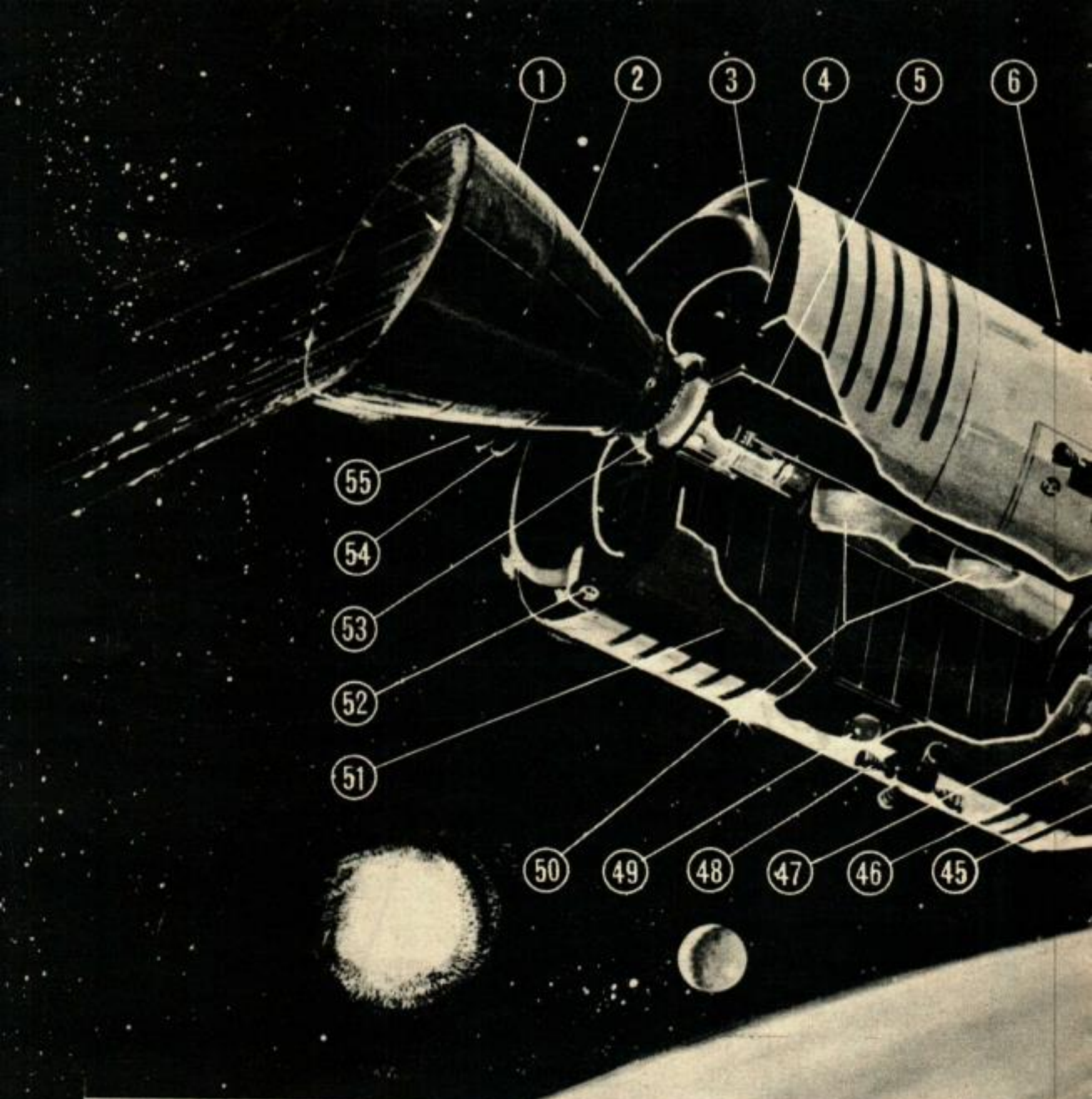


LES LENDEMAINS DE LA LUNE

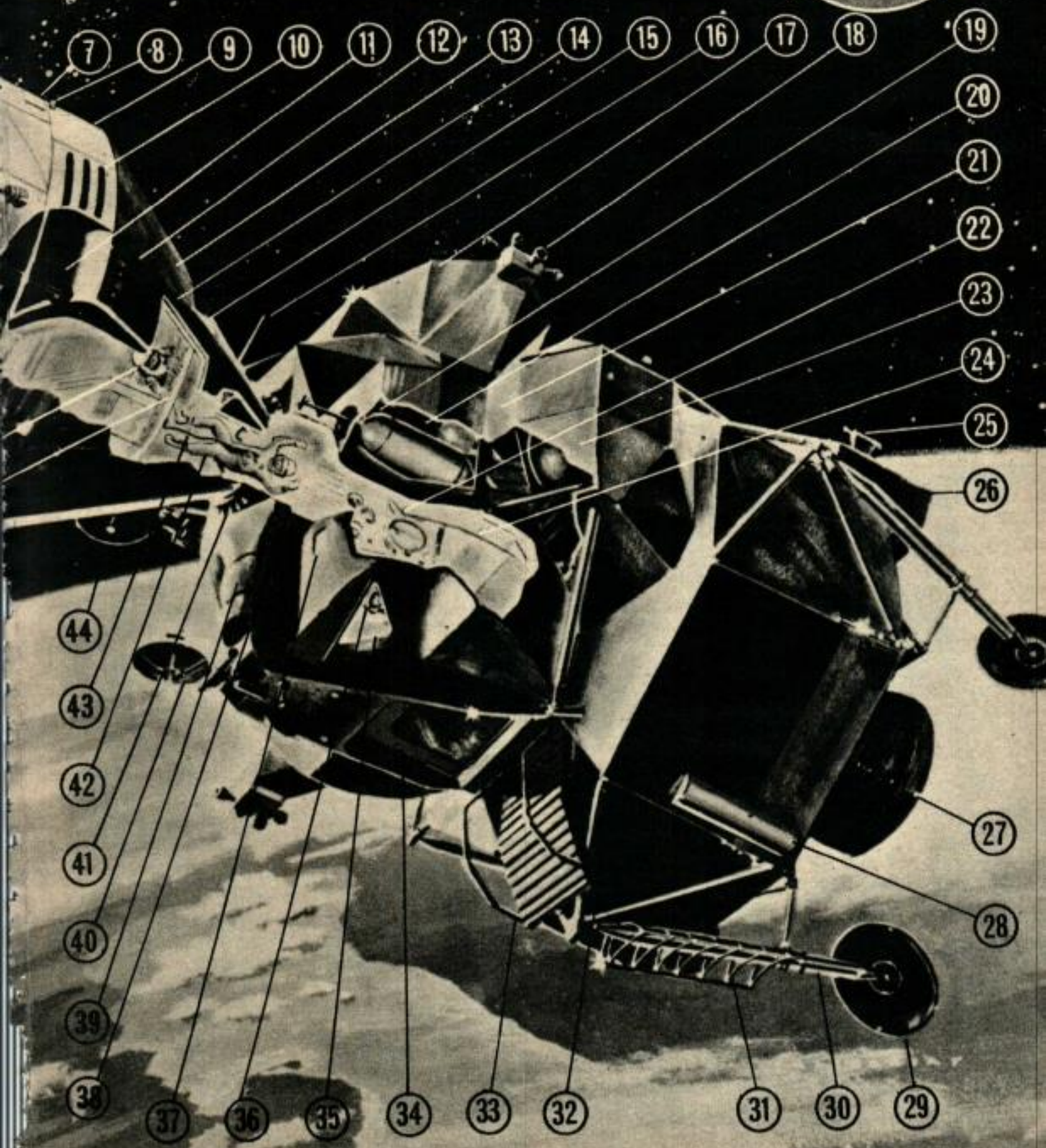
★ Justifier

ou contester la conquête de l'espace est arbitraire ★ Il était dans la nature de l'homme d'aller sur la lune ★ Il était dans la volonté et le potentiel technique des Etats-Unis d'Amérique de réussir cette magistrale expédition ★ Des millions de téléspectateurs ont vu en direct ce pied descendant d'une échelle foulant pour la première fois le sol lunaire ★ Une émotion vraie a saisi chacun, l'extraordinaire a encore reculé ses frontières, l'homme s'est à nouveau grandi dans l'univers ★ ★ ★ ★ Mais l'ambition qui a suscité cette réussite serait vaine si, le but atteint, il ne s'agissait pas d'aller plus loin. Des explorations encore plus étonnantes sont prévues ★ La lune est notre jardin de demain. Et ces projets ne sont pas chimériques. Quel itinéraire, et quel programme suivront « nos » astronautes ? Comment se déplaceront-ils sur la surface lunaire ? ★



1. Moteur propulseur de service. — 2. Prolongateur de tuyère. — 3. Bouclier thermique. — 4. Réservoir de propergol. — 5. Cloison radiale. — 6. Antenne VHF omnidirectionnelle. — 7. Cordon ombilical de vol. — 8. Lumière rouge d'amarrage. — 9. Module de commande, carénage du module de service. — 10. Antenne émettrice à énergie électrique. — 11. Bouclier thermique arrière. — 12. Moteur permettant au module de basculer. — 13. Hublot de côté. — 14. Orifice