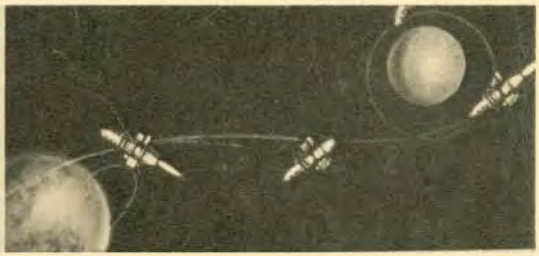
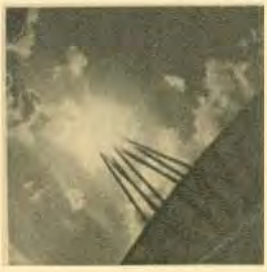
DIX ANS D'EXPLORATION SPATIALE

LL.00





L'AGE DE L'ESPACE A COMMENCÉ

Le premier-né

Le 4 octobre 1957, l'Union Soviétique a lancé le premier satellite artificiel de la Terre. Cette brillante réalisation était le fruit du labeur de tout un groupe de centres de recherches et de bureaux d'études.

Il est difficile de surestimer la portée de cet événement. L'histoire de la science et de la civilisation connaît beaucoup de découvertes brillantes, de grandes conquêtes qui ont impulsé de grands travaux. Mais peu d'entre elles ont marqué un véritable tournant dans le progrès scientifique et technique. Nommons, parmi les découvertes les plus importantes, celle de la loi de la gravitation qui a marqué le début de la mécanique céleste ; l'utilisation des machines à vapeur qui a déterminé la révolution industrielle ; la découverte de l'électricité, de la radio et de l'énergie atomique. Les auteurs de toutes ces inventions ne s'imaginaient sans doute pas leur portée pour le progrès à venir.

Le lancement du premier spoutnik marque un tournant radical dans l'histoire de la science : le premier pas, le plus difficile sans doute, dans le cheminement de l'homme vers les étoiles a été franchi.

La recherche cosmique, la domestication du Cosmos connaîtront encore beaucoup de solutions hardies et de brillantes découvertes. Mais elles seraient toutes impensables sans le lancement du premier satellite dont les signaux ont annoncé l'avènement de l'âge cosmique dans l'histoire de l'humanité. Les Soviétiques peuvent donc être fiers d'avoir été les premiers à pénétrer dans l'espace ; en effet, le spoutnik et la fusée qui l'a placé sur son orbite sont le fruit de leur travail.

La portée de cet événement était évidente bien avant qu'il ne survienne. Cette première satellisation signifiait la mise en œuvre des théories de Constantin Tsiolkovski ; le rêve séculaire de voler vers les étoiles commençait à se réaliser.

Au moment du lancement du premier spoutnik, on avait déjà effectué des sondages de l'atmosphère jusqu'à une altitude de l'ordre de 30 kilomètres, procédé à l'observation des météores, de la luminescence du ciel nocturne et de la propagation des ondes acoustiques engendrées par les explosions superpuissantes. Certaines notions sur la structure de l'atmosphère avaient donc été acquises. Le sondage de l'ionosphère par échos d'ondes hertziennes avait permis l'étude des couches inférieures de cette région. Cependant, les résultats obtenus ne portaient pas sur toute la gamme des altitudes et parfois manquaient de précision.

Il était très important de commencer l'étude de divers phénomènes géophysiques, météorologiques par exemple, ce qui pouvait se réaliser grâce à l'étude de l'ensemble de la planète, effectuée « d'en haut ». Il fallait connaître l'état du champ géomagnétique à de grands éloignements de la surface du globe, étudier les rayons cosmiques, les rayonnements du Soleil et des étoiles au-delà de l'atmosphère terrestre, qui les modifie ou absorbe en grande partie, etc. Parmi les sujets d'études, nommons également la substance météorique. Il a toujours existé, enfin, un désir absolument naturel d'étudier d'une manière directe l'espace interplanétaire, la Lune et les planètes du système solaire.

Le lancement d'un spoutnik, instrument de télémesure ou « plate-forme » d'observation permettant de procéder à des recherches au-delà des couches denses de l'atmosphère, était donc, à l'époque, une nécessité impérieuse pour de nombreuses disciplines scientifiques.

On commençait alors la réalisation d'une grandiose entreprise scientifique méticuleusement préparée de longue date, l'Année Géophysique Internationale. Soixante-quatre pays, parmi lesquels l'Union Soviétique et les Etats-Unis, y prenaient part. Compte tenu de l'importance des observations extra-atmosphériques, accompagnées d'observations planétaires au sol, ces deux pays avaient proposé de se charger du lancement d'un satellite dans le cadre du programme de l'Année Géophysique. La proposition américaine était assortie d'une publicité tapageuse ; le lancement du spoutnik soviétique fut donc une surprise non seulement pour l'opinion, mais aussi pour les spécialistes.

Ce tir a donc été, il faut le souligner, un événement d'une portée historique mondiale, une contribution essentielle au progrès scientifique, à la coopération mondiale dans son ensemble, à la mise en œuvre du programme de l'Année Géophysique Internationale.

En mettant au point leur satellite, les savants soviétiques ne se fixaient pas pour objectif la solution de problèmes particuliers. Ils voulaient conférer au satellite une valeur universelle. Le poids du premier spoutnik signifiait que les conditions scientifiques et techniques indispensables étaient réunies. Il fallait cependant surmonter toute une série de difficultés dans le choix des appareils de mesure, assurer leur fonctionnement, la transmission des renseignements scientifiques, leur réception et leur dépouillement au sol. A commencer par l'inconnue qu'était l'objet des recherches, l'espace circumterrestre. Nos connaissances sur ces régions étaient limitées aux données des observations terrestres et des sondages par fusées. On pouvait craindre que les observations du spoutnik ne soient inexactes en raison d'une mauvaise appréciation des grandeurs à mesurer. La sensibilité des détecteurs et la gamme de mesures adoptée pouvaient se révéler insuffisantes. On ignorait le régime thermique des satellites artificiels, ils risquaient donc la surchauffe, ou, au contraire, la baisse de la température d'utilisation au-dessous d'une limite tolérable, ce qui aurait déterminé la panne des appareils de bord. D'une façon générale, le fonctionnement des appareils dans les conditions du vol cosmique pouvait être gravement perturbé.

En outre, il fallait tenir compte des perspectives d'avenir et mettre au point des systèmes à grande capacité d'information, utilisables sur d'autres spoutniks.

Le choix de l'orbite et la disposition des appareils de bord posaient également des problèmes non moins difficiles et aux données souvent contradictoires.

