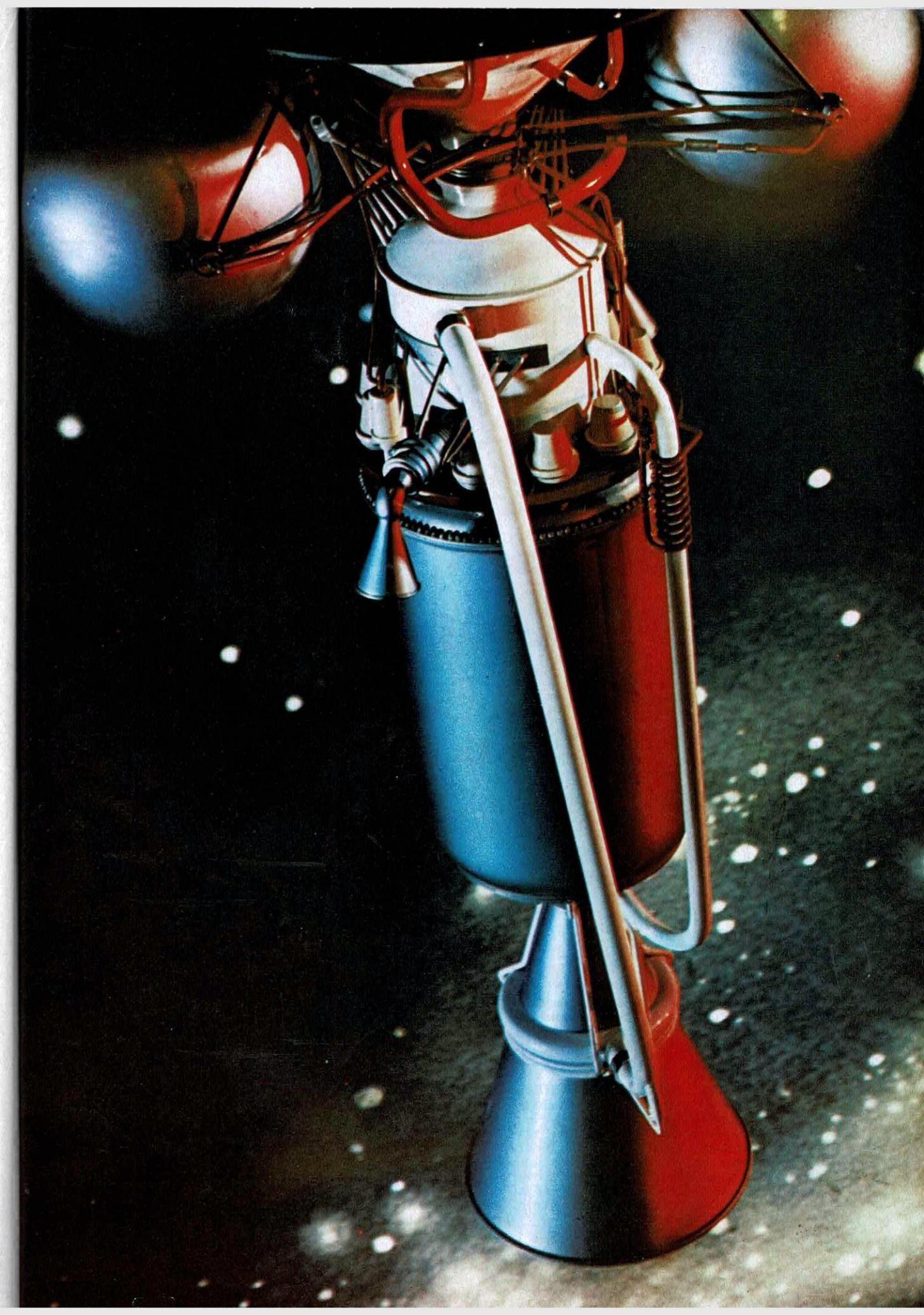
Pendant qu'ils demeurent sur Phobos à changer les quatre moteurs de la « Roue » en les remplaçant par les moteurs intacts du cargo — tâche aisée, la pesanteur quasiment autorisant un déplacement lent par des chenilles à palans — le vaisseau « Mars I » part avec trois hommes.

L'internationale

« Mars I » comporte des moteurs à propergol solide pour la prise de contact, les moteurs à ions risquant de trop perturber le milieu martien ambiant. La prise de contact se fait en détachant « Mars IB » de « Mars IA » peu avant de toucher le Sol. C'est « Mars IB » qui repartira sur Phobos deux jours plus tard.

Et nous laisserons ici nos trois cosmonautes aller de surprise en surprise. Ai-je dit qu'il y a là un Américain, un Russe et un Français, ce dernier fils du signataire ayant bâti les vaisseaux selon les plans préconisés naguère par son père ? Les deux « attentistes » sur Phobos sont un Anglais et un Japonais. De sorte que tous les Grands de l'espace se sont trouvés engagés dans cette opération grandiose et que ce mélange dans la découverte d'un monde symbolise obligatoirement l'apport collectif du génie de toute l'humanité à l'orée de la véritable conquête spatiale.

Lancelot HERRISMAN



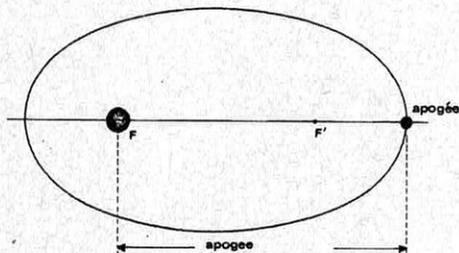
PETIT LEXIQUE

A ACCELERATION (mécan.) : quantité dont croît, ou diminue, la vitesse d'un mobile pendant l'unité de temps. Dans la pratique, l'unité de temps est la seconde, la vitesse se mesurant en m/s. L'accélération se mesure donc en mètres/seconde, par seconde, soit en m/s^2 ; elle est comptée positivement si la vitesse augmente, négativement si elle ralentit. On utilise fréquemment un multiple du m/s^2 , le g, qui vaut $9,81 m/s^2$; g n'est autre que l'accélération créée par le champ de la pesanteur terrestre. Par exemple, un mobile tombant en chute libre au voisinage du niveau de la mer possédera une vitesse de $9,81 m/s$ une seconde plus tard, une vitesse de $19,62 m/s$ après deux secondes, $29,43 m/s$ après trois secondes et ainsi de suite.

ACCELEROMETRE (techn.) : instrument mécanique destiné à mesurer les accélérations.

APESANTEUR (mécan.) : état ressenti par l'homme lorsque le champ de pesanteur auquel il est soumis habituellement est soit libre de s'exercer librement (chute libre), soit compensé par un champ de forces égales et opposées (cas du cosmonaute en orbite, la force centrifuge équilibre l'attraction terrestre).

APOGEE (astron.) : dans une orbite elliptique, distance qui sépare l'astre attractif situé au foyer du point le plus éloigné de l'ellipse ; ce point lui-même.



ATTITUDE (techn.) : position d'un satellite artificiel par rapport à un système de référence, en général un système absolu lié au centre des masses du système solaire et aux directions définies par des étoiles fixes.

ATTRACTION (mécan.) : force d'attraction entre deux corps matériels, due à une ou plusieurs caractéristiques afférentes aux corps eux-mêmes. Exemple : attractions magnétique, électrique, newtonienne. Cette dernière est seule en jeu dans la mécanique céleste, et elle traduit une propriété intrinsèque de tous les corps matériels quelconques : deux objets massifs s'attirent entre

eux en raison directe de leurs masses et inversement au carré de leur distance. C'est l'attraction qu'exerce la Terre sur nous qui nous maintient les pieds au sol, et c'est elle qu'il faut vaincre pour aller sur la Lune ou les autres planètes.

B BALISTIQUE (mécan.) : science ayant pour objet le mouvement des projectiles lancés par une force quelconque. Développée par les artilleurs, on la divise en deux branches : balistique intérieure, traitant de la phase propulsée, et balistique extérieure, qui étudie le mouvement du mobile une fois lancé.

BOOSTER (techn.) : fusées d'appoint au décollage montées en faisceau le long du corps central d'une fusée. Les boosters peuvent être à carburant solide ou liquide.

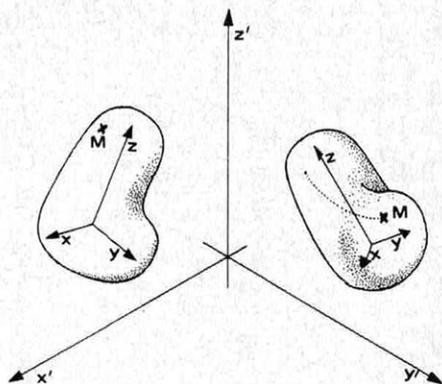
C CAPTEUR (techn.) : dispositif électronique destiné à capter des sources de rayonnements électromagnétiques (lumière visible ou non) très fines et à se maintenir dans leur direction. Cette direction sert d'axe de référence absolu pour le guidage des satellites.

CENTRIFUGE (mécan.) : force de réaction opposée par tout corps soumis à parcourir une trajectoire courbe. Si R est le rayon de courbure de la trajectoire en un point donné - R est constant pour le cercle ou certaines hélices - cette force est égale à $m V^2/R$, V étant la vitesse du mobile.

CHAMP (math.) : région de l'espace dans laquelle on peut assigner à tout point repéré par ses coordonnées une grandeur scalaire, vectorielle ou autre, cette grandeur caractérisant la nature du champ. *Champ de pesanteur* : espace tel que tout point matériel qui y est placé est soumis à la force d'attraction de la Terre, force qui ne dépend que de la position de ce point.