d'entrée de l'équipage. — 15. Hublot servant pendant le rendez-vous. — 16. Antenne VHF de retour. — 17. Réceptacle d'équipement arrière. — 18. Propulseurs de commande à réaction. — 19. Guide pour l'amarrage. — 20. Réservoirs à oxygène. — 21. Réservoir d'hélium. — 22. Contrôle de l'environnement. — 23. Réservoir de carburant. — 24. Moteur de montée. — 25. Générateur thermique de radio-isotope. — 26. Equipement scientifique. — 27. Jupe du moteur de descente. — 28. Antenne érectible à bande unique. — 29. Support d'atterrissage. — 30. Première jambe de force. — 31. Echelle de descente. — 32. Boîte de retour d'échantillons. — 33. Plate-forme et rambarde. — 34. Ecoutille d'entrée et de sortie. — 35. Ecran d'atterrissage lunaire visuel. — 36. Pilote du LM. — 37. Fenêtre de rendez-vous. — 38. Tunnel d'accès vers le LM. — 39. Appareil de mesure à inertie. — 40. Antenne radar de rendez-vous. — 41. Bague/loquet d'amarrage. — 42. Pilote du module. — 43. Cordon ombilical de respiration. — 44. Antenne dirigeable à bande unique. — 45. Tableau de commande. — 46. Commandant de bord. — 47. Lumière verte d'amarrage. — 48. Propulseur de commande à réaction. — 49. Carburant des propulseurs de commande à réaction. — 50. Réservoir à hélium. — 51. Antenne d'émission de contrôle de l'environnement. — 52. Point de remplissage de carburant. — 53. Suspension du moteur. — 54. Réflecteurs des rayons solaires. — 55. Antennes à bande unique à haut gain.