Toutes ces questions, on devait les résoudre en songeant constamment aux divers aspects des étapes à venir, en s'efforçant de tirer le meilleur parti du sondage entrepris. Ce sont tous ces facteurs qui ont déterminé la rigoureuse ordonnance du programme soviétique.

Des progrès rapides

Le premier spoutnik a permis d'obtenir des données sur les conditions physiques régnant dans la haute atmosphère et à l'intérieur d'un engin satellisé. Ces résultats étaient d'une importance primordiale pour la préparation des étapes suivantes de l'exploration et, notamment, pour l'envoi d'un vaisseau habité.

Tout d'abord, l'un des problèmes essentiels était la détermination des paramètres des hautes couches de l'atmosphère. Le satellite était de forme sphérique, il était donc relativement facile, en observant les modifications de son orbite dues au freinage dans l'atmosphère, de calculer la densité des couches supérieures dans la région du périgée. Cette expérience était complétée par l'observation du ralentissement de la fusée porteuse.

On a sondé l'ionosphère en observant la propagation des ondes radio émises par le satellite sur les fréquences de 20,005 et 40,002 mégacycles par seconde. Ces signaux ne se propagent pas dans l'ionosphère en ligne droite, mais en s'incurvant. En mesurant l'intervalle de temps entre le lever et le radiolever (entre le coucher et le radiocoucher), on pouvait déterminer la courbure du faisceau d'ondes et, donc, la concentration électronique qu'il a traversée. On a également étudié les particularités de la propagation des ondes radio dans l'ionosphère, ce qui était capital pour assurer les communications avec les futurs engins spatiaux.

Il faut souligner le caractère international des observations à l'aide des spoutniks. N'importe quel pays peut observer le vol d'un satellite et de sa fusée porteuse, capter et enregistrer ses émissions. Le lancement du premier satellite et ceux qui suivirent ont été une expérience internationale, car les savants étrangers pouvaient obtenir des renseignements sur les propriétés des hautes couches de l'atmosphère et de l'ionosphère non seulement de leurs confrères soviétiques, mais aussi à partir de leurs propres observations.

Les signaux émis par le satellite étaient utilisés à la fois pour l'étude de l'ionosphère et pour la transmission au sol des résultats des mesures prises par le spoutnik. Le régime thermique a été, en particulier, un objet d'étude pour le premier satellite, les variations de température étant signalées, à l'aide d'éléments sensibles, par la modification de la durée des signaux télégraphiques et des espacements. On a élucidé ainsi, pour l'avenir, les conditions de température nécessaires au fonctionnement des appareils de bord, vérifié l'efficacité du système de climatisation et préparé, notamment, l'expérience biologique avec la chienne Laïka, prévue pour le 3 novembre 1957 dans le cadre du programme de recherches de Spoutnik-2.

La parole est à Laïka

Les expériences médico-biologiques effectuées sur les fusées géophysiques et les fusées d'altitude avaient prouvé que des êtres vivants, des chiens en l'occurrence, peuvent subir d'une manière satisfaisante les accélérations de la phase active et l'apesanteur surgissant sur la trajectoire passive. Cependant, sur ces fusées, la durée du vol en apesanteur était insignifiante et il était risqué de généraliser les résultats obtenus.

L'envoi de Laïka dans l'espace a permis d'étudier l'état de l'organisme du chien placé pendant toute une semaine dans les conditions de l'apesanteur.

Dans le langage des transmissions télémétriques, Laïka parlait de son état et ce récit a permis aux savants de conclure que l'organisme des animaux peut supporter un vol cosmique de longue durée, séjourner pendant longtemps dans des conditions d'apesanteur.

La circulation naturelle des gaz n'est pas possible dans ces conditions. Un système de ventilation artificielle avait été installé dans la cabine hermétique de Laïka. Des substances chimiques hautement actives dégageaient l'oxygène indispensable pour la respiration de la chienne et absorbaient le gaz carbonique et l'excédent de vapeurs d'eau.

Les conclusions tirées grâce au Spoutnik-2 en ce qui concerne les effets des rayonnements solaire et cosmique sur l'organisme vivant ont stimulé la mise au point des moyens de protection des futurs cosmonautes.

La nature des expériences physiques à bord de Spoutnik-2 était, d'un certain point de vue, semblable à celle des expériences effectuées sur le premier satellite : mesure de la densité de l'atmosphère au freinage, étude de l'ionosphère du point de vue de la propagation des ondes radio, enregistrement des variations de température à l'intérieur du compartiment des appareils. Ce compartiment d'ailleurs était une réplique exacte de Spoutnik-1.

L'une des découvertes essentielles de Spoutnik-2 était l'accroissement de l'intensité du flux des particules chargées de grande énergie avec l'augmentation de l'altitude et de la latitude géomagnétique du point survolé par le satellite à un moment donné. Plus tard, ce phénomène fut expliqué par l'entrée du satellite dans les zones polaires de la ceinture extérieure de radiations. C'était la première étape de la découverte de cette ceinture, la première indication de l'existence d'une zone de particules chargées à grande énergie, capturées par le champ géomagnétique.

Un laboratoire orbital

Le troisième satellite soviétique fut lancé le 15 mai 1958. Par ses caractéristiques, par le nombre des paramètres qu'il pouvait mesurer, cet appareil dépassait de beaucoup les deux premiers. Il pesait 1 327 kg dont 968 kg revenaient aux appareils scientifiques et de mesure avec leurs sources de courant, performance qui était due aux qualités ballistiques des fusées soviétiques. Les chercheurs soviétiques voulaient ainsi rendre aussi complètes que possible les observations spatiales.

Le satellite a existé pendant près de deux ans, totalisant plus de 10 000 révolutions. L'utilisation de batteries solaires a permis de recueillir des informations scientifiques pendant un délai prolongé.

Pour enregistrer les particules énergétiques, on avait installé sur le satellite un compteur luminescent constitué d'un cristal de iodure de sodium et d'un photomultiplicateur à cathode.

Chaque fois que le satellite entrait dans la zone de latitudes allant de 55° à 65°, que ce soit dans l'hémisphère Nord ou dans l'hémisphère Sud, on observait une nette augmentation du rayonnement X de freinage, déterminée par le bombardement du revêtement par des électrons d'une énergie de l'ordre de 100 keV. Il a été également établi que l'intensité de l'irradiation augmente avec l'altitude. Ces deux phénomènes étaient déterminés par l'entrée du satellite dans une zone de

radiations intenses qui fut nommée, peu après, zone extérieure de la ceinture de radiation.