CORIOLIS (mécan.) : force de Coriolis : force due à l'accélération de Coriolis. Cette accélération, ou accélération complémentaire, entre en jeu dès qu'un point M est mobile dans un solide S, lui-même mobile par rapport à un repère fixe absolu (T) (0, x, y, z). Vitesse et accélération de M par rapport à S sont dites relatives, et absolues par rapport à (T). Le mouvement du solide S par rapport à (T) est dit d'entraînement. On démontre alors que la vitesse de M par rapport à (T) est égale à la somme de sa vitesse relative et de la vitesse d'entraînement pour ce point, et que son accélération absolue par rapport à (T) est la somme de son accélération relative, de l'accélération d'entraînement, et de l'accélération de Coriolis. Cette force in-

tervient sur Terre, par exemple, pour les marées : la mer est le point M mobile par rapport à la Terre S, elle-même mobile autour du Soleil (T). De même l'astronaute dans une capsule : il peut s'y déplacer tandis que la capsule se déplace par rapport au Soleil.



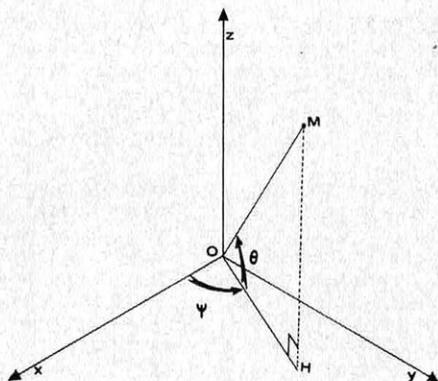
CHARGE UTILE (techn.) : masse utilisable susceptible d'être emportée par une fusée, abstraction faite de la masse de la fusée elle-même et de son carburant.

CINETIQUE (phys.) : énergie cinétique : quantité de travail accumulée par un corps en mouvement ; on dit aussi force vive. Cette énergie est évidemment restituée dès que le mouvement se ralentit, en général sous forme de chaleur.

COMBURANT (chim.) : corps oxydant entrant en réaction avec un combustible pour fournir l'énergie thermique nécessaire à la propulsion des fusées. Les plus courants : oxygène liquide, acide nitrique, fluor, chlore.

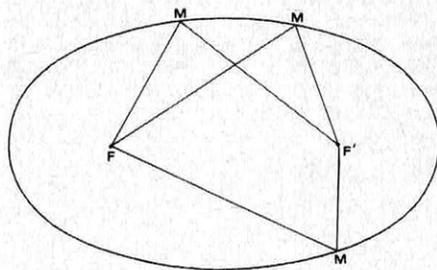
COORDONNEES (math.) : éléments nécessaires pour fixer la position d'un point dans l'espace. Ces éléments sont au nombre de trois, et ils mesurent, suivant les systèmes de coordonnées, soit des longueurs, soit des angles. Le système euclidien des trois axes rectangulaires est peu utilisé en astronomie ; on lui préfère des systèmes de coordonnées polaires. Soit M un point de l'espace et H sa projection sur le plan o, x, y . La position du point M est parfaitement déterminée par la connaissance de trois éléments : sa distance OM au centre (O) des axes, et les deux angles Ψ et Θ . Suivant les systèmes utilisés, ces angles ont des noms différents : azimut et hauteur dans les coordonnées horizontales, angle horaire et déclinaison dans les coordonnées horaires, ascension droite et déclinaison dans les coordonnées équatoriales, longitude céleste et latitude céleste dans les coordonnées écliptiques.

naison dans les coordonnées équatoriales, longitude céleste et latitude céleste dans les coordonnées écliptiques.



ECLIPTIQUE (astron.) : plan dans lequel est située l'orbite de la Terre autour du Soleil.

ELLIPSE (math.) : courbe plane fermée, dont chaque point est tel que la somme de ses distances à deux points fixes appelés foyers est constante. La plupart des trajectoires suivies par les satellites artificiels, et celles de toutes les planètes autour du Soleil, sont elliptiques.



ERGOL (chim.) : terme général pour désigner la substance, combustible ou carburant, qui doit entrer en réaction dans la chambre de combustion de la fusée.

EXCENTRICITE (math.) : grandeur caractérisant l'allongement d'une ellipse. Elle est mesurée par le rapport entre la distance des deux foyers et la longueur du grand axe. Excentricité nulle, l'ellipse est un cercle ; excentricité un, l'ellipse est devenue une parabole.

G (phys.) : valeur moyenne de l'accélération créée au niveau de la mer par la pesanteur. Cette valeur moyenne est de $9,81 \text{ m/s}^2$; elle ne caractérise nullement l'accélération

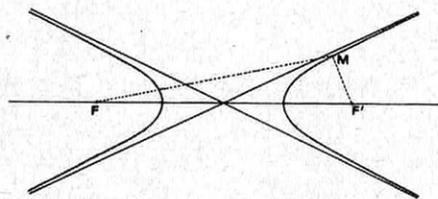
de la pesanteur en un point quelconque du globe ; celle-ci varie avec le lieu, l'altitude et même le jour. Le chiffre de 9,81 a été retenu arbitrairement.

GRAVITATION (astron.) : force qui fait que tous les corps s'attirent réciproquement en raison directe de leurs masses et en raison inverse du carré de leur distance. La loi s'écrit $F = k \frac{mm'}{r^2}$, k étant une constante, dite de la gravitation universelle.

GUIDAGE (tech.) : opération consistant à définir la position, la vitesse et les accélérations d'un satellite artificiel et à lui donner éventuellement position, vitesse et accélérations voulues. Le guidage, entièrement électronique, est relevé par des ensembles complexes de capteurs optiques, de gyroscopes et d'accéléromètres, et assuré par des moteurs-fusée asservis à une unité de contrôle automatique.

GYROSCOPE (mécan.) : instrument constitué d'une toupie lourde et massive lancée en rotation autour de son axe à très grande vitesse. On démontre en mécanique générale que l'axe d'une telle toupie garde une direction à peu près fixe dans l'espace, cet à-peu-près dépendant des imperfections mécaniques de la toupie. Le gyroscope sert donc au guidage de tous les appareils volants : avions, fusées, satellites, etc.

H **HYPERBOLE** (math.) : courbe plane ouverte, dont chaque point est tel que la différence de ses distances à deux points fixes appelés foyers est constante. C'est l'une des trajectoires que peut décrire un corps céleste par rapport à un autre, mais elle est rare. On ne connaît que quelques comètes hyperboliques.



IMPULSION SPECIFIQUE (techn.) : temps pendant lequel un kilo de propergol assure une poussée d'un kilo ; est exprimé en secondes.

INERTIE (mécan.) : résistance que les corps opposent au mouvement, et qui résulte de leur masse.

INFRAROUGE (phys.) : rayonnement lumineux, appartenant à l'ensemble de rayonnements électromagnétiques, et de plus grande longueur d'onde que le rouge. Normalement invisible, il est perçu sous forme de chaleur.

L **LIBERATION** (astron.) - Vitesse de libération : vitesse qu'il faut communiquer à un engin pour vaincre la force d'attraction d'un astre.

LUMIERE (phys.) - Vitesse de la lumière : une des constantes fondamentales de la physique. Mesurée pour la première fois en 1676 par le Danois Roemer à l'observatoire de Paris, cette vitesse, désignée par la lettre c , vaut 299 792 km/s. Le chiffre est arrondi en général à 300 000 km/s. Rappelons que la lumière visible n'est qu'une petite portion des rayonnements électromagnétiques, qui vont des rayons γ aux ondes radio, et se déplacent tous à cette même vitesse c .

M **MASCONS** (géol.) : abréviations de « mass concentration ». Masses de matière plus dense que le reste de la Lune, enfouies sous les « mers ». On en a dénombré 12, larges de 50 à 200 km, épaisses de 5 km et enfouies entre 50 à 100 km. Ils causent des déformations du champ gravifique. On a également décelé six « mascons négatifs », qui pourraient être des bulles ou une matière moins dense.

MASSE (phys.) : quantité numérique qui caractérise et mesure la somme de matière incluse dans un corps matériel quelconque. A volume égal, la masse dépend de la densité du matériau : le litre d'eau a une masse de 1 kilo, le litre de fer une masse de 7,9 kg, le litre de platine 21,5 kg, et ainsi de suite une masse spécifique précise pour chaque élément ou chaque mélange d'éléments. Ne pas confondre masse et poids : le poids n'est autre que la force qu'exerce un champ de pesanteur sur une masse donnée.

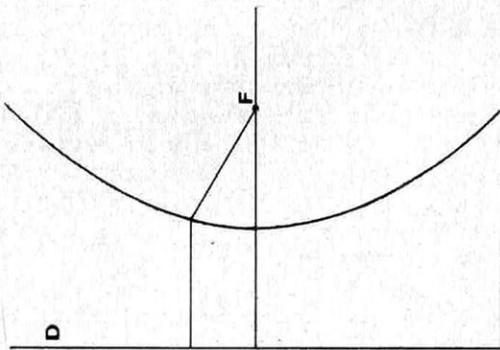
MERS LUNAIRES (astron.) : vastes régions relativement planes, peu accidentées et sombres de la surface lunaire, par opposition avec les continents parsemés de cratères ou de montagnes. Ces mers sont faites de matière solide et ce sont les premiers observateurs, croyant voir les océans, qui les avaient baptisées ainsi.