VAISSEAU SPATIAL APOLLO

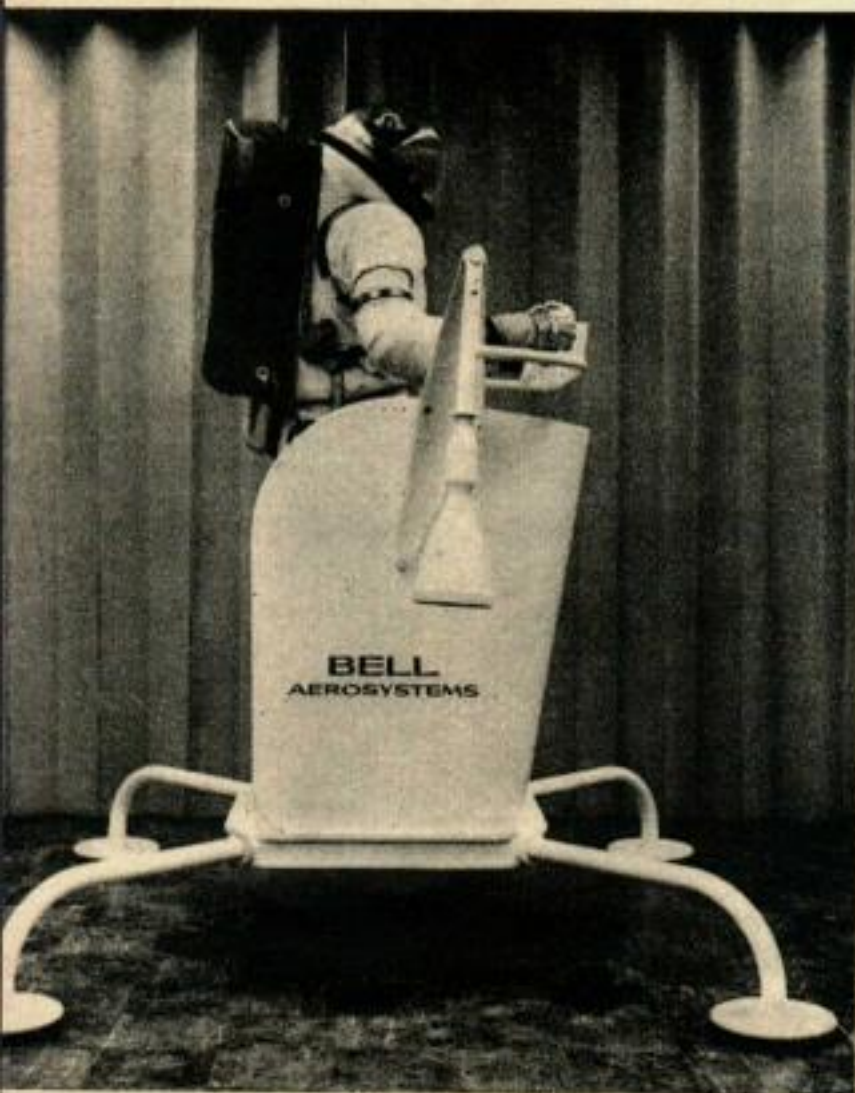


LES LENDEMAINS DE LA LUNE

Quel itinéraire,
quel programme
suivront « nos » astronautes.
Comment se déplaceront-ils
sur la surface lunaire ?

UNE expédition dans la région des Collines Marius, au sud du cratère du même nom, a été préparée dans ses moindres détails. Les itinéraires des véhicules lunaires ont été tracés (cf. page 49) ; les véhicules eux-mêmes ont été prototypés et mis au point par un grand nombre d'experts, ainsi que les petits appareils volants lunaires (Lunar Flying Units) ; la logistique a été

Le Pogo lunaire construit par la Société Bell Aerosystems est une version du LFU. Grâce à ses deux moteurs d'une poussée de 50 kg, à contrôle manuel, les astronautes se déplaceront par bonds hauts et rapides pour réaliser des explorations prolongées sur la surface lunaire.



établie avec précision ; on a minutieusement tracé l'itinéraire des deux astronautes qui réaliseront l'exploration et accompliront les diverses missions scientifiques prévues.

A quelle date aura lieu cette expédition lunaire capitale ? En 1974 ou 1975.

Les alunissages prévus pour les prochaines années seront essentiellement des préparations à cette expédition décisive.

Ne croyez pas qu'une véritable **exploration** de la lune sera réalisée par un homme seul, harnaché d'un attirail de science-fiction, qui descendra d'un petit LEM pour fouler une minute la poussière, ramasser un ou deux cailloux, et regagner en hâte l'engin qui le ramènera sur terre. Les vrais explorateurs de la surface lunaire auront besoin de véhicules (roulants et volants) pour se déplacer. Gêné par sa combinaison spatiale, un astronaute ne pourrait pas s'éloigner de plus de 900 mètres de son LEM. Au pas de course, peut-être pourrait-il parcourir tant bien que mal 5 à 8 kilomètres.

On pourrait croire que le fait de peser six fois moins lourd que sur terre devrait permettre aux astronautes de se déplacer légèrement sur la surface lunaire. Il n'en est rien ! Les essais qui ont été faits avec des appareils « Peter Pan » lesquels, en compensant 5/6^{es} du poids d'un homme, simulent la faible gravité lunaire, ont montré qu'un astronaute, vêtu de sa combinaison, ne pourra ni se pencher en avant sans perdre l'équilibre, ni se mettre à genoux.

Le contenu limité de son respirateur dorsal portatif ne lui permettra pas de rester à l'extérieur plus de trois heures d'affilée. L'heure de travail d'un homme sur la lune reviendra à 80 000 nouveaux francs.

De toute évidence, cet homme a besoin de roues. La NASA, qui sait cela depuis des années, a mis au point des engins mobiles avec l'aide de plusieurs sociétés de recherches privées ; de nombreux véhicules lunaires ont ainsi été conçus.

Ces appareils sont de deux types essentiels : une « araignée », connue officiellement sous le nom de Véhicule Roulant Lunaire (LRV) et une roquette individuelle (officiellement, Unité Volante Lunaire ou LFU). La NASA espère que le LRV sera prêt à être envoyé sur la lune au printemps 1973. Quant à la roquette à une place, sorte de plate-forme volante, elle va peut-être devoir subir encore un certain nombre de tests avant d'être utilisable.

Le but essentiel des alunissages Apollo est d'apprendre comment on peut se poser sur la lune, et de prouver au monde que ceci

est possible. Une autre source d'enseignements consiste à prélever 17 à 20 kilos d'échantillons lunaires et à poser sur la lune des instruments qui transmettront pendant un an à la terre des informations concernant la surface lunaire. Pour les premières analyses des échantillons, la NASA a construit tout un nouveau bâtiment à Houston, le Lunar Receiving Laboratory (Laboratoire de Réception Lunaire).

A l'intérieur de ce laboratoire, échantillons et astronautes sont mis en quarantaine, à l'abri de la contamination des micro-organismes terrestres.

Pendant ce temps, les dispositifs installés sur la lune par les astronautes nous transmettront des informations. Lors de chaque alunissage, l'un des astronautes ouvrira un ALSEP (Paquet Scientifique Expérimental Lunaire Apollo), dont il disposera le contenu sur la lune. Le premier ALSEP sera consacré à trois expériences : il comportera un enregistreur sismique, un réflecteur, sur lequel on pourra projeter, de la terre, des rayons laser, et un écran d'aluminium qui captera des gaz pour déterminer la composition du vent solaire. C'est lors du second alunissage que sera installé l'ALSEP le plus complexe.