A l'aide des photomultiplicateurs destinés à enregistrer les flux corpusculaires du Soleil, on a pu détecter, pour la première fois d'une manière directe, des électrons ayant une énergie de l'ordre du 10 keV. Les flux de ces électrons ont été décelés à des altitudes de 470 à 1 880 km. Leur intensité pendant les périodes diurnes était plus grande que de nuit, se modifiait constamment, augmentant avec l'altitude ou avec la latitude géomagnétique. La connaissance de l'orientation du satellite a permis de déterminer la direction des corpuscules dépendant de ces flux. En règle générale, ils se déplacent dans une direction perpendiculaire à celle de la ligne de force magnétique. La vitesse de ces électrons dépasse de beaucoup celle des corpuscules solaires, définie grâce à l'observation du spectre des aurores boréales.

Pour cette fois, on a déterminé la densité de la haute atmosphère en observant les modifications des paramètres d'orbite sous l'effet du freinage, ainsi qu'en mesurant la pression à l'aide de manomètres magnétiques et à ionisation.

Les valeurs de la densité obtenues à l'aide des satellites pour les hautes couches de l'atmosphère étaient 10 fois plus élevées que celles calculées théoriquement. Il faut cependant souligner que ces mesures avaient été prises pendant une période d'activité solaire maximale, quand l'atmosphère était chauffée et s'étendait plus loin dans l'espace cosmique. En effet, des expériences ultérieures ont confirmé le refroidissement et le « tassement » de l'atmosphère.

Sur Spoutnik-3, on s'est servi de plusieurs procédés pour mesurer les constantes de l'ionosphère : étude de la propagation des ondes radio de grande puissance émises par les postes du satellite, mesure immédiate de la concentration en ions positifs tout au long du parcours. On a également étudié la composition des ions à charge positive à l'aide d'un spectromètre de masse de radiofréquence.

Pour sonder le champ magnétique de la Terre à grande altitude, on s'est servi d'un magnétomètre auto-orientable mesurant l'intensité intégrale du champ à des distances de l'écorce terrestre équivalant à l'altitude de l'orbite. Le magnétomètre permettait en outre de déterminer à tout moment l'orientation du satellite, ce qui était essentiel pour l'interprétation des autres résultats de mesure.

L'intensité des rayons cosmiques primaires a été mesurée, des expériences ont été effectuées pour évaluer la quantité des noyaux lourds dans les rayons cosmiques.

Plusieurs capteurs enregistraient les impacts des micrométéorites.

Le nombre des expériences effectuées sur Spoutnik-3, ainsi que leur variété permettent de considérer cet appareil comme une véritable station scientifique spatiale. Le lancement de ce satellite a permis de procéder à des recherches exhaustives répondant à tous les engagements pris par les savants soviétiques dans le cadre du programme de l'Année Géophysique Internationale.

Au début de 1958, les chercheurs américains, eux aussi, abordaient la réalisation d'un programme spatial. Les difficultés et les échecs du projet Avant-garde, spécialement mis au point pour l'Année Géophysique Internationale, ont fait qu'a d'abord été lancé un autre satellite, Explorer-I, pesant 5, 6 kg sans le dernier étage de la fusée. Le satellite miniature Avant-garde-1 fut lancé plus tard. Il n'avait pas d'appareils à son bord et était équipé de deux émetteurs seulement dont l'un alimenté par batteries solaires. Puisque les Etats-Unis manquaient à l'époque de fusées suffisamment puissantes, il était impossible d'installer un appareillage convenable sur les premiers satellites américains. Leur lancement avait en règle générale le caractère d'une expérience physique particulière. Il fallut attendre fin 1959 pour que fût lancé le premier satellite à programme complexe, Explorer-7.

AU SEUIL DE L'ASTRONAUTIQUE

Une idée qui a triomphé de la mort

Le lancement de Spoutnik-1, comme toute autre réalisation du même ordre, n'avait pas seulement ses prémisses scientifiques et techniques, mais aussi des racines historiques. Cela se rapporte, en premier lieu, à la technique des fusées dont l'apparition, déterminée par l'invention de la poudre, remonte à des temps lointains: au XV^{e} siècle en Europe et, d'après certaines données, au X^{e} siècle en Russie. C'est à partir du XVII^{e} siècle que les ouvrages militaires russes commencent à mentionner les fusées d'une manière systématique. On fonde, en 1680, à Moscou, une « Institution » qui fabrique des feux d'artifices, des fusées de signalisation et, à partir du XIX^{e} siècle, des fusées de combat. Les travaux de A. Zassiadko, K. Konstantinov en Russie, de W. Congreve en Angleterre ont joué un rôle de premier plan dans le développement de la technique des fusées.

Les fusées ont trouvé des applications militaires dans toute une série de guerres : batailles de Leipzig et de Waterloo, guerre russo-turque. Au XIX^{e} siècle, elles étaient en service dans de nombreuses armées.

Le progrès de la technique des fusées impliquait une étude approfondie de la théorie du mouvement par réaction. I. Mechtcherski, professeur à l'Institut polytechnique de Pétersbourg, invente, en 1897, l'équation du mouvement d'une masse variable, apport important à l'élaboration des bases de la technique des fusées.

Ce sont les savants russes qui, pour la première fois, ont proposé d'utiliser les fusées pour le vol de l'homme. En 1881, Nikolaï Kibaltchitch, étudiant de l'Académie médico-chirurgicale de Pétersbourg, condamné à mort pour avoir attenté à la vie de l'empereur Alexandre II, propose le schéma de principe d'un appareil volant plus lourd que l'air, propulsé par un moteur à poudre. Homme d'un esprit lucide, d'une grande érudition, Kibaltchitch ne pensait pas à la mort dans sa cellule, ne rédigeait pas de recours en grâce, mais réfléchissait aux projets qu'il n'avait pas eu le temps de réaliser, à l'immense utilité qu'aurait pour l'humanité une fusée capable de conquérir l'espace. Le gouvernement tsariste exécuta l'inventeur et ensevelit ses travaux dans les archives de la gendarmerie. C'est seulement après la Grande Révolution socialiste d'Octobre que les ouvrages de Kibaltchitch, testament scientifique d'un révolutionnaire, ont été trouvés, publiés et reconnus.

De nombreux savants et ingénieurs ont mérité de l'astronautique, mais le rôle de Constantin Tsiolkovski est tout à fait exceptionnel. C'est lui qui proposa d'utiliser le carburant liquide, ce qui a élargi de beaucoup le domaine d'application des fusées, marqué le

début d'une étape nouvelle. En 1903, il analysa l'équation du mouvement des fusées et étudia plusieurs aspects de leur dynamique. Il fut le premier à proposer le schéma de principe d'une fusée à carburant liquide et à suggérer plusieurs solutions adoptées dans la technique moderne (amenée du combustible par pompage, gouvernes dans le jet de gaz, refroidissement de la chambre de combustion par circulation du mélange propulsant, pilotage automatique, fusées à étages, etc.).