METEORITE (astron.) : fragment minéral voyageant à travers le système solaire, et sans doute même à travers la galaxie. De dimensions extrêmement variables - du millimètre à l'hectomètre - les météorites sil-

lonnent l'espace à des vitesses très élevées, souvent proches de la vitesse parabolique pour nos régions du système solaire. On dit aussi aéroliithe ou bolide.

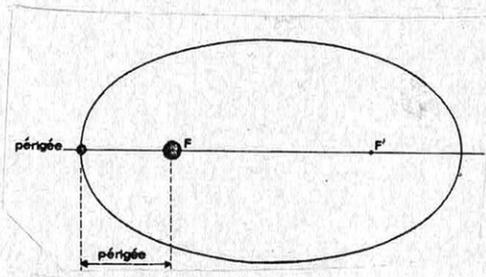
O **ORBITE** (astron.) : trajectoire imposée à tout corps céleste mobile par les lois de l'astronomie. En pratique, et avec une approximation suffisante, on peut considérer toutes les orbites comme des coniques : ellipse (la plus fréquente), parabole (rare), hyperbole (très rare) ou cercle (cas limite qui n'est jamais atteint avec une rigueur mathématique mais peut être approché de très près). A noter que l'orbite affecte une forme différente suivant le système de référence : un satellite autour de la Terre décrit une ellipse pour un système de coordonnées attaché à notre globe, mais une sorte d'hélice pour un référentiel absolu attaché au centre des masses du système solaire.

PARABOLE (math.) : courbe plane ouverte dont chaque point est équidistant d'un point fixe appelé foyer et d'une droite D appelée directrice. C'est une trajectoire assez rare en astronomie ; quelques comètes ont une orbite parabolique.



P **PARABOLIQUE** (astron.) - Vitesse parabolique : vitesse que posséderait, à la distance r du Soleil, un corps tombant en chute libre, sans vitesse initiale, d'une distance infinie. Elle est égale au produit par $\sqrt{2}$ de la vitesse circulaire à la même distance du Soleil. C'est une vitesse très importante dans les calculs de mécanique céleste. Au niveau de la Terre, c'est-à-dire sensiblement à 150 000 000 de km du Soleil, elle vaut 42 km/s. Tout mobile parvenant dans nos régions à une vitesse inférieure décrit une ellipse autour du Soleil, et à une vitesse supérieure une hyperbole.

PERIGEE (astron.) : dans une trajectoire elliptique, distance minimale entre l'astre central au foyer et son satellite. Ce point.

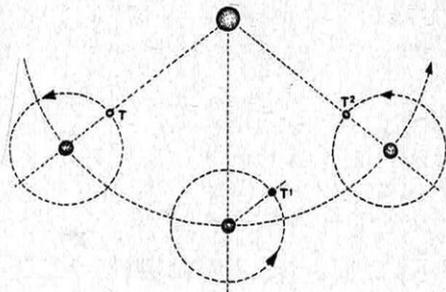


PERIODE (astron.) - Période de révolution : temps mis par un corps céleste pour parcourir une orbite complète.

POUSSEE (mécan.) : force résultant de l'éjection d'une masse de gaz par un moteur à réaction. Elle est égale, dans le cas des moteurs-fusée, au produit de la masse des gaz éjectés par la vitesse d'éjection.

R **RENTREE** (techn.) : phase critique du retour sur Terre pendant laquelle un engin spatial perd son énergie cinétique qui se transforme en chaleur.

REVOLUTION (astron.) - Révolution sidérale : temps mis par un satellite pour faire un tour complet autour d'un astre central. Révolution synodique : temps mis par le satellite d'une planète pour revenir en ligne entre la planète et le Soleil. Temps mis pour aller de T à T₁ : révolution sidérale. Temps mis pour aller de T à T₂ : révolution synodique.



T **TELEMESURES** (techn.) : ensemble des techniques destinées à effectuer des mesures à distance. En pratique, l'outil à mesurer — par exemple thermomètre — est couplé à un émetteur radio qui transmet à un récepteur les indications relevées. La distance entre émetteur et récepteur peut être colossale : des centaines de milliers de kilomètres.

TERMINATEUR (astron.) : nom donné à la ligne de séparation des parties éclairées et obscures du disque lunaire.

(suite de la page 84)

et le module M décolle de sa courbe circulaire pour prendre un chemin plus aplati. Disons, pour imaginer, qu'il monte au-dessus de sa trajectoire primitive, comme un avion qui prend soudain de la hauteur. Mais le pilote n'a déclenché ses fusées qu'un court instant et le module suit une nouvelle courbe qui est maintenant une ellipse. Il s'éloigne progressivement de la Lune et, en vertu des lois qui régissent la mécanique céleste, sa vitesse diminue ; nous avons déjà précisé le fait à propos des trajectoires elliptiques. Il atteint bientôt un point où sa distance à la Lune est maximale et sa vitesse minimale : c'est l'apogée. Le premier coup d'accélérateur a été judicieusement dosé — toujours l'électronique — et cette apogée va être égale au rayon du cercle que décrit la cabine C qu'il faut rejoindre.

Mais attention, si M parvenait à cette apogée qui vaut le rayon du cercle C au moment précis où C arrivait au même point, ils se rejoindraient bien, mais avec des vitesses différentes. C tourne plus vite que M. Il est exact qu'à l'instant où le pilote a déclenché les fusées du module, il volait plus vite que la cabine et il a même sur l'instant augmenté son allure. Mais, au fur et à mesure qu'il s'éloigne de la Lune dans son orbite elliptique, il lui faut vaincre l'attraction lunaire, ce qui diminue sa vitesse, exactement comme une pierre lancée en l'air finit par s'arrêter avant de retomber. En atteignant l'apogée, M a donc une vitesse inférieure à celle de C et la rencontre de deux corps voguant à des vitesses différentes se traduit par un accident. Mais il suffit qu'à cet instant le pilote du module M rallume ses fusées afin d'élever sa vitesse au niveau de celle de C pour que la rencontre se fasse à allure égale. C'est le rendez-vous spatial, les pilotes du module réintègrent la cabine d'où ils étaient partis. Une petite comparaison automobile va éclaircir le problème : deux routes courent à la rencontre l'une de l'autre pour se fondre en un chemin unique.

Petit cours de conduite auto

C'est la forme en sifflet que prend le raccordement d'une autoroute avec une voie secondaire. On a donc affaire à une forme en Y. Sur la première branche de l'Y, la cabine C descend vers le croisement à 100 ; sur la seconde, le module M roule à 80 et il possède un « poil » d'avance sur C. Il va donc parvenir au confluent juste avant elle, mais l'instant d'après il va se faire tamponner par C qui roule 20 km/h plus vite. L'art pour M consiste donc, dès qu'il en-

tame le confluent de l'Y, à accélérer pour déboucher juste devant C à 100 km/h juste. Reprenons maintenant le détail de ce retour au bercail : à un instant que les calculatrices se sont chargées de déterminer, M accélère. Sa vitesse augmente, sa trajectoire s'écarte du cercle pour suivre une ellipse et M se trouve entraîné de plus en plus loin de la Lune, ce qui ralentit sa vitesse. A un moment, son allure passe par un minimum et sa distance à la Lune devient maximale et égale au rayon du cercle que parcourt C. Pour se placer sur ce cercle avec C, M donne un deuxième coup d'accélérateur qui lui donne la vitesse nécessaire au point donné pour transformer son orbite elliptique en une orbite circulaire identique à celle de C. Signalons que, tournant sur une orbite plus haute, M court maintenant moins vite que sur son orbite basse, et cela malgré deux coups d'accélérateur.

Gare au paradoxe !

Le fait est paradoxal ; certains, mal inspirés, en ont conclu que dans l'espace un coup de frein accélère la fusée et un coup d'accélérateur la freine. Bien entendu, il n'en est rien. Conformément à l'évidence mathématique, le satellite accélère et augmente de vitesse au moment où le pilote allume ses fusées qui le poussent en avant. Et s'il maintenait les moteurs allumés, il irait de plus en plus vite se perdre dans l'espace suivant une hyperbole. Mais, n'ayant allumé qu'un court instant, il se trouve lancé sur une trajectoire qui l'éloigne de la Lune. Or, s'éloigner de la Lune est du point de vue mécanique équivalent à soulever un poids, il faut donc fournir le travail nécessaire. Ce travail, le satellite le prend sur sa vitesse qui va en diminuant. Considéré sous l'angle de la dynamique, le cas est le même que celui d'un caillou lancé en l'air dont la vitesse diminue à mesure qu'il s'élève.

Au point le plus éloigné de la Lune, à l'apogée, la vitesse du satellite tombe à une valeur assez faible, de loin inférieure à sa vitesse sur orbite circulaire basse. Même le second coup d'accélérateur ne fera pas remonter cette vitesse à son niveau primitif. L'énergie dépensée par ces deux allumages de fusée a uniquement servi à soulever le satellite un peu plus haut.