La NASA n'a pas encore fait son choix entre deux méthodes d'approche possibles : cette hésitation est partiellement due à des problèmes d'ordre financier. Certains géologues, parmi lesquels le Dr Eugène Shoemaker, chef du Centre d'études géologiques américain, se déclarent favorables à des alunissages répétés, en divers endroits. D'autres, dont le Dr Mueller, voudraient établir des bases permanentes.

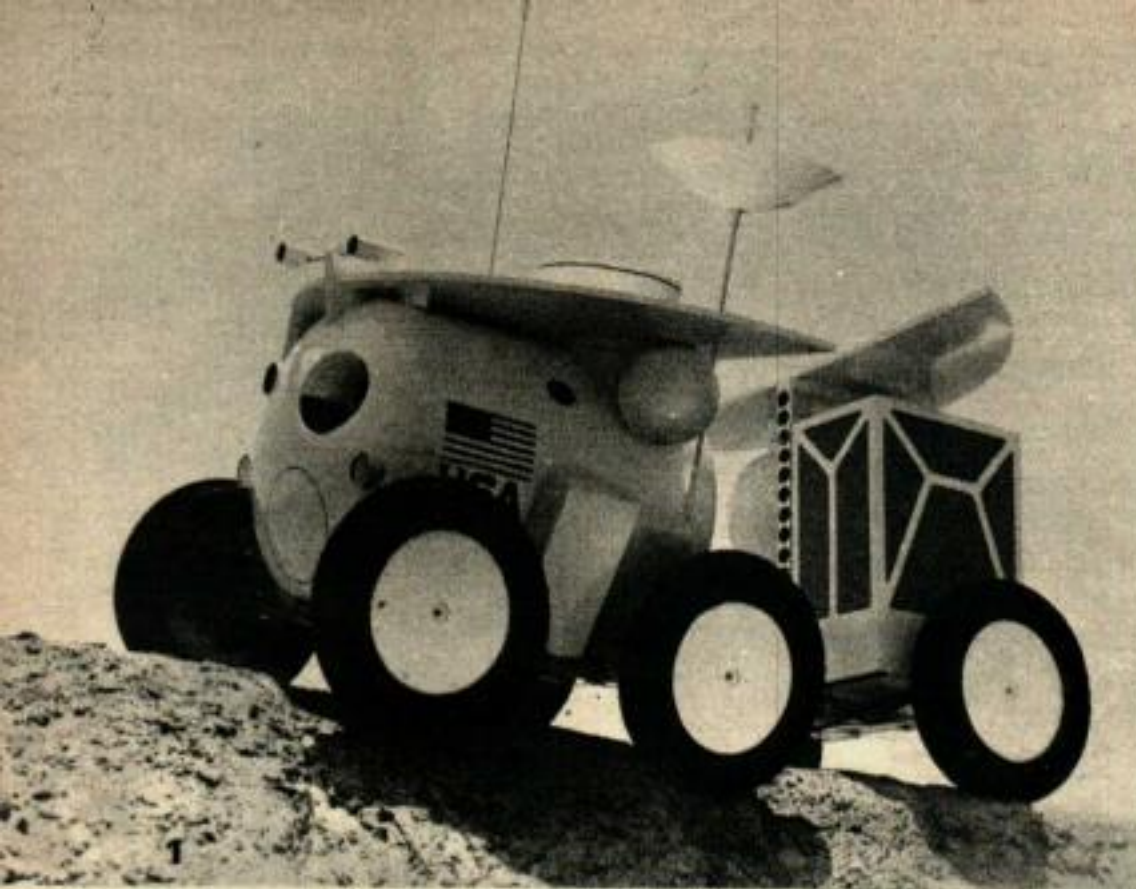
Il est évident que des travaux scientifiques de plus grande envergure seraient réalisés si des équipes demeuraient sur la lune pendant des périodes prolongées, explorant également les environs immédiats de l'appareil au moyen de l'« araignée ».

L'engin volant actuellement à l'étude est, selon le Dr Mueller, mieux adapté au premier procédé. L'« araignée » a, elle aussi, son utilité, car elle peut accomplir de longs trajets sans occupant humain, téléguidée depuis la terre. D'anciens projets de la NASA prévoient de faire évoluer quelques LRV de grande taille, pilotés directement par des hommes, dans un rayon limité autour de l'appareil.

A l'époque de l'élaboration du programme spatial, la NASA avait pensé que l'étape qui devait logiquement suivre l'expédition Apollo serait une double opération de lancement : d'abord le matériel, ensuite les



Ce véhicule Pogo, lui aussi réalisé par la Société Bell Aerosystems, se propulse par mouvements du corps entier. Ce procédé, qui rend l'appareil plus simple, est une méthode de pilotage possible pour les LFU en dehors du contrôle manuel ordinaire.



astronautes. Les responsables du projet prévoyaient aussi le lancement, six mois avant l'arrivée des astronautes, d'un Laboratoire Mobile, le MOLAB. Au moment de l'alunissage des astronautes, les techniciens chargés de contrôler l'expédition depuis Houston enverraient le MOLAB à leur rencontre. Les astronautes y monteraient pour y accomplir, en quatorze jours, un périple de 370 kilomètres, sans doute dans un rayon de 80 km autour du point d'alunissage.

Les Sociétés Bendix et Boeing, aidées par le Laboratoire de Recherches Militaires de la Société General Motors, à Santa Barbara (Californie), se sont vu allouer des fonds importants pour mettre au point le MOLAB. Les deux sociétés ont, l'une comme l'autre, proposé des tanks de dimensions importantes ; mais celui conçu par la Société Bendix était le plus grand des deux (9 m de long). Les ingénieurs de cette société ont pensé en effet qu'une cabine de 3,75 m de long serait suffisamment spacieuse pour permettre à l'équipage de dîner en regardant la télévision, au lieu de se nourrir de sachets d'aliments congelés et séchés. Comme sur tous les véhicules lunaires conçus par la suite, chacune des roues de ces deux appareils devait être actionnée par un moteur électrique, fixé au moyeu.