Pour lui, le champ d'application des fusées n'est pas militaire. Elles doivent servir à l'étude de l'« espace universel », au lancement des satellites artificiels, à la réalisation des vols interplanétaires, aider à percer les mystères de l'Univers. Réfléchissant aux vols interplanétaires, Tsiolkovski met au point leurs divers aspects comme, par exemple, la résistance aux accélérations (immersion dans un liquide, etc.).

La portée de ses travaux était immense. Mais dans la Russie d'avant la Révolution, les cadres spécialisés et les moyens techniques indispensables pour la réalisation de ses projets étaient inexistants. Cependant, ils suscitèrent des recherches théoriques et expérimentales dans divers pays. En 1929, le spécialiste allemand de la propulsion à réaction G. Oberth écrivait à Tsiolkovski : « Vous avez allumé le flambeau que nous ne laisserons jamais s'éteindre, nous ne ménagerons pas nos efforts pour que se réalise un des plus beaux rêves de l'humanité. » Parmi les savants étrangers qui se sont occupés des problèmes de la fuséonautique et de la construction des fusées à poudre, puis au carburant liquide, il faut nommer le Français R. Esnault-Pelterie et l'Américain R. Goddard.

L'U.R.S.S., patrie de l'astronautique

Dès le début des années vingt, les chercheurs soviétiques occupent une place prédominante dans la théorie de l'astronautique ; vers les années 30, l'industrialisation de l'U.R.S.S. permet de passer à des travaux pratiques dans ce domaine.

Un Groupe d'étude de la propulsion à réaction est organisé en 1931 à Moscou. Plusieurs organisations de moindre envergure font leur apparition. Ces organisations, ainsi que l'Institut de recherches des propulseurs à réaction auquel elles donnent naissance en fusionnant en 1933, jettent les bases de l'industrie des fusées, de la technique cosmique et de l'astronautique en U.R.S.S.

En 1933, le premier lancement de fusée à carburant liquide eut lieu dans les environs de Moscou. La fusée est dotée d'un parachute et redescend à terre. Ce principe de récupération s'est avéré tellement efficace qu'il continue à être appliqué de nos jours dans les fusées météorologiques et géophysiques.

Pendant la Seconde Guerre mondiale, les spécialistes soviétiques durent se concentrer sur la mise au point de fusées de combat indispensables pour la défense de la patrie. Après la victoire, on put poursuivre l'étude des aspects pacifiques de la technique des fusées et des problèmes de l'astronautique.

A partir de 1945, on commence en Union Soviétique l'étude des hautes couches de l'atmosphère à l'aide des fusées utilisées également à partir de 1951 pour les observations météorologiques. Dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale, les sondages par fusées se multiplient.

Ce n'est pas seulement à des expériences géophysiques que sont destinées ces fusées, mais aussi à d'importantes expériences biologiques qui préparent le vol de Laïka, le lancement des vaisseaux satellites et, enfin, le vol de l'homme à bord de Vostok.

Aux Etats-Unis, les fusées spatiales modernes ont été mises au point sur la base des réalisations allemandes et avec une large participation des spécialistes allemands. Il suffit de dire que le lancement du premier Explorer a été réalisé à l'aide d'une fusée mise au point par Von Braun.

Cela souligne l'importance des travaux des constructeurs et des ingénieurs soviétiques qui ont pu réussir par leurs propres moyens.

Les appareils automatiques fraient le chemin...

L'étude par l'Union Soviétique et les Etats-Unis de l'espace circumterrestre dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale avait permis d'obtenir des premiers renseignements d'un ordre assez général sur les hautes couches de l'atmosphère, sur les processus physiques qui s'y déroulent. Le dépouillement des informations obtenues lors des premiers sondages de l'espace a élargi de beaucoup et, dans certains cas, modifié les théories et les idées existantes sur les propriétés physico-chimiques de la haute atmosphère. Les résultats obtenus ont confirmé le bien-fondé des tendances essentielles de la recherche cosmique en U.R.S.S.

Ce n'étaient, cependant, que les premiers pas franchis dans l'exploration de l'Univers. Toute une série de faits demandaient une vérification complémentaire. Les observations effectuées par les trois premiers satellites s'étaient déroulées pendant le maximum de la période undécennale d'activité solaire. Or, afin de connaître l'influence exercée par l'activité du Soleil sur le milieu interplanétaire et la haute atmosphère, il fallait aussi recueillir des données concernant la phase décroissante et le minimum du cycle, données permettant une synthèse statistique. Des lancements systématiques de nouveaux satellites étaient donc nécessaires ainsi qu'une étude suivie du Cosmos, une observation quotidienne des phénomènes spatiaux.

Une fois résolus les premiers problèmes, la nécessité s'est fait sentir de mener de front de nombreuses expériences spécialisées afin d'aborder de nouvelles étapes dans la voie du Cosmos.

En mission de renseignement

Cinq satellites lourds ont été lancés en U.R.S.S. du 15 mai 1960 à mars 1961. L'objectif essentiel était le rodage de tous les systèmes du vaisseau cosmique, l'étude de la trajectoire et des aspects médico-biologiques du futur vol piloté. Une série d'expériences ayant pour but l'étude des rayons cosmiques a été effectuée, les niveaux (doses) de ces rayons ont été enregistrés, les rayonnements ultraviolet et X du Soleil ont également fait l'objet de mesures dont le but était de déterminer le danger que présentent pour l'homme les radiations cosmiques.

Le deuxième satellite a été le premier à revenir sur Terre, ce qui a permis d'effectuer certaines expériences physiques et, notamment, d'étudier le rayonnement cosmique à l'aide de photo-émulsions nucléaires. En traversant ces émulsions, les particules se heurtent avec les noyaux des atomes. Les particules secondaires, qui se forment après destruction des noyaux, connaissent toute une série de transformations. Ces particules secondaires entrent en interaction avec les noyaux de la substance. En étudiant les émul-

sions au microscope, on peut reconstituer des processus dont la durée est seulement de quelques milliardièmes de seconde.

Le deuxième vaisseau était équipé de plusieurs blocs constitués par des couches épaisses d'émulsions nucléaires. Les émulsions de l'un de ces blocs devaient être développées à bord du satellite. Ce procédé permettait de dégager avec plus de sûreté les traces des noyaux sur le fond général du rayonnement cosmique.

Pour enregistrer les doses de rayons cosmiques et établir la limite inférieure de la ceinture de radiations, des appareils dosimétriques avaient été installés à bord des satellites. Il s'agissait d'un radiomètre constitué par deux compteurs à décharge et deux compteurs à scintillation. Ces appareils fournissaient des informations sur le nombre des particules, ainsi que sur l'ionisation totale provoquée.

Les données obtenues ont prouvé que le revêtement de la cabine garantit une protection suffisante contre les particules de la ceinture de radiations aux altitudes utilisées par les satellites.