Le problème du freinage et de l'alunissage, est inverse, mais identique. Quand le pilote allume ses rétrofusées, le module ralentit et descend en dessous de sa course circulaire primitive, comme un sous-marin s'enfoncé dans la mer. A ce moment, il suit une ellipse qui le rapproche (au lieu de l'éloi-

gner) de la Lune, et, en un sens, il tombe, donc sa vitesse augmente. Au maximum, elle sera même supérieure à sa vitesse initiale, et ce malgré le coup de frein. Mais cet accroissement est dû à la chute vers la Lune. Pour simplifier, le problème serait celui d'un conducteur au volant qui roule en plat et va brusquement aborder une forte descente ; il donne un coup de frein pour ne pas être entraîné trop vite, mais malgré cela, s'il reste en roue libre, il arrivera en bas de la descente plus vite qu'il ne l'a abordée. De même la montée en altitude se compare au conducteur qui voit une côte rude devant lui : il accélère pour se lancer, mais sa vitesse tombe quand même une fois arrivé en haut.

En astronautique, donc, à une accélération momentanée succède un ralentissement, à un freinage momentané une augmentation de la vitesse. Se poser sur la Lune consiste à exécuter un rendez-vous vers le bas : coup de frein descente de plus en plus rapide, nouveau coup de frein, et ainsi de suite jusqu'à annuler la vitesse au niveau du sol. C'est une opération très difficile, car il faut en même temps jouer sur l'orientation ; l'ensemble est entièrement sous la dépendance des dispositifs de guidage automatiques.

Bref, le pilotage spatial n'en est pas un...

Repartir de la Lune se fait comme on décolle de la Terre. Le plus délicat est de trouver la bonne orientation du plan de l'ellipse, afin que le module suive une orbite coplanaire avec celle de la cabine. La précision à donner à l'orientation des tuyères comme à la force et à la durée du jet relève de l'horlogerie atomique la plus fine. Ce sont des calculatrices qui s'en chargent, le problème étant totalement insoluble pour un cosmonaute ne disposant que de quelques heures. Seule l'approche finale, le rendez-vous entre le module et la cabine, par exemple, se fait un peu à la main, le pilote donnant de petits coups de fusée pour s'aligner exactement. En fait, et c'est regrettable pour les cosmonautes, il n'y a pas de leur part une activité vraie de pilotage interplanétaire. D'une part, nous l'avons dit, les moteurs ne peuvent emporter assez de carburant pour cela, et d'autre part la complexité des opérations comme la précision requise dépassent de loin les possibilités d'un homme. Tout se fait, pour l'instant, par contrôle électronique, soit depuis la Terre, soit depuis la cabine. Tant qu'ils n'existera pas un moteur pouvant fonction-

ner à jet continu tout le long du parcours, le cosmonaute ne sera jamais qu'un passager. De toutes façons, et c'est cela le plus important, dans un vaisseau spatial, vitesse et altitude sont liées par des lois très complexes ; le cosmonaute évolue vraiment suivant trois dimensions, mais toute variation dans une dimension entraîne une variation dans les deux autres. Ce n'est pas le cas d'un avion qui peut, par exemple, aller à droite ou à gauche sans changer d'altitude, descendre ou monter sans que la vitesse varie, et autres manœuvres indépendantes. Dans un satellite, tout changement de direction demande l'allumage d'un moteur-fusée ; il y a alors changement de vitesse et par contrecoup changement de trajectoire. D'autre part, la fusée quitte une Terre qui est déjà mobile autour du Soleil ; elle va rejoindre la Lune qui tourne autour de la Terre. Et elle-même est à la fois mobile par rapport à la Terre, à la Lune et au Soleil ; le pilote le sent très bien, car dans tout problème d'objet mobile par rapport à un repère mobile intervient une accélération complémentaire, dite de Coriolis. A cette accélération correspond une force de Coriolis, qui vient encore perturber l'équilibre déjà précaire des cosmonautes : n'oublions pas que la cabine n'est pas tellement lourde par rapport à eux ; dès qu'ils bougent dans un sens, la capsule, par réaction, bouge dans l'autre, comme un rameur debout dans une piroë. Ajoutons l'absence de pesanteur pour compléter le lot et on comprendra fort bien que le cosmonaute le plus fin ne puisse en aucun cas juger ni de la position de la capsule, ni de sa vitesse, ni de son orientation, ni même des forces auxquelles elle est soumise. Pas question donc de la conduire au sens propre du terme.

La solution sera nucléaire

C'est évidemment, et nous le répétons encore, l'absence de moteur qui fausse tout problème. Le vol à la Lune serait un jeu d'enfant si on pouvait disposer d'une poussée constante et contrôlable tout le long du trajet. Les moteurs-fusée chimiques ne permettront jamais cette performance. Seule l'énergie interne contenue dans les atomes, par désintégration ou par fusion thermonucléaire, serait à même de fournir le moteur nécessaire. Mais pour être franc il faut bien avouer que l'énergie nucléaire n'a toujours pas donné lieu à la plus minuscule réalisation un peu sérieuse. L'ennui pour les cosmonautes, c'est qu'aujourd'hui encore les vols interplanétaires sont toujours guidés par Newton, et non par Einstein.

Renaud DE LA TAILLE



à volume égal, on en met

346 dm³, c'est une bonne capacité pour un coffre ; elle n'est pourtant pas exceptionnelle ; d'autres voitures ont un coffre aussi grand que celui de la Renault 16. Mais la Renault 16 profite mieux de son espace. A volume égal, on en met plus dans la Renault 16.

Plus parce qu'il suffit d'avancer la banquette arrière pour faire entrer deux ou trois valises de plus dans le coffre.

Plus encore, parce qu'il suffit d'enlever la planchette amovible qui délimite ce coffre pour augmenter considérablement sa capacité de chargement.



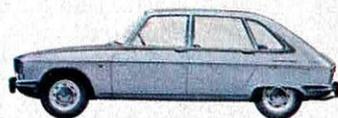
plus dans la Renault 16

Et encore plus, parce qu'il suffit de replier la banquette arrière contre les sièges avant pour transformer la Renault 16 en un véritable break capable d'effectuer les transports les plus encombrants.

Et ce coffre extensible est, en plus, accessible par une cinquième porte qui dégage totalement l'arrière de la Renault 16.

La roue de secours ne l'encombrant pas, vous l'utiliserez à 100 %

Oui, à volume égal, on en met plus dans la Renault 16.
Venez la voir... Elle vous le démontrera.



RENAULT 

Renault 16 - 1500 cm³ - 8 CV - 145 chrono

Renault 16 TS - 1600 cm³ - 9 CV - 165 chrono

RENAULT : 70 ANS DE PROGRÈS AUTOMOBILE

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA CONQUETE DE LA LUNE...

OUVRAGES EN FRANÇAIS :

- *La grande aventure de l'espace*. Ouvrage réalisé par les plus grands spécialistes mondiaux de l'astronautique. Editions Romaldi, Paris 1967.
 - *La Lune nous attend*. M. Rebrov, G. Khosine. Collection « Science pour tous ». Editions de Moscou. Librairie du Globe.
 - *Bientôt la Lune*. G. Koulikov. Collection « Science pour tous ». Editions de Moscou. Librairie du Globe.
 - *Le mouvement des corps célestes*. Y. Ryabov. Collection « Science pour tous ». Editions de Moscou. Librairie du Globe.
 - *Pourquoi la Lune ?* J. E. Charon. Editions Planète, Paris 1968.
 - *La Lune à l'ère spatiale*. CNES. Presses Universitaires de France, Paris 1966.
 - *Pour ou contre la conquête de l'espace*. D. Hemmert, A. Roudène. Editions Berger-Levrault, Paris 1967.
 - *Physiologie du cosmonaute*. J. Colin, Y. Houdas. Collection « Que sais-je ? ». P.U.F., Paris 1965.
 - *Le droit de l'espace*. C. Chaumont. Collection « Que sais-je ? ». P.U.F., Paris 1961.
 - *Les éclipses*. P. Couderc. Collection « Que sais-je ? ». P.U.F., Paris 1961.
 - *Les satellites artificiels*. C.-N. Martin. Collection « Que sais-je ? ». P.U.F., Paris 1968, n° 813.
 - *A la conquête de l'espace*. T. de Galiana. Editions Larousse, Paris 1967.
 - *Dictionnaire de l'astronautique*. T. de Galiana. Editions Larousse, Paris 1964.
 - *Le fabuleux pari sur la Lune*. A. Ducrocq. Editions Laffont, Paris 1961.
 - *L'univers*. Collection Time-Life.
 - *L'homme et l'espace*. Collection Time-Life.
 - *Le chemin des étoiles*. C. Tsiolkovski. Editions en langues étrangères. Moscou. Librairie du Globe, Paris.
 - *En fusée vers la Lune*. V. Lévantovski. Editions en langues étrangères. Moscou. Librairie du Globe, Paris.
- (Consulter également la bibliographie de la Librairie Science et vie, p. 154-5.)

OUVRAGES EN ANGLAIS :

- *Handbook of Soviet Space Science Research*. Publié sous la direction de G. E. Wukelic. Gordon & Beach, Londres 1968.

- *Soviet Space Science Exploration*. W. Shelton. Arthur Barker Ltd, Londres 1968.
- *The Promise of Space*. A.C. Clarke. Hodder and Stoughton, Londres 1969.
- *Outer Space. Prospect for Man and Society*. L.P. Bloomfield. Pall Mall Press, Londres 1968.
- *Material in Space Technology*. C. V. Thompson, K. W. Gatland. Iliffe Books, Londres.
- *Spacecraft and Booster*, volumes 1 et 2. K. W. Gatland. Iliffe Books, Londres.
- *Space Frontier*. W. von Braun. Holt, New York 1967.
- *Lunar Mission and Exploration*. C. T. Leondes, R. W. Vance. Wiley, New York 1964.
- *Project Apollo : Man to the Moon*. T. Alexander. Holper, New York 1964.
- *Technology of Lunar Exploration*. C.I. Cumming, H.R. Lawrence. Academic Press, New York 1963.
- *Exploration of the Moon*. A.C. Clarke. Harper, New York 1964.
- *Project Apollo : Mission to the Moon*. C. Coombs. Marrow, New York 1965.
- *Manned Spacecraft*. K. Gatland. McMillan, New York 1967.
- *Man and the Moon*. R.S. Richardson. World Publishing, Cleveland 1961.