Lorsque arrivèrent les difficultés financières, le projet MOLAB fut mis en réserve, sans pour autant être abandonné. Les géologues chargés d'établir les itinéraires des éven-

tuelles expéditions d'exploration le tiennent toujours pour très valable, et soulignent ses qualités. Cependant, le Dr Wilmot Hess, chargé de définir les tâches scientifiques qui seront assignées aux astronautes, estime qu'il faudra au moins 10 ans avant qu'un périple lunaire de grande envergure ne soit accompli par des hommes sur la lune.

Lorsque l'idée d'un programme post-Apollo eut fait place à celle d'une station spatiale habitée opérant sur orbite terrestre, le véhicule lunaire se réduisit au LSM (Module d'Exploitation Scientifique Locale). Le poids de l'appareil à vide était de 530 kilos. Le LSM était lui aussi destiné à prendre part à une double opération de lancement. Initialement, cet appareil devait être déposé à vide sur la lune par l'étage inférieur d'Apollo, ainsi qu'un abri équipé pour un séjour de 14 jours. Le module lunaire Apollo qui fut utilisé lors de nos premiers alunissages n'est prévu pour sa part que pour un séjour de 48 heures, et les astronautes ne pourront passer, avec lui, que 35 heures au maximum à l'extérieur.

Les deux membres de l'équipage qui aluniraient un peu plus tard dans un module lunaire feraient chaque jour une sortie de 3 à 6 heures dans le LSM : 3 heures avec un seul respirateur dorsal, 6 heures avec un respirateur de rechange. Au retour de chaque expédition, les astronautes brancheraient le LSM sur le système électrique de l'abri, afin de recharger ses batteries en vue de la prochaine sortie.



La NASA a maintenant signé un contrat pour l'élaboration d'un projet de LRV de taille encore plus réduite. Cette araignée lunaire légère, de 320 kilos, serait transportée, avec les astronautes, à bord d'un module lunaire à usage prolongé (ELM), analogue en tous points au module lunaire actuel, mais conçu pour un séjour de trois jours. Chaque jour, l'équipage accomplirait dans l'araignée trois expéditions de trois heures chacune. Ils pourraient avec cet engin couvrir des distances pouvant atteindre 10 kilomètres à chaque fois, dans un rayon d'environ 4 km autour du module.

Récemment, la Société d'Engineering Aérien Grumman, à qui l'on doit la construction du module lunaire, a mis au point une araignée de 380 kilos, formée d'un socle et de 4 roues, qu'elle a lancée à travers les cratères d'un paysage lunaire artificiel, puis dans les dunes de sable du rivage de Long Island. Les roues du véhicule sont des cônes de fibre de verre renforcée de matière plastique, de 1 m de diamètre et 3 mm d'épaisseur. Le conducteur la pilote à l'aide d'un levier de commande unique, qu'il pousse pour avancer, tire à lui pour s'arrêter, tourne vers la gauche ou vers la droite pour bifurquer, et comprime pour accélérer. Dans les virages, la vitesse des roues est modifiée, et le châssis ploie en son milieu.

Cette araignée peut atteindre 32 km/h, mais la NASA ne demande que 14 km/h maximum. D'ailleurs, sur la lune, l'engin

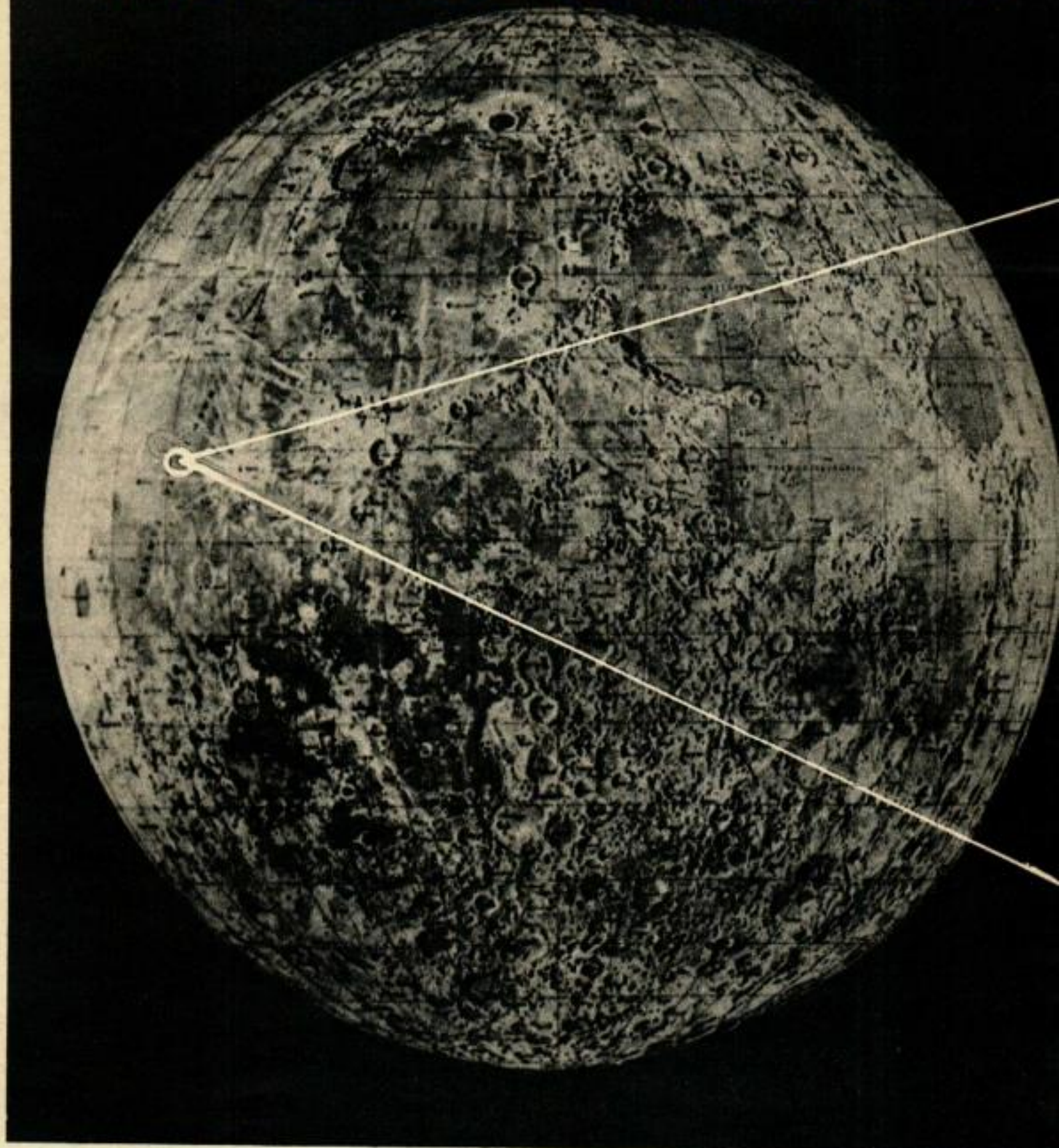
Grâce à ce MOLAB de 4 tonnes (1), deux astronautes auraient pu accomplir un périple de 14 jours et de 370 km sur la lune. Le toit est revêtu d'une couche de protection antimétéorites. Le châssis GM pour MOLAB à moteur Boeing (2) gravit aisément un monticule. Comme le MOLAB, ce laboratoire géologique mobile GM (3) pourrait abriter deux hommes pendant deux semaines. Il est à air conditionné, peut rouler à 25 km/h en terrain plat, et grimper une pente de 45 %.