D'une manière inattendue, on découvrit, grâce aux compteurs à décharge, plusieurs régions à radiation d'intensité accrue dans l'hémisphère Sud, au-dessus de l'océan Atlantique et de l'océan Indien, les anomalies du Brésil et du Cap.

Les sentinelles de la science

Le 16 mars 1962, le premier satellite de la série Cosmos était lancé. Vers le milieu de 1966, 125 satellites de cette série tournaient autour du globe. Les satellites de cette famille sont équipés d'appareils scientifiques, d'un système de télémesure doté d'organes de mémoire qui transmet aux stations terrestres les résultats des observations, ainsi que d'appareils destinés au contrôle des principaux organes des satellites eux-mêmes, d'un circuit radioélectrique de commande, d'un dispositif de minutage, d'un système de climatisation, de sources d'énergie. S'il est nécessaire de faire atterrir le container des appareils, on se sert des moteurs de freinage.

Le programme de la série Cosmos comprenait l'étude des hautes couches de l'atmosphère, de l'ionosphère, des systèmes nuageux, le rodage des éléments des systèmes de satellites météorologiques, l'enregistrement des particules chargées dans l'ionosphère et les ceintures de radiations, l'étude des rayons cosmiques et des flux corpusculaires, du champ magnétique de la Terre, du rayonnement radio-électrique des corps célestes, de l'influence de la substance météorique sur les éléments optiques et autres des appareils cosmiques, etc.

Grâce aux satellites de la série Cosmos, une quantité très grande de données a pu être obtenue pour tous les sujets étudiés, d'amples informations ont été accumulées dans un large cercle de problèmes théoriques et techniques liés, entre autre, au perfectionnement des engins cosmiques, à la mise au point des systèmes d'orientation, à l'entrée de la cabine des vaisseaux dans l'atmosphère terrestre, à l'atterrissage dans la région fixée, à la protection contre les radiations, à la sécurité des systèmes de survie, etc.

Du nouveau sur la ceinture de radiations

Les données obtenues sur les zones intérieure et extérieure de la ceinture de radiations présentent incontestablement un très grand intérêt pratique. Grâce aux études poursuivies à l'aide des satellites Cosmos, on a pu établir les valeurs des doses de radiations à l'intérieur des satellites et dans l'espace à l'altitude du vol. La dépendance de cette radiation vis-à-vis de l'activité solaire et des perturbations géomagnétiques a été étudiée. On a pu ainsi préciser la nature des rayonnements pénétrants enregistrés. La répartition et l'intensité des particules chargées au-dessus de l'Atlantique Sud et du littoral brésilien, zones d'anomalies du champ magnétique, ont fait l'objet d'observations spéciales.

Le « vent solaire »

Les flux d'électrons et d'ions à faible énergie, dits particules géo-actives, présentent un très grand intérêt pour les géophysiciens, car ils peuvent servir de source d'énergie pour divers processus se déroulant dans les hautes couches de l'atmosphère.

Les études effectuées sur les satellites de la série Cosmos ont permis de découvrir les particules les plus molles, des électrons d'une énergie de quelques dizaines d'eV qui se forment lors de l'ionisation de la haute atmosphère par le rayonnement ultraviolet du Soleil.

La répartition de ces électrons et d'autres, ayant une plus grande énergie, par rapport aux lignes de force magnétiques, et leurs variations permettent de supposer l'existence dans les hautes couches de l'atmosphère de champs électriques qui exercent une grande influence sur les processus dynamiques de la magnétosphère de la Terre et sur l'interaction de la magnétosphère avec le « vent solaire », c'est-à-dire les flux de plasma, qui y « souffle » constamment.

Les rayons cosmiques

Les mesures régulières du fond des rayons cosmiques primaires et de leur intensité ont permis de dégager certaines lois concernant les phénomènes solaires et géophysiques, de définir la position de l'équateur des rayons cosmiques, ce qui rend plus compréhensible le caractère du champ géomagnétique à un grand éloignement du globe, permet d'obtenir des informations sur la nature des particules à hautes énergies et les processus se déroulant dans l'espace interplanétaire, en particulier sur la modulation du rayonnement cosmique par les champs magnétiques qui se répandent avec les flux de plasma émis par le Soleil.

Les mystères de l'ionosphère

Les satellites de la série Cosmos ont poursuivi l'étude de l'ionosphère terrestre et des conditions de propagation des ondes radio. A cet effet, on a enregistré au sol les signaux radio diffusés par les émetteurs de bord Maïak.

L'étude de l'ionosphère était également menée à l'aide de divers types de capteurs de particules chargées. On a pu constater des modifications importantes dans la répartition verticale des particules chargées par comparaison à 1958, quand le Soleil était plus actif.

D'après le programme de levés magnétiques mondiaux, on a pu obtenir, grâce aux indications de magnétomètres protoniques, des données expérimentales sur la tension du champ magnétique à près de 300 kilomètres au-dessus de la surface terrestre. Plusieurs Cosmos étaient équipés d'appareils permettant d'étudier les rayonnements ultraviolet et infrarouge

réfléchis par la Terre, la répartition verticale de l'émission atmosphérique, etc. Les résultats de ces mesures rendent service aux géophysiciens et fournissent des indications précieuses pour la mise au point de satellites météorologiques, le rodage des systèmes d'orientation, etc.

D'après les données recueillies sur le ralentissement de plusieurs Cosmos par suite de la résistance aérodynamique, on a pu établir la répartition des densités atmosphériques et évaluer leurs variations dans la gamme d'altitudes allant de 170 à 300 km. On a pu, en particulier, établir les variations de densité de la haute atmosphère en fonction de l'activité solaire et de l'heure de la journée.

La réalisation par les satellites de la série Cosmos d'un ample programme de recherches marquait le passage des expériences isolées à une étude systématique de la matière qui environne le globe, à une analyse approfondie de divers phénomènes qui se déroulent dans cet immense laboratoire qu'est l'Espace.

Les quatre Electron

Le 30 janvier 1964, l'U.R.S.S. a lancé à l'aide d'une seule fusée porteuse un système de deux stations scientifiques, Électron-1 et Electron-2.

Ce système était destiné à effectuer des mesures simultanées et complexes, mesures indispensables pour une compréhension plus précise et plus profonde du dynamisme des processus se déroulant dans l'espace environnant la Terre. Les deux stations procédaient à l'étude simultanée des particules de la ceinture de radiations, mesuraient également d'autres paramètres physiques d'après un programme commun.

Le lancement simultané de deux satellites sur des orbites sensiblement différentes avait pu être réalisé grâce aux puissantes fusées porteuses et à l'application d'un système spécial de séparation d'Electron-1 du dernier étage de la fusée en pleine phase active.