OUVRAGES EN RUSSE (disponibles à Paris) :

- *Atlas obratnoi storony Luny* (Atlas de la face cachée de la Lune). Tome II. Photographies de « Zond » 3. Editions « Nauka », Moscou 1960. (Librairie du Globe, Paris.)
- *Pilotiruemye kosmitcheskie korabli* (Les vaisseaux cosmiques pilotés). A.N. Ponomarev. Editions « Voenizdat », Moscou 1968. (Librairie du Globe, Paris.)
- *Uspekhi SSSR V issledovanii kosmitcheskovo prostranstva 1957-1967* (La recherche spatiale en URSS, première décennie 1957-1967). Editions « Nauka », Moscou 1968. (Librairie du Globe, Paris.)
- *Astronomia i kosmonavtika* (Histoire chronologique de l'astronomie et de l'astronautique). S.I. Selechnikov. Editions « Naukova Dumka », Kiev. (Librairie du Globe, Paris.)
- *Karta Luny* (Carte de la Lune). Editions « Nauka », Moscou 1967. (Librairie du Globe, Paris.)

LA VIE A BORD (suite de la page 92)

jour. La plupart des aliments sont déshydratés sous vide dans des sachets de plastique. Selon le type d'aliment, les astronautes y injectent à l'aide d'une sorte de pistolet spécial de l'eau chaude ou froide produite par les piles à combustible. Lorsque les sacs ont été vidés de leur contenu par succion, les astronautes y mettent une pilule destinée à éviter la fermentation des déchets. Le sac est scellé, plié et jeté dans une poubelle prévue à cet usage. Le menu est relativement varié : salade de saumon, bacon, pois, cocktails de fruits, jus de pamplemousse, café, etc. Trois repas par jour sont prévus dans le plan de vol. Lors du vol « Apollo » 8, la préparation des repas avait coûté 2 700 dollars ! Une amélioration notable a été faite par la NASA pour le vol « Apollo » 10. Elle a mis au point un nouveau type de mélange alimentaire pouvant adhérer à la cuillère évitant ainsi aux aliments de s'éparpiller dans la cabine. Ce nouveau type de repas a particulièrement plu à E. Cernan : « Il y a quelque chose qui fait que c'est bien meilleur lorsqu'on mange avec une cuillère !... »

Teflon anti-rayons

Pendant les missions lunaires « Apollo », les astronautes portent essentiellement deux types de combinaisons spatiales. Le commandant du module de commande porte sur sa combinaison de vol en nylon « bêta » une combinaison pressurisée, reliée au système de climatisation. Ce scaphandre intravéhiculaire est composé de quatre couches de tissus : un filet de nylon, une couche de caoutchouc, un tissu pour la régulation thermique et une couche externe en nylon renforcé. Le commandant et le pilote du module lunaire portent par-dessus cette combinaison, un vêtement extravéhiculaire recouvert d'un tissu de protection en teflon, contre les rayonnements thermiques et les météorites. C'est avec ce costume qu'ils débarqueront sur la Lune.

De part et d'autre des hanches, des attaches permettent de fixer ce scaphandre aux sangles reliées au système de poulies, qui doivent permettre aux astronautes d'être maintenus, dans le LM, dans une position de relaxation toute relative... Avec d'autres éléments, tels que l'unité autonome de survie « PLSS » (Portable Life Support System) la combinaison de régulation thermique portée à même la peau, le casque doté d'un filtre, ainsi que les gants hermétiques constituent l'« EMU » (Extravehicular Mobility Unit). Il a une masse de 82,35 kg. Le « PLSS » a une autonomie propre de trois heures environ. Comme les astronautes doivent rester vingt-deux heures environ sur la Lune, s'ils éprouvent le besoin de se reposer ils peuvent le faire à l'intérieur du LM, soit en se recroquevillant devant le tableau de bord, ou en s'installant sur le coffrage du moteur de remontée.

Durant leurs missions, les « apollonautes » ne chôment pas ! Sans arrêt ils vérifient et contrôlent le fonctionnement des différents systèmes de bord, et en particulier avant les manœuvres importantes tel que l'allumage du « SPS ». Le navigateur se sert du sextant de bord pour effectuer des exercices de navigation stellaire. L'apesanteur ne facilite pas leur travail. C'est ainsi que pour prendre des notes, ils sont obligés d'utiliser un stylo bille spécial pressurisé à l'azote. Les stylos ordinaires ne fonctionneraient pas dans l'espace.

De temps à autre, sur ordre de la Terre, ou selon les indications du plan de vol de 200 pages, ils doivent revêtir une sorte de harnais biologique sur lequel sont placés des capteurs reliés au système de télécommunication qui retransmet vers le Centre de Goddard des informations médicales renseignant les médecins de Houston sur la santé des astronautes. Autrement, la monotonie des vols entre la Terre et la Lune est rompue par les retransmissions de TV vers la Terre.

Jean-René GERMAIN

LIBRAIRIE

SCIENCE ET VIE

24, Rue Chauchat, Paris 9^e - Tél. 824 72 86
C.C.P. 4192-26 Paris

ASTRONOMIE - ASTRONAUTIQUE

Cette bibliographie, établie d'après le stock d'ouvrages sélectionnés de notre librairie, ne représente qu'une partie des ouvrages figurant dans notre catalogue général. Prix F 6,50

ASTRONOMIE GENERALE

ASTRONOMIE. (Encyclopédie de la Pléiade). Publiée sous la direction de Schatzman E. — L'astronomie et l'homme. Institutions et documentation : l'Union Astronomique Internationale. Astronomie théorique. Astrométrie. Astrophysique. Astrophysique théorique. Astronomie stellaire. Radio-astronomie. Le soleil. Le système solaire. Cosmogonie et cosmologie. Astronautique. Optique astronomique, télescopes et observatoires. Géodésie. — 1 834 p. 10,5 x 17, papier bible, 330 cartes, schémas, tabl. et illustr. Reliure souple plein cuir. 1962 F 65,00

PLANETES ET SATELLITES, MONDES DE L'ESPACE. Sous la direction de Guérin P. — avec la collaboration de Schatzman E., Focas J.H., Combes M., Laffineur M. et Couteau P. — Accessible à tous, l'ouvrage a été rédigé par une équipe d'astronomes spécialistes des sujets qu'ils traitent et tient compte des découvertes les plus récentes, dont beaucoup sont encore inconnues du public. — Le système solaire dans l'Univers. — **Instruments et méthodes d'observation** : Lunettes et télescopes. Les méthodes d'observation. — **Structure des planètes et origine du système solaire** : les mouvements et les forces dans le système solaire. L'intérieur des planètes et les météorites. La genèse des étoiles et du système solaire. — **Les surfaces des planètes** : notre satellite : la Lune. Mercure, monde désolé. Vénus et son manteau de nuages. Mars, l'énigmatique planète rouge. Jupiter, la planète géante du système solaire. Saturne et ses anneaux. Uranus. Neptune et Pluton. La radio-astronomie et l'environnement des planètes : l'observation radio-électrique des planètes. L'environnement des planètes. — **Les autres systèmes planétaires et la vie dans l'Univers** : les compagnons planétaires autour des étoiles proches. La vie dans l'Univers. — 340 p. 23 x 30, 600 illustr. en noir, 14 hors-texte en couleurs. Relié, 1967 F 90,00

L'ASTRONOMIE MODERNE. Tocquet R. — Les grandes étapes et les grands noms de l'astronomie. Aspect général du système solaire : notions de mécanique céleste ; la relativité. La Terre, notre patrie. L'exploration du ciel. La Lune. Le Soleil. Les éclipses de lune et de soleil ; les marées. Mercure et Vénus. Mars, la planète mystérieuse. Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton. Les astéroïdes, les comètes et les météorites. Les étoiles et la matière interstellaire. Nébuleuses et galaxies. L'observation du ciel sans télescope. Le rayonnement cosmique. Les émissions radioélectriques dans l'univers. Influences cosmiques. Origine et formation des mondes. Notions d'astronautique. La vie dans l'univers. — 600 p. 18 x 20, 50 fig., 120 photos. Relié toile, 1965 F 51,00

GUIDE DE L'ASTRONOME AMATEUR. Godillon D. — Après la révision de notions élémentaires, le lecteur trouvera près de 200 pages sur la construction, le réglage et l'utilisation des instruments, de la petite lunette à l'observatoire complet. Une troisième partie traite de l'astronomie, mettant à la portée de tous les dernières découvertes et en indiquant, dans chaque cas, la technique à employer et les observations accessibles selon l'importance de l'instrument. — Notions élémentaires. Les instru-

ments de l'amateur. Le système solaire. Les étoiles. La galaxie. Les galaxies et l'univers en expansion. 608 p. 18 x 25. 330 fig. Un calendrier de l'observateur contenant coordonnées et caractéristiques de plus de 600 objets (étoiles doubles, étoiles variables, amas et nébuleuses). Une carte de la Lune en dépliant. Relié, 1967 . . . F 67,80