n'atteindrait sans doute même pas cette vitesse.

La Société General Motors a découvert que la plus ou moins bonne tolérance que le conducteur manifeste pour les mouvements de roulis de l'appareil suffit en général à fixer la limite de vitesse. Pour la mise au point du MOLAB, la société a simulé, à l'aide d'un ordinateur, une course à travers le paysage lunaire-type observé grâce à Ranger 7. Sur terre, le conducteur ne pouvait maintenir l'appareil à une vitesse supérieure à 8 km/h. Bien que les ingénieurs ne sachent pas exactement comment il réagirait à la faible gravité lunaire, il y a de fortes chances pour qu'il ralentisse encore plus, ses roues se décollant davantage du sol.

Bien que les responsables de la NASA aient donné leurs instructions aux constructeurs de l'araignée pour qu'ils étudient avec le plus grand soin le LRV léger de la mission économique, ils n'en ont pas moins conçu d'autres projets plus ambitieux. Accessoirement, une araignée similaire, mais pesante

ITINERAIRES DES EXPEDITIONS LUNAIRES



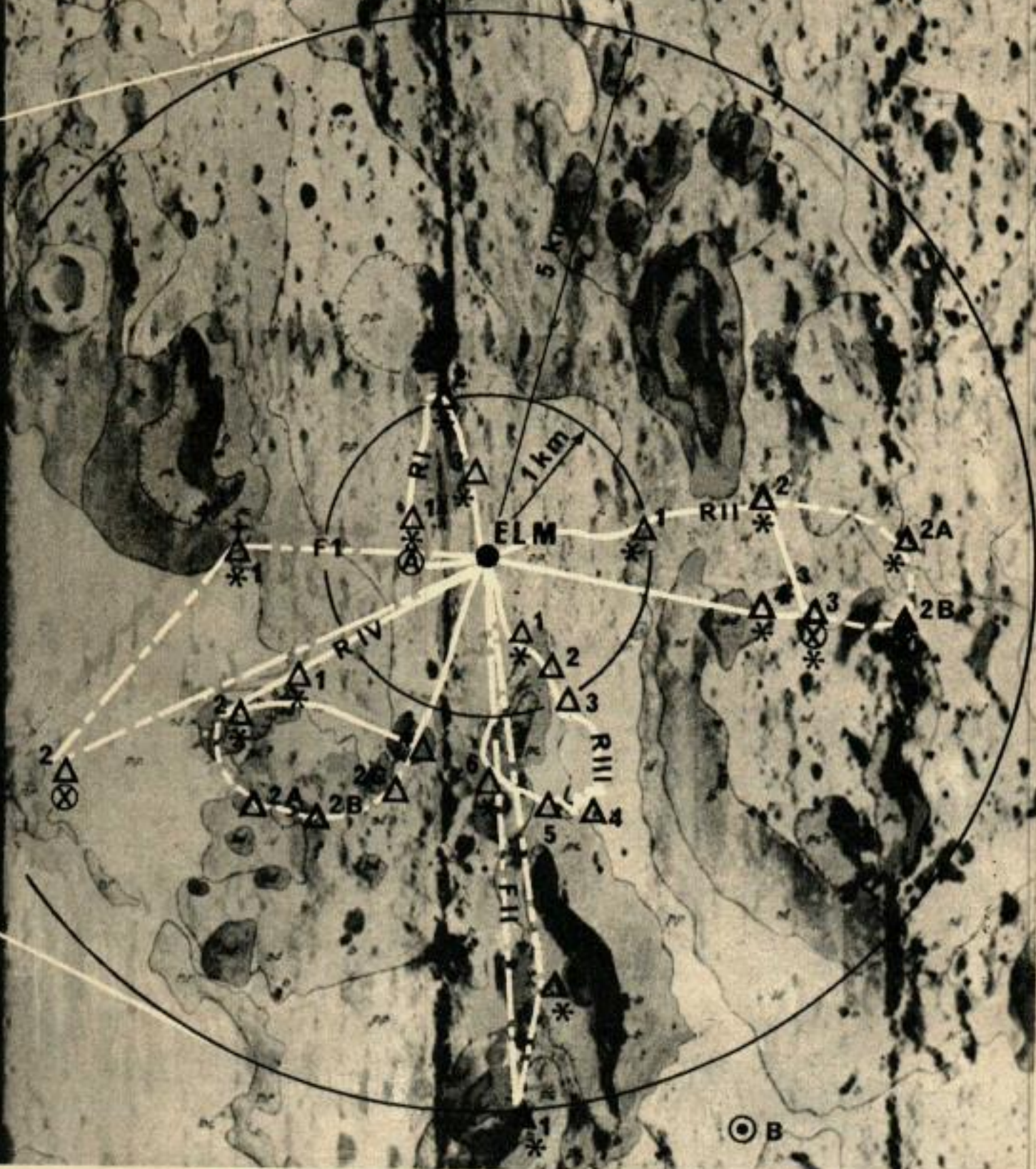
Au cours de la mission de trois jours aux Collines Marius, les astronautes exploreraient par « terre » et par air les environs du sillon qui traverse l'Oceanus Procellarum, la plus grande étendue liquide de la lune.