Le 11 juillet 1964, un deuxième système cosmique Electron fut lancé. Les stations Electron-3 et Electron-4 étaient équipées d'appareils identiques à ceux d'Electron-1 et d'Electron-2. Le programme d'observations était similaire.

12 tonnes dans l'Espace

Le 16 juillet 1965, le lancement de la station Proton-1 marqua le début de recherches détaillées et foncièrement nouvelles sur les rayons cosmiques. La perfection de la nouvelle fusée porteuse pouvait être caractérisée par de nombreux indices, en particulier par celui de la puissance des propulseurs : plus de 60 millions de CV. Le poids de la charge utile satellisée était de 12,2 tonnes.

L'étude des propriétés des particules de très hautes énergies par Proton-1 permet de pénétrer dans la structure des particules élémentaires, de percer les mystères les plus profonds de l'infiniment petit. Ces études ont été poursuivies par les stations Proton-2 (novembre 1965) et Proton-3 (juin 1966).

L'HOMME PÉNÈTRE DANS LE COSMOS

Préparation à l'envol

Le premier vol humain fut précédé en U.R.S.S. par le lancement de cinq vaisseaux-spoutniks ayant pour objet, premièrement, la mise au point des systèmes assurant la sécurité, le contrôle du vol et la récupération de l'engin, et deuxièmement, l'étude des agents physiques de l'espace, y compris les doses d'irradiation pénétrantes, afin de recueillir les données indispensables pour la réalisation du vol humain.

La création de vaisseaux récupérables a permis non seulement d'effectuer des observations médico-biologiques à toutes les étapes du vol, mais aussi de procéder à des examens détaillés avant et après le vol des animaux-cobayes, d'analyser les conséquences éventuelles des vols spatiaux. Les deuxième, troisième, quatrième et cinquième lancements de vaisseaux satellites étaient précisément consacrés à ce genre d'expériences. Des observations étaient faites sur un grand nombre d'organismes vivants. Des organismes de divers degrés de complexité étaient placés dans les cabines des vaisseaux, depuis les microbes et les algues jusqu'aux chiens. On a pu dire des deuxième et troisième vaisseaux satellites que c'étaient des laboratoires volants.

Les expériences effectuées sur les quatrième et cinquième vaisseaux servaient déjà de préalables au vol de l'homme. Ces vaisseaux étaient placés sur des orbites identiques, destinées au vaisseau habité. La durée du vol était également celle prévue pour le premier vol humain.

Le bilan de ces expériences fut la ferme conviction que les vaisseaux cosmiques et leurs systèmes de survie garantissaient absolument non seulement la sécurité et la santé des animaux, mais aussi la sauvegarde de la vie, de la santé et de la capacité de travail de l'homme.

Il y a longtemps que l'on avait trouvé en U.R.S.S. une solution au problème du retour des fusées à l'aide desquelles on effectuait des sondages des hautes couches de l'atmosphère et des expériences biologiques. On sait également que les ogives factices des puissantes fusées essayées dès janvier 1960 pouvaient franchir les couches denses de l'atmosphère. Cela signifie que si le problème se posait d'effectuer non un vol orbital, mais un « saut de puce » d'après une trajectoire ballistique, l'événement aurait pu se produire avec un an d'avance. Mais il avait été reconnu rationnel d'envoyer le premier homme de l'Espace pour un vol orbital, car c'est précisément le placement sur l'orbite qui ouvre à l'homme la voie de l'Espace. La trajectoire ballistique ne représente pas un vol cosmique au vrai sens du mot et ne donne rien pour la solution des problèmes essentiels posés au premier cosmonaute.

Les essais de mise au point du vaisseau satellite Vostok et, notamment, les essais au sol ont garanti le succès absolu du premier vol humain effectué le 12 avril 1961.

Des milliers de citoyens soviétiques avaient, en véritables patriotes, demandés à être envoyés dans l'Espace. Les chercheurs devaient procéder à une sélection scientifiquement fondée des premiers cosmonautes parmi la masse des volontaires.

L'homme est soumis dans l'Espace à l'influence de toute sorte de facteurs spécifiques : accélérations, apesanteur, vibrations, etc. C'est également une terrible tension nerveuse et émotionnelle.

Le cosmonaute doit piloter son vaisseau, conserver sa capacité de travail, savoir s'orienter dans une ambiance difficile. Tout cela détermine les grandes exigences auxquelles doivent satisfaire l'état de santé du cosmonaute, ses aptitudes psychiques, le niveau de sa formation générale et professionnelle.

Après un examen clinico-physiologique méticuleux d'un grand nombre de candidats, on forma un groupe qui commença à s'entraîner d'après un programme spécial : stands et simulateurs imitant sur terre et dans des avions les conditions du vol cosmique. On étudia, à bord d'avions, les réactions de chacun des candidats en état d'apesanteur et les facteurs caractérisant le passage de l'impondérabilité aux surcharges. Les programmes d'entraînement spécial prévoyaient en outre des cours théoriques expliquant les objectifs du futur lancement.

C'est le pilote de chasse Youri Gagarine qui fut choisi pour prendre place dans la cabine du premier satellite habité.

Voyage autour du monde en 108 minutes

Vostok fut lancé du cosmodrome de Baïkonour (47° de latitude nord et 65° de longitude est). La durée du vol était de 108 minutes, l'altitude maximum, à l'apogée, de 327 km. L'atterrissage eut lieu dans les environs du village de Smélovka, district Ternovski, région de Saratov.

La fusée qui plaça Vostok-1 sur son orbite était dotée de six propulseurs d'une puissance totale au départ de 20 millions de CV. Le poids du vaisseau à l'envol, y compris le poids du cosmonaute, était de 4 725 kg.

Le premier vol spatial effectué par Youri Gagarine a permis de conclure que les vols spatiaux sont réalisables. L'homme peut supporter normalement les conditions du voyage cosmique, de la satellisation et du retour à la Terre. A l'état d'apesanteur, l'homme conserve intégralement sa capacité de travail.

Le vol a fourni des informations sur le fonctionnement des équipements de bord. La fusée porteuse et le vaisseau ont fait leurs preuves.

Suite d'exploits

Le succès de Youri Gagarine a permis de passer à la préparation d'un vol de plus longue durée, réalisé le 6 août 1961, date du départ de Guerman Titov à bord de Vostok-2.

Les structures et équipements de Vostok-2 étaient analogues à ceux de Vostok-1. Cependant, le vol de Titov était plus prolongé et son programme plus vaste. Un grand nombre d'observations astronomiques et géophysiques (météorologie et physique de l'atmosphère) ont pu être effectuées. Titov a filmé dans l'Espace ; les bandes qu'il a rapportées ont fourni aux météorologistes des renseignements précieux sur les couches nuageuses, sur les possibilités de procéder à des études météorologiques à l'aide de satellites artificiels.