ASTROPHYSIQUE. Schatzman E. — Objet de l'astrophysique. Photométrie. Les spectres stellaires ; méthode empirique de classification. Distance des étoiles. Le Soleil. Etoiles doubles. Etoiles variables. Répartition des étoiles dans l'espace. Les mouvements des étoiles. La matière interstellaire. Nébuleuses extra-galactiques. Le système solaire et les planètes. — 150 p. 16 x 24, 75 fig., 1963 F 35,00

ATLAS DU CIEL. Callatay (V. de). — Cet ouvrage se compose de : 36 grandes planches à fond noir, couvrant ensemble la totalité de l'Univers ; 45 cartes complémentaires représentant, dans leurs délimitations, les 88 constellations ; des textes commentant les caractéristiques de chaque région céleste ; une trentaine de théories élémentaires sur les principales questions intéressant l'astronomie ; des tableaux synoptiques facilitant la recherche des constellations parmi les différentes planches et cartes ; la reproduction d'une douzaine de photographies prises au télescope. — 157 p. 24 x 32, cartonné, sous jaquette illustrée en 2 couleurs, 2^e édit., 1963 F 63,00

ATLAS DE LA LUNE. Callatay (V. de) ; **Éléments d'astronomie. Mouvements et nature de la Lune.** — Le satellite et ses lois fondamentales. Révolution de la Lune autour de la Terre. Les phases de la Lune. Distance, superficie et masse de la Lune. Rotation de la Lune sur elle-même. Trajectoire apparente de la Lune. Mécanisme des éclipses. Éclipses de Lune. Éclipses de Soleil. Les marées. Description du relief lunaire. Structure du sol lunaire. Origine des formations lunaires. L'atmosphère lunaire. Les deux faces de la Lune. La forme du sélénioïde. — **Atlas** : Atlas photographique comportant 22 doubles pages illustrées de 86 photographies : cartes en pleine page, cartes de localisation, cartes de dénomination des formations lunaires et cartes de détails des formations remarquables. Description de ces formations. Carte provisoire de l'autre face de la Lune. Index alphabétique général des formations avec référence aux cartes et origine des dénominations. — **Astronautique** ; Trajectoires extra-terrestres. Les fusées. La vie à bord d'une fusée. Les étapes du voyage. — 160 p. 23,5 x 32, 66 fig., 146 photos. Relié toile, 1962 F 63,00

ASTRONAUTIQUE

L'HISTOIRE MONDIALE DE L'ASTRONAUTIQUE. W. von Braun et F. I. Ordway. Traduit de l'américain. — L'attrait des autres mondes. Mille ans de fusées. Les pionniers de l'astronautique. L'héritage des pionniers. Où la fusée retourne à la guerre. Dans la proche banlieue de la Terre. De lointains explorateurs. L'homme dans l'espace. Bibliographie universelle et historique. Liste des associations d'astronautique du monde entier. Index. 340 p. 23 x 30. 314 figures et photos dont 45 hors texte couleurs. Relié, 1968 F 92,50

FUSEES ET ASTRONAUTIQUE. Rougeron C. et Bodet J. et de nombreux collaborateurs. — La fusée : déclin et renaissance. Propulsion par fusée. La fusée à poudre. La fusée à liquides. Les avions-fusées. Guidage des engins. Les missiles. Engins balistiques et semi-balistiques. Engins antiengins. Engins et guerre nucléaire. Fusées et satellites artificiels. Navigation spatiale. Satellites scientifiques. Satellites de télécommunications. Fusées et satellites météorologiques. Satellites militaires. Conditions physiques dans l'espace. Les systèmes nouveaux de propulsion spatiale. Vers la lune et les planètes. 416 p. 16,5 x 23, 450 illustr. en noir, 16 pl. en couleurs. Tableau des lancements de satellites et de sondes spatiales. Index. Relié toile, 1965 F 52,50

ASTRONAUTIQUE ET RECHERCHE SPATIALE. (Publié sous les auspices du Centre national d'études spatiales et de la Société française d'astronautique.) Moureu H. et Bernard M. Y. — **Astronomie et physique du globe :** Astronomie. L'environnement terrestre. **Le véhicule spatial et les moyens d'essais :** Propulsion spatiale. Traversée des atmosphères. Énergie de servitude à bord des véhicules spatiaux. Les montages radioélectriques dans les véhicules spatiaux. Transmission de l'information. Guidage des engins et des véhicules spatiaux. La stabilisation des satellites. **Exploitation des véhicules spatiaux :** La recherche spatiale, objectifs et moyens. Applications des satellites. L'homme dans l'espace. 328 p. 16 x 25, 140 figures, 1964 F 29,00

L'EXPLORATION SPATIALE ET SES TECHNIQUES. Manuelli B. — **Principes du mouvement des satellites :** Le système solaire. Le mouvement des planètes et des satellites. Les contraintes imposées aux orbites des satellites artificiels. **La fusée :** Les caractéristiques principales de la propulsion. Détermination des possibilités d'une fusée de vingt tonnes. La fusée de cent tonnes et les fusées futures. L'aérodynamisme de la fusée et la loi d'assiette. **Guidage de la fusée. Le satellite :** Conception d'ensemble d'un satellite. Les satellites des télécommunications. Les satellites habités. 216 p. 14 x 19, 75 fig., 1967 F 15,00

LE VOL DANS L'ESPACE. Systèmes de propulsion. Corliss W. R. — Traduit de l'américain par Fabri J. et Le Grivès E. — Performances de systèmes propulsifs et missions spatiales. Ambiance spatiale. Sources d'énergie dans l'espace. Systèmes propulsifs thermiques. Systèmes de propulsion électrique. Générateurs à particules nucléaires. Systèmes de propulsion photonique. Systèmes propulsifs utilisant des champs de forces naturels. Récapitulation et performances. 344 p. 16 x 25, 149 fig. Relié toile. 1963 F 71,00

PRINCIPES DU VOL BALISTIQUE ET SPATIAL. Salmon M. — Relations fondamentales. Les engins balistiques. Les satellites artificiels. Sphère d'action des satellites. De la terre à la Lune. Voyages interplanétaires. Problèmes de départ. Problèmes de rentrée. — 192 p. 16 x 25, 79 fig., nbr. tabl. relié, 1962 F 31,00

PILOTAGE DES MISSILES ET DES VEHICULES SPATIAUX. Lazennec H. — Les moyens d'action. Considéra-

tions élémentaires sur la mécanique du missile. Première approximation de la boucle de pilotage. Mouvement d'un missile à tuyère oscillante. Couplages entre axes-pilotage en roulis. Les détecteurs ; l'élaboration des ordres. Les servo-moteurs. Influence de la flexion du missile sur le pilotage. Influence du ballonnement des liquides sur le pilotage. Les perturbations dans l'ambiance spatiale. Stabilisation passive des véhicules spatiaux. Pilotage des satellites. 236 p. 16 x 25, 93 fig. Relié toile, 1966 F 63,00

FUSEES FRANÇAISES POUR LA RECHERCHE SPATIALE. — Centre National d'Études spatiales. — **Laboratoire de Recherches balistiques et aérodynamiques :** Véronique A.G.1, Véronique 61, Vesta. **Société pour l'étude et la réalisation d'engins balistiques :** Agate, Émeraude, Saphir, Rubis, Diamant. **Sud-Aviation :** Charge utile, Bélier, Centaure, Dragon, Eridan. **Office national d'études et de recherches aérospatiales :** Télémessure. Trajectographie. Télécommande de destruction. Bérénice. **Société engins Matra :** Fusée météorologique Emma. 116 p. 15 x 25, 50 fig., 1964 F 19,00

TELECOMMANDE ET TELEMESURE RADIO appliquées aux engins spéciaux. Marcus J. — Généralités. Les différents types de modulation. Notions d'information et de codage. Les limitations de l'information. Champ, propagation et aériens sur engins spéciaux. Liaisons radio pour dispositifs de télécommande et de télémessure considérés comme systèmes multiplex. Guidage des engins par télécommande radio. Les dispositifs de télémessure radio. Annexe : Standard de télémessure. — 280 p. 16 x 25, 190 fig., 11 tabl., 8 photos, cartonné, 1962 F 53,00

L'ESPACE, TERRE DES HOMMES. F. de Closets. — De l'aventure à l'évolution. Les routes de Kepler et Newton. L'astronautique adulte. Les trois âges. La course autour de la lune. Le chef-d'œuvre industriel. L'Amérique après la victoire. Les Russes après la victoire. L'heure de vérité. Le vol d'Apollo-8, chronologie. Fiches techniques : Caractéristiques du vaisseau Apollo. Caractéristiques et performances du Saturne. Les essais en vol d'Apollo. Les Soviétiques dans l'espace. Les Américains dans l'espace. Les sondes lunaires automatiques. 260 pages 16 x 23,5. 56 illustrations, photos hors texte, 1969 F 25,00

A L'ASSAUT DE LA LUNE. Tizlou J. — Deux frères ennemis. Cinquante éclaireurs lunaires. Les mystères de l'astronautique rouge. De la Terre à la Lune. L'Homo Astronauticus. Mes amis les Apollonautes. « Apollo » de « A » à « G ». L'ère du gigantisme. Conclusion. 260 p. 16 x 23,5, 56 illustr. photo en noir. Cart. 1969 F 22,00

DEMAIN L'ESPACE. Ducrocq A. — La planète bleue. Des relais dans le ciel. Qu'est-ce que l'espace. Dans le vent solaire. La téléphotographie spatiale. Découverte de la Lune. Des robots ou des hommes ? Les cabines spatiales. Les équipes de cosmonautes. La grande astronautique. Un nouvel âge de l'industrie. Géographie spatiale. Les programmes de demain. Une conscience planétaire. 412 p. 13,5 x 21, 37 fig., 14 photos hors-texte. 14 tabl. Cart. 1967 F 20,00

COMMANDES PAR CORRESPONDANCE

Les commandes doivent être adressées à la LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, Paris (9^e). Elles doivent être accompagnées de leur montant, soit sous forme de chèque bancaire ou de mandat-poste (mandat-carte ou mandat-lettre), soit sous forme de virement ou de versement au Compte Chèque Postal de la Librairie : Paris 4192 - 26. Au montant de la commande doivent être ajoutés les frais d'expédition, soit 10 % (avec un minimum de F 1,40). Taxe urgent : F 1,30. Envoi recommandé : France : F 1,30, étranger : F 2,60.

Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS (9^e)

La Librairie est ouverte de 8 h 30 à 12 h 30 et de 14 h à 18 h 30. Fermeture du samedi 12 h au lundi 14 h.

C'EST FINI

Sur la piste d'où est partie la fusée, un balayeur passe...





HASSELBLAD

L'appareil de l'espace

Vous ne pouvez l'acheter

Mais... c'est le célèbre appareil Hasselblad qui a permis de prendre les photos incroyables du vol spatial des Américains. « Simplifié » afin que des mains équipées de gants épais puissent le manipuler facilement, son viseur simple est destiné aux photographes portant un casque spatial, et pourtant à la base, c'est avec le même appareil que vous-même, et beaucoup d'autres photographes professionnels et amateurs avertis ont appris à estimer, l'Hasselblad 500 C ou 500 EL.

EN VENTE CHEZ LES PRINCIPAUX SPECIALISTES PHOTO-CINE

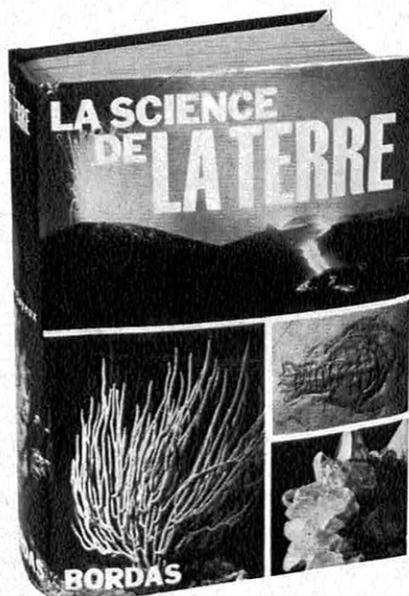
NOTICE SPECIALE FRANCO SUR DEMANDE

IMPORTATEUR: PHOTO-SERVICE R. JULY - 68, RUE D'HAUTEVILLE - PARIS-X^e

4 milliards d'années d'Histoire dans ce prodigieux ouvrage...

La Science de la Terre

par **ANDRÉ DE CAYEUX** Professeur à la Sorbonne



Est-il histoire plus passionnante que celle de notre planète ? Quelle est l'origine de la Terre, celle de la vie, celle de l'homme ? Quelle faune et quelle flore l'ont-elles peuplée au cours des âges ? Cette Histoire qui remonte à 4 milliards d'années, la science moderne l'a déchiffrée, inscrite sur les roches et les plus surprenants fossiles. Un livre la raconte : LA SCIENCE DE LA TERRE. Cet exposé clair, vivant, prodigieusement documenté, illustré de saisissantes photos, projette les lumières les plus nouvelles sur la géologie, ses méthodes, les minéraux, les roches, les êtres vivants et les fossiles.

Un appareil scientifique complet et rigoureux (cartes, tableaux, index bibliographie,) rappelle que ce fascinant ouvrage de lecture est aussi un outil de travail moderne et précis indispensable aux étudiants et à de nombreux spécialistes.

800 pages - 96 hors-textes - 494 illustrations noires - 135 en couleurs - 27 cartes en couleurs - 125 tableaux - 303 cartes et dessins en noir

le volume relié sous jaquette : 125 F chez votre libraire.

BORDAS



POURQUOI LA LUNE ?

(suite de la p. 11)

autres ; Jérôme Cardan (1545) qui affirme avoir reçu la visite d'habitants de la Lune, tout comme Fabricius et Swedenborg ; François Patrice, en 1591, qui affirme que la Terre et la Lune sont deux astres complémentaires, que nous sommes la Lune de la Lune et qu'une destinée commune relie ces deux mondes ; Guillaume Gilbert (1600) et, surtout, Campanella qui subit le martyre, affirment l'existence des habitants de la Lune ; Henri Leroy dit Régius. Citons également, mais sur un autre plan beaucoup plus rigoureux, Jean Hévelius auteur de la *Sélénographie* (1647) qui a passé une grande partie de sa carrière d'astronome à l'étude des paysages lunaires dont il décrit, le premier la configuration non pas géographique (géos = terre) mais, disons, sélénographique.

Il nous faudrait maintenant un nombre de pages croissant pour citer les écrits plus modernes qui ont trait à la Lune et les mondes qu'elle peut contenir. Cela n'est pas possible ici, sinon très brièvement, avec la curieuse époque d'une vingtaine d'années qui vit une floraison lunaire. D'abord *The man in the Moon* de l'évêque Godwin, en 1638, adapté en 1648 par Jean Baudoin sous le titre *L'homme dans la Lune ou le voyage chimérique fait au monde de la Lune par Dominique Gonzalès, aventurier espagnol*. En 1640 un autre évêque anglais, John Wilkins, écrit un livre qui sera adapté en 1655 avec le titre *Le Monde dans la Lune, divisé en deux livres : le premier prouvant que la Lune peut être un monde ; le second que la Terre peut être une planète, par le Sieur de la Montagne*. Le livre anglais avait été traduit en français à Londres même, dès sa parution, sous le titre *Découverte d'un nouveau monde*. Pierre Borel écrivit en 1647 un mémoire non imprimé sur la pluralité des mondes habités dont le chapitre XXX est intitulé : *Des choses qui sont dans la Lune et autres astres*, dont on peut noter l'analogie avec certains passages du *Voyage dans la Lune* (1649) et des *Histoires des Etats et Empires du Soleil* (1652), composés par le parisien Cyrano de Bergerac, lequel connut très probablement Borel.

Hector Savinien Cyrano de Bergerac, dont Jules Verne fera l'anagramme Hector Servadac dans le seul roman cosmique qu'il écrivit, n'était pas gascon, comme on le croit, sinon d'origine, il naquit et vécut à Paris ; ses deux fameux écrits, les plus connus des Français sans doute à cause d'Edmond Rostand, furent publiés après sa mort, qui survint en 1655.

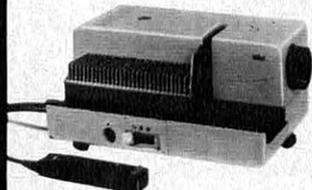
De lui date le départ d'une floraison de voyages à la Lune et d'un nombre incroyable de fantaisies lunaires qui trouveront d'ailleurs leur point culminant avec le remarquable *Essai sur la pluralité des mondes* (1684) de Fontenelle, le neveu de Corneille, qui mourut centenaire en 1757. C'est lui qui écrivit aussi des *Eléments de la géométrie de l'infini* dont il disait : « C'est un livre qui ne peut être entendu que par sept ou huit géomètres de l'Europe, et je ne suis pas de ces huit là. » Ironie et modestie que l'on aimerait bien retrouver chez nombre de nos savants contemporains !

Cela nous donnera une heureuse conclusion à cette étude nullement exhaustive de la littérature passionnante relative aux rapports Terre-Lune, littérature bi-millénaire qui trouvera son aboutissement avec les étonnants et prophétiques *De la Terre à la Lune* et *Autour de la Lune*, écrits cent ans avant leur réalisation par le grand Jules Verne.

Charles-Noël Martin

BRUNNTous à griffe pivotante
Paniers standard, accessibles**D 25 TRIPLE-AUTOMATISME**

- ★ Télécommande, marche avant, marche arrière pour changement de vues



- ★ Télécommande de la mise au point
- ★ Lampe quartz 12 v./100 w.
- ★ Objectif 2,8/85 mm traité
- ★ Multivoltage

- ★ Prise pour synchronisation
- ★ Métal laqué fondu sous pression

NOUVEAUTÉ PHOTOKINA!**D 35 TRIPLE AUTOMATISME**

- ★ Télécommande marche avant, marche arrière pour changement de vues

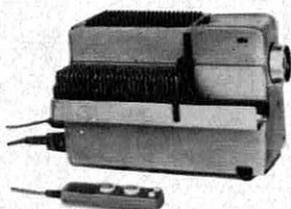


- ★ Télécommande de la mise au point
- ★ Lampe quartz 24 v./150 w.
- ★ Objectif 2,8/85 mm traité
- ★ Multivoltage
- ★ Porte d'accès à lampe
- ★ En 2 couleurs

- ★ Prise pour magnétophone
- ★ Métal laqué fondu sous pression

D 46 J TRIPLE AUTOMATISME

- ★ Télécommande, marche avant, marche arrière pour changement de vues
- ★ Télécommande de la mise au point



- ★ Lampe quartz 24 v./150 w.
- ★ Objectif Rodenstock 2,8/100 mm traité
- ★ Multivoltage
- ★ Possibilité de passer des vues isolées
- ★ Prise pour synchronisation
- ★ Objectifs interchangeables: 150 mm pour grandessesalles - 45 mm pour format Minox

- ★ Retroidissement par turbine tangentielle.