480 kilos, et pouvant être utilisée pour des séjours de 14 jours, sera mise à l'étude.

Une fois chacune de ces missions achevée, et les astronautes repartis, les techniciens téléguideront l'araignée depuis Houston, lui faisant parcourir plus de 320 kilomètres qui la sépareront de son prochain rendez-vous à un point d'alunissage humain. Cette étape de l'exploration

commencera, pense-t-on, après 1975. Il faut imaginer le pilote, assis derrière les commandes de Houston, accomplissant un voyage stéréoscopique télévisé parmi les cratères, les cours d'eau et les dômes volcaniques. Un tel exercice doit être terriblement éprouvant pour les nerfs. En effet, à cause de la distance qui sépare la lune de la terre, les images sont reçues avec une

LA MISSION DANS LES COLLINES MARIUS



LES ITINERAIRES, LES ETAPES ET LES POINTS STRATEGIQUES

- **ELM** Point d'alunissage du LEM (Module lunaire à usage prolongé).
- Parcours du LRV (araignée).
- - - Parcours du ELR (araignée à usage prolongé).
- ⊙ **B** Zone d'alunissage de remplacement
- * Dépôt de charges explosives destinées aux expériences sismiques.

- Ⓐ Lieu d'installation de l'ALSEP.
- ⌘ Lieu d'installation de 8 géophones destinés aux expériences sismiques.
- ⊗ Lieu d'installation de 3 géophones destinés aux expériences sismiques.
- · - · - Parcours du LFU (engin volant).
- △ Communicateur à répétitions.
- △² Etapes des divers parcours.

seconde et quart de décalage ; et il s'écoulerait à nouveau une seconde et quart avant que les instructions ne parviennent au LRV.

Grumman a fait passer des tests à des opérateurs, leur faisant téléguider une jeep ou un véhicule de type MOLAB avec un décalage de temps de deux secondes et demie. Pour certaines de ces expériences, l'opérateur se trouvait à une extrémité de Long Island, tandis que le véhicule évoluait à l'autre extrémité, dans le paysage lunaire artificiel de la compagnie. Aussi surprenant que cela puisse paraître, le conducteur se révélait incapable de piloter l'appareil avec assurance à une vitesse supérieure à 4 km/h.

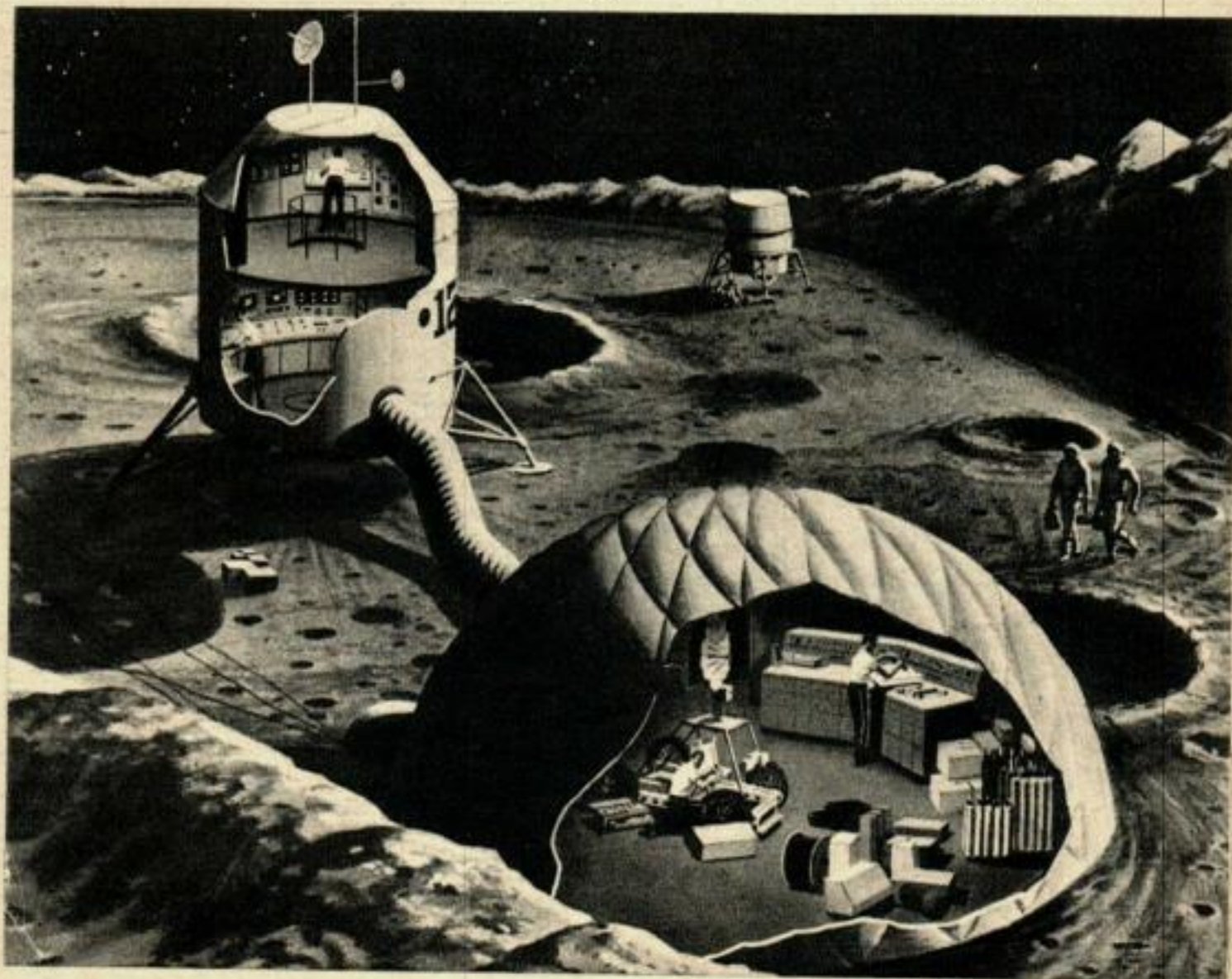
Etant donné ces difficultés d'ordres divers, les ingénieurs de la Société General Motors ont estimé que le véhicule devrait être à traction latérale. L'appareil se déplacerait vers l'avant sur une courte distance, au bout de laquelle il serait arrêté, et lancé sur un autre parcours par un opérateur terrestre.