Etant donné la durée du vol de Titov, des mesures avaient été prises pour la protection radiologique du cosmonaute. Un programme de relevés et d'observations de l'activité solaire avait été prévu et réalisé. Des mesures immédiates du rayonnement cosmique dans les hautes couches de l'atmosphère ont été effectuées.

Avant le lancement et pendant le vol, un réseau étendu d'observatoires astronomiques étudiait systématiquement le Soleil, utilisant des procédés spéciaux permettant de prévoir avec un haut degré de probabilité les périodes d'accroissement de l'activité solaire et des explosions sur le Soleil. Dans diverses régions de l'U.R.S.S., en particulier dans les latitudes polaires, des ballons-sondes étaient lancés, qui enregistraient directement le niveau de rayonnement cosmique dans les hautes couches de l'atmosphère. Les informations ainsi obtenues étaient immédiatement dépouillées et transmises aux responsables du vol.

Le rendez-vous cosmique

C'est le 11 août 1962 que fut réalisée l'étape suivante de la conquête de l'Espace : le lancement de Vostok-3 avec Andrian Nikolaïev à son bord et, 24 heures plus tard, celui de Vostok-4, le vaisseau de Pavel Popovitch.

Le deuxième engin fut placé pratiquement sur la même orbite que le premier et à proximité immédiate de son prédécesseur. Au moment de la satellisation de Vostok-4, la distance entre les deux vaisseaux était de 6,5 km. Cette réalisation prouve la précision du guidage de la fusée porteuse, l'automatisation poussée du matériel de lancement au sol et des moyens de poursuite des satellites.

Le programme scientifique était bien plus important que celui des vols précédents. Diverses fonctions physiologiques des cosmonautes furent étudiées. Des expériences de « natation libre » en cabine furent effectuées afin de vérifier les réactions de l'appareil vestibulaire et de contrôler l'aptitude à s'orienter.

De nombreux éléments biologiques se trouvaient dans les cabines (graines de blé, de pois, de pin, microspores de tradescantie, etc.) afin d'étudier l'influence du rayonnement cosmique. Les résultats obtenus ont montré la possibilité d'élucider à l'aide de tests génétiques les influences alternantes du vol sur les mécanismes d'hérédité de certains de ces échantillons.

Ainsi, Vostok-3 et Vostok-4 ont apporté la solution à toute une série de problèmes ardus : lancement avec une précision exceptionnelle de deux vaisseaux sur des orbites voisines, liaisons bilatérales dans l'espace, longue durée du vol, preuve de la capacité de travail du cosmonaute lors d'un séjour prolongé en apesanteur, analyse comparée des réactions de deux cosmonautes après un tel vol, atterrissage simultané, ou presque, des deux engins dans la région prévue.

La première femme de l'Espace

Le vol couplé suivant fut réalisé en 1963 par Valéri Bykovski à bord de Vostok-5 et par Valentina Téréchkova, la première et jusqu'à présent la seule femme à être allée dans l'Espace, à bord de Vostok-6. Le but de ce vol jumelé était de préciser davantage l'influence du vol cosmique et des conditions qui l'accompagnent sur l'organisme humain et sa capacité de travail, et en particulier sur l'organisme de la femme. On a pu en conclure que les effets de l'Espace sont supportables non seulement pour un organisme masculin bien entraîné, mais aussi pour l'organisme féminin.

Valéri Bykovski a séjourné cinq jours en apesanteur. Bien que ce record ait été dépassé par la suite, on peut affirmer que c'est précisément Bykovski qui a prouvé l'innocuité d'un long séjour dans l'Espace. En effet, les quatrième et cinquième jours sont caractérisés par l'apparition d'un équilibre stable des réactions de l'organisme adapté aux conditions nouvelles. La période d'acclimatation physiologique s'achève. Le développement ultérieur des phénomènes de compensation doit aboutir à une adaptation stable aux conditions de l'apesanteur. Le danger se maintient de l'apparition de phéno-

mènes pathologiques lors des vols d'une durée bien plus prolongée, car des modifications risquent de se multiplier au niveau de divers organes et appareils de l'organisme. C'est un problème qu'il faut encore soigneusement étudier.

Comme au cours des vols précédents, on perfectionna les procédés de contrôle médical. Soulignons l'importance des contrôles télémétriques des principales fonctions physiologiques du cosmonaute (circulation sanguine, respiration), ainsi que des paramètres hygiéniques de la cabine.

Un vaste programme d'observations et prises de vues a été réalisé en cours de vol. Bykovski a procédé à des expériences biologiques à bord de son vaisseau. Cela a permis de dégager l'influence de divers facteurs (montée, descente, apesanteur et radiations) sur les microspores de tradescantie et de formuler l'hypothèse que les principales modifications des chromosomes s'expliquent par l'action des surcharges et des vibrations, tandis que les troubles de la mitose cellulaire seraient dus à l'apesanteur. Les graines de nombreuses plantes ont également fait l'objet de diverses expériences en cours de vol.

Le « trio » spatial

Les possibilités de recherches spatiales se sont de beaucoup élargies grâce à la mise au point par les constructeurs soviétiques d'un vaisseau multiplace et au succès du vol des cosmonautes V. Komarov, B. Egorov et K. Féoktistov.

Il faut considérer le vol de Voskhod comme le prototype des futures expéditions spatiales dont les équipages comprendront des chercheurs. La présence d'un chercheur à bord de Voskhod a permis d'inclure au programme de nouvelles expériences et observations, notamment l'observation de l'horizon effectuée au profit des géophysiciens, ainsi que pour faciliter l'orientation lors des vols orbitaux et interplanétaires à venir quand il faudra choisir la Terre comme « corps de référence » pour les mesures de navigation. Le ciel étoilé, les aurores boréales et des particules luminescentes ont également été observé à cette fin. Des liquides en état d'apesanteur ont été étudiés.

La présence d'un médecin soulignait la nécessité de contrôler l'état des cosmonautes et de procéder à des recherches médicales lors d'un vol spatial de longue durée. De ce point de vue, le programme comprenait l'étude de l'état fonctionnel de l'appareil cardio-vasculaire, du système nerveux central, des analyseurs nerveux, l'étude de la respiration extérieure, des échanges gazeux et des dépenses d'énergie dans les conditions de l'apesanteur.

Le vaisseau multiplace Voskhod a été mis sur une orbite plus haute que celles de Vostok. Les cosmonautes étaient sans scaphandres. Pour augmenter la sécurité de l'atterrissage, Voskhod était doté de deux blocs de rétrofusées.