BALDA

304 - 504 - 604



du plus simple à l'électronique :
visez déclenchez c'est tout !

Kowa le reflex 24x36

FABRICATION JAPONAISE

**RAPPORT QUALITÉ / PRIX****LE MEILLEUR**★ **SET 1.8**★ **SET R 1.9**

à compléments optiques à objectifs interchangeables

Tous les perfectionnements et en plus

- 2 cellules C d S derrière l'objectif.
- Obturateur entièrement métallique.
- Mise au point sur dépoli micropoints.
- Pile de cellule ne débitant pas au repos.
- Sécurité à l'accrochage 1/2 automatique du film.
- Additifs télé-objectif et grand angle.
- Grande simplicité d'emploi.
- Beauté de ses formes.

Nizo le cinéma super 8**LA NOUVELLE GAMME PRESTIGIEUSE 1969**TOUTES AVEC ZOOM ÉLECTRIQUE - PLUSIEURS VITESSES
AUTOMATISME DÉBRAYABLE - POIGNÉE RABATTABLE
NOUVEAUTÉ

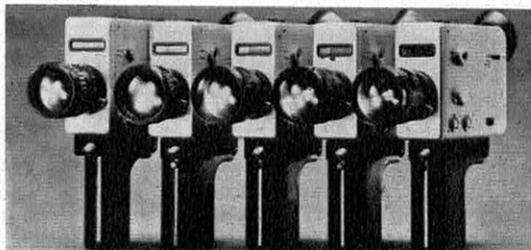
- ★ **S 36** Zoom 1,8 - 9 à 36 mm - 18/24 images-seconde
- ★ **S 40** Zoom 2 vitesses 1,8 - 8 à 40 mm - 18/24/54 images-seconde commande électrique à distance

...LES PRESTIGIEUSES

- ★ **S 56** Zoom 7 à 56 } Zoom 2 vitesses - 18/24/54 im.-sec. - vue par vue automatique - obturateur variable télé-mètre - 6 piles dans un container.
- ★ **S 80** Zoom 10 à 80 }

...ET TOUJOURS la

- ★ **S 8T** Zoom 1,8 - 7 à 56 mm - 18/24 images-seconde



FABRICATION ALLEMANDE

GARANTIE INTERNATIONALE Nizo BRUNNEn vente chez les meilleurs spécialistes
Demandez notices illustrées **VES** à**E. J. CHOTARD - Boîte Postale 36 - Paris 13^e**

super shell "tous régimes"

**sport, course,
ville, balade, autoroute...**

Que vous pilotiez une somptueuse voiture de sport,
que vos chevaux soient plus modestes... Que la route fonde
sous le soleil ou que l'hiver soit venu...

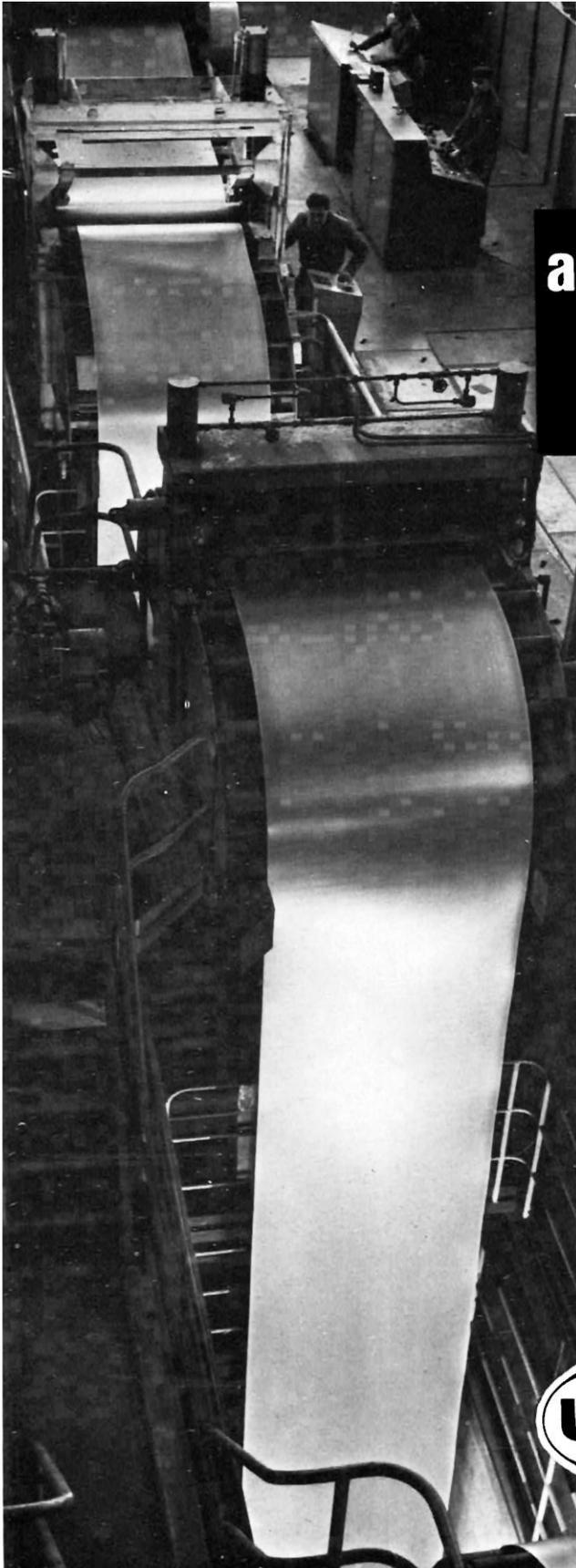
Que vous conduisiez «pied au plancher» dans un rallye
ou «tout à la douce» sur les petites routes des vacances...

Supershell «tous régimes» adopte votre façon de conduire
et s'adapte à toutes les circonstances de conduite.

Faites le plein de Supershell,
le carburant des routes et des voitures d'aujourd'hui.



**à tous les régimes
une santé de Shell**



**aciers inoxydables
et spéciaux
de haute qualité**

UGINE KUHLMANN

DIVISION ACIERS SPÉCIAUX

10, rue du Général-Foy - PARIS 8^e
Tél. : 387.31.00

UGINE GUEUGNON

TOLES INOXYDABLES ET SPÉCIALES

16, rue d'Artois - PARIS 8^e
Tél. : 359.79.69

UGINOX

dans son seul ouvrage en français
(couronné par l'Association Aéronautique et
Spatiale de France)

von Braun révèle



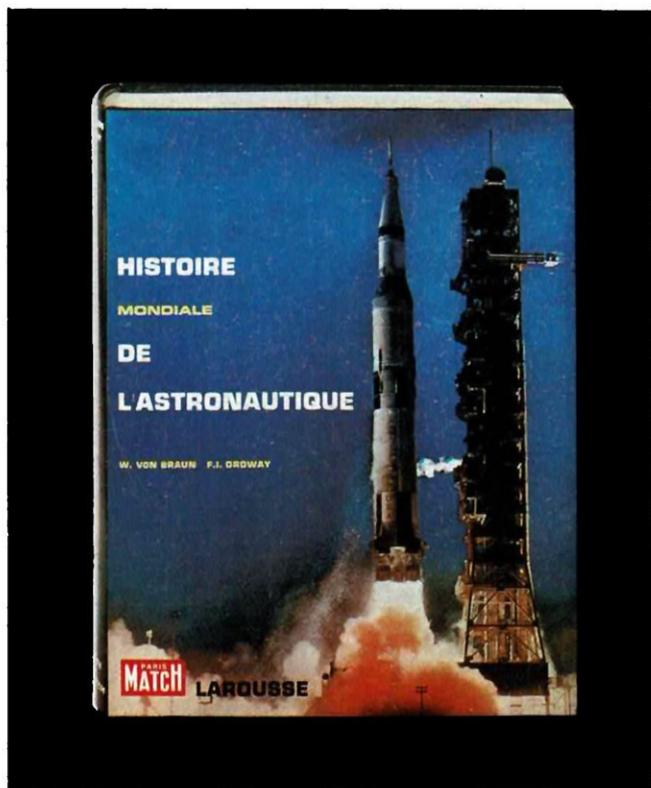
Ce soldat chinois du XIII^e siècle a contribué au programme Apollo

Contribution modeste certes, mais déterminante. Son arme, terrifiante et maladroite à la fois, porte un nom bien poétique dans la grande tradition des fins lettrés de la dynastie Song : « troupe-de-léopard-frisant-transversalement ».

Il utilise les premières flèches à feu jamais connues, qui étaient propulsées par la poudre noire, le premier agent propulsif. L'énergie, la réaction étaient trouvées.

L'Histoire mondiale de l'Astronautique, pour être complète, doit retracer les étapes des mises au point techniques, et en même temps décrire les recherches théoriques et raconter l'extraordinaire aventure des vingt dernières années.

Pionnier, théoricien, directeur, responsable, W. von Braun est à lui seul toute l'astronautique. Une documentation de première main, une expérience personnelle, des souvenirs et une autorité incontestée, nul mieux que le patron de la N.A.S.A. ne pouvait écrire avec plus de compétence une histoire de l'astronautique, aussi utile qu'enrichissante.



1 volume Collection in-4°, 372 pages, 500 illustrations
COÉDITION LAROUSSE / PARIS-MATCH