Des membres du Département d'Astro-

géologie du Bureau d'études géologiques américain ont étudié les divers voyages d'exploration possibles. Pour les aider à mettre au point les instruments et les techniques qui serviront aux astronautes pendant l'expédition lunaire, la Société General Motors a construit un Laboratoire Géologique Mobile de 8 tonnes. A l'intérieur de ce géant de 3 mètres de haut et 4,8 mètres de long, deux hommes peuvent passer jusqu'à 14 jours dans un cadre confortable avec air conditionné, sans avoir à mettre le nez dehors. Les astrogéologues utilisent en outre une jeep ouverte, de dimensions plus réduites, pour circuler autour de leur paysage lunaire artificiel.

Deux itinéraires ont été tracés. Le premier, qui conduit aux Collines Marius, servira sans doute à une expédition aux alentours de 1975. Les Collines Marius coupent un sillon qui partage en deux l'Oceanus Procellarum, la plus grande étendue d'eau de la lune. Ce sont là les hauteurs (sans doute d'origine volcanique)

L'aspect le plus rudimentaire des bases lunaires pourrait consister en un grand véhicule muni, pour le cas où l'on aurait besoin de place supplémentaire, d'un dôme pliant gonflable.



les plus serrées et les plus variées de la lune. Ceci pousse à croire que le sillon ressemble à notre sillon mid-océanique.

Les deux hommes qui prendraient part à cette expédition hypothétique aluniraient dans un ELM, et auraient à leur disposition deux appareils volants. Un colis séparé, de dimensions plus réduites, contenant l'araignée et la majeure partie de l'équipement scientifique, aurait été préalablement envoyé dans un Titan III C. Au cours de leur séjour de trois jours, les astronautes réaliseraient 4 excursions en araignée (une de deux heures, et trois de trois heures), et deux expéditions aériennes au moyen de l'un des appareils volants, chacune coupée de deux arrêts. Le deuxième engin volant resterait disponible pour le cas où des secours s'avéreraient nécessaires. D'après les consignes qui ont été données aux responsables de la conception des systèmes nord-américains Rockwell et Bell, le LFU pèserait, à sec, 80 kilos. Utilisant comme carburant 140 kilos (pris au surplus de fuel du LEM), l'engin pourrait transporter un homme sur 16 à 20 kilomètres. Le LFU pourra servir à une trentaine d'expéditions de ce genre, réparties sur plusieurs semaines.

Lors de l'alunissage en question, les astronautes devraient couvrir une vingtaine de kilomètres avec l'appareil volant et près de 23 avec l'araignée, rapporter environ 420 kilos d'échantillons géologiques, et accomplir des tâches scientifiques diverses.

D'après les estimations de la NASA, il resterait suffisamment de matériel à bord du Titan III C pour prolonger le séjour de deux jours, et assez de carburant pour trois vols supplémentaires : aussi est-on en train de mettre au point un programme de 5 jours dans la même zone.

La seconde expédition prévue par Flagstaff concerne un avenir beaucoup plus lointain. Le site visé, la Mare orientale, s'étend sur la face occidentale. Pour établir un contact sans défaillance avec les explorateurs, les messages devront être relayés par un satellite de communication lunaire. De plus, les fonds qu'il faudra investir dans l'expédition devront être en rapport avec l'éloignement de la Mare orientale. A 950 kilomètres de l'autre côté de la lune, cette zone commémore la chute du dernier météorite de taille importante. La Cordillère, la plus extérieure des deux chaînes de montagnes qui encerclent la région, s'élève à une altitude de 6 000 mètres, et est coupée de dépres-

sions brutales de plus de 2 700 mètres. Un véhicule qui traverserait la région ne roulerait en terrain plat que sur 3 % du trajet.

Mais avant qu'un tel voyage soit organisé, il y aura peut-être des bases sur la lune. Avec toutes les réserves qui s'imposent, on peut penser cependant que la NASA semble vouloir installer sur la lune une base de 12 à 18 hommes, après une période post-Apollo d'explorations mobiles d'une durée d'environ 15 jours. D'après Werner von Braun, qui a supervisé la construction de la fusée Saturne V, il n'est nullement excessif de penser que cet engin pourrait transporter une base de 12 hommes. Des vivres et du matériel seraient envoyés deux fois par an ; on organiserait des équipes tournantes de 8 hommes, pour permettre à ceux-ci de regagner la terre à tour de rôle. Cependant, vu l'état actuel des recherches, le dernier Saturne V sera terminé au cours de l'été 1971. Mais on parle de construire une fusée de lancement réutilisable.

D'après Philip Culberston, un des responsables de la NASA, la plupart des études en cours concernent une base de 12 à 15 hommes. Pendant une première période, des hommes seraient envoyés petit à petit jusqu'à concurrence d'une douzaine. En 43 mois, 14 lancements successifs amèneraient hommes et matériel.

Par la suite, l'extension de la population lunaire dépendrait de l'eau que l'on aura pu trouver. « Si l'on trouve de l'eau dans des endroits facilement accessibles, l'on s'acheminera inévitablement vers l'installation rapide de bases plus importantes », estime le Dr Rodney Johnson, un autre responsable de la NASA. L'oxygène et l'hydrogène de l'eau seront extraits pour servir de carburants à des lancements en direction de la terre, ce carburant alimentera des véhicules comme les araignées, des engins de construction, des appareils de forage et un réseau fixe de moyens de transport. L'hydrogène constitue à lui seul le meilleur réactif nucléaire liquide.

Un certain nombre de savants pensent qu'on peut découvrir une grande quantité d'eau sur la lune. Richar Lingenfelter, de l'Institut de Géophysique UCLA, estime que le sol lunaire comporte, à 95 mètres de profondeur environ, une couche de pergélisol. Mis à découvert, ce dernier se liquéfiera et jaillira vers le ciel avec une telle force qu'il pourra s'élever jusqu'à 900 mètres.

B. F.