Son vol marqua le début d'une nouvelle étape dans l'exploration de l'Univers. La création de vaisseaux multiplaces permettra d'envoyer dans l'Espace des astronomes, des physiciens, des biologistes, des médecins, des ingénieurs, de mener des recherches systématiques et variées.

Premiers pas dans l'Espace

Le lancement de Voskhod-2 a révolutionné la recherche spatiale. Au cours de ce vol, le cosmonaute Alexéi Léonov a pour la première fois quitté le bord par un sas à vide et a séjourné pendant 10 minutes dans l'Espace protégé seulement par le revêtement de son scaphandre équipé d'un système autonome de survie. Cet exploit a la même portée que le lancement du premier satellite ou le premier vol humain. Pour mener à bien les multiples opérations nécessitées par la conquête de l'Espace, l'homme doit pouvoir travailler en dehors du vaisseau cosmique. En effet, il faudra sans aucun doute que les cosmonautes puissent passer d'un vaisseau à l'autre, réparer le vaisseau en vol, etc.

Le vol de Pavel Béliaïev et Alexéi Léonov a montré qu'en se servant d'un scaphandre équipé d'un système de survie le cosmonaute peut quitter le vaisseau, se déplacer librement dans l'Espace et effectuer divers travaux. Ce vol est également caractérisé par l'utilisation des commandes manuelles lors du retour à la Terre. Le chef de bord Pavel Bélaïev a brillamment effectué les manœuvres d'atterrissage.

Revenant aux premières étapes des vols cosmiques, il faut dire qu'un vol orbital a été réalisé aux Etats-Unis à peu près un an après le vol de Gagarine. Progressivement, la durée des vols augmentait, le programme devenait de plus en plus compliqué. Après le rodage du vaisseau Gemini, la sortie dans l'Espace a été répétée, le rendez-vous cosmique réalisé, la durée des vols portée à deux semaines.

Pendant le second semestre de 1965, l'altitude maximum atteinte par les vaisseaux pilotés américains a été de 346 km. Disposant de fusées porteuses moins puissantes que celles de l'U.R.S.S., les Etats-Unis étaient extrêmement limités dans le poids de leurs vaisseaux cosmiques. Ainsi, pour le programme Mercury, le poids des satellites était de 1,3 tonne, pour le programme Gemini, il était de 3,2 tonnes, tandis que les vaisseaux Vostok et Voskhod pesaient respectivement 4,7 et 5,3 tonnes.

Cosmos-110 sur l'orbite

Chaque cosmonaute soviétique accomplissait une mission nouvelle, principe qui a rendu possible la solution rapide de toute une série de questions essentielles concernant le séjour de l'homme dans le Cosmos.

Des séjours encore plus prolongés dans l'Espace sont prévus. Les pilotes et les hommes d'équipage devront activement travailler dans les cabines et « dehors ». Des expériences nouvelles et délicates sur terre et dans l'Espace sont indispensables pour savoir si le cosmonaute possède les qualités qu'on lui demande. Ces problèmes ne peuvent être résolus par simple enregistrement des réactions qui surviennent en cours de vol. Il devient de plus en plus évident qu'il est nécessaire d'étudier les mécanismes d'adaptation de l'organisme aux conditions nouvelles qui se créent aux diverses étapes du vol, d'effectuer une analyse quantitative précise des phénomènes biologiques déterminés par les facteurs cosmiques.

L'expérience biologique à laquelle on procéda sur Cosmos-110 devait inaugurer une sorte de « new look » dans l'étude des réactions de l'organisme aux conditions du vol. On chercha à évaluer sur l'animal les réactions et la régulation nerveuse de l'appareil cardio-vasculaire en cours de vol. Il faut souligner que l'orbite de Cosmos-110 passait par la ceinture de radiations intérieure, ce qui augmentait encore les effets exercés sur les éléments vivants. La sensibilité à la radio-activité de diverses souches de levures, de la chlorelle, des bactéries lysigènes, du sérum sanguin a été étudiée, ainsi que l'efficacité des moyens de protection radiologique.

La croisière de Cosmos-110 a duré près de 22 jours. Les chiens Vétérok et Ougolek ont effectué 330 révolutions autour de la Terre. La réalisation du vaste programme de Cosmos-110 a fourni des données dont la valeur est d'autant plus grande que l'homme subit maintenant plus longtemps l'influence de l'apesanteur et des radiations. Si naguère le séjour dans l'Espace ne dépassait pas plusieurs journées, il s'évalue maintenant en semaines et sera plus long encore dans les stations orbitales de l'avenir. Pour se rendre sur les planètes du système solaire, les cosmonautes devront passer des mois et des années à bord de leurs vaisseaux.

FUSÉES VERS LA LUNE

La Lune, corps céleste le plus proche de nous, a commencé à être étudiée à l'aide d'engins cosmiques peu après le lancement du premier satellite. Vers le milieu de 1966, 10 stations automatiques se trouvaient sur la Lune, dont une sur la face invisible. Cinq stations avaient été lancées par l'Union Soviétique, cinq autres, par les Etats-Unis.

Une nouvelle planète

L'histoire de l'exploration de la Lune par les Soviétiques est riche en réalisations inédites. L'U.R.S.S. a commencé ses tirs lunaires le 2 janvier 1959. Pour la première fois, une fusée a atteint la vitesse de libération ; la station automatique Luna-1 pesant 361,3 kg a passé, après 34 heures de vol, à une distance de près de 6 000 km de la Lune et est devenue le premier satellite artificiel du Soleil.

L'emblème soviétique près du cratère d'Archimède

Luna-2 a été lancée le 12 septembre 1959. Le 14 septembre, à 0 h 2 (heure de Moscou), cette station pesant 390 kg a fait atterrir sur la Lune un emblème sphérique et un emblème en forme de ruban aux armoiries de l'Union Soviétique. L'alunissage a eu lieu non loin du cratère d'Archimède. Malgré la brutalité de l'alunissage (vitesse de chute 3 m/sec), les emblèmes sont restés intacts grâce à des mesures de protection spéciales.

A l'aide des magnétomètres installés à bord de la station, des mesures magnétiques ont été prises jusqu'à une altitude de 55 km au-dessus de la Lune. Il s'est avéré que la Lune n'a pas de champ magnétique détectable (erreur probable du magnétomètre : 60 gammas).

Il a été également établi que notre satellite naturel n'a pas de ceintures de radiations, résultat qui confirme les observations précédentes, et qu'il possède une couche ionisée extrêmement raréfiée. Il serait plus exacte de dire qu'à proximité de la Lune la concentration en particules ionisées augmente légèrement par rapport au milieu interplanétaire.

La mappemonde lunaire est dressée

Vingt jours plus tard, la troisième station interplanétaire automatique prenait son envol avec mission de contourner la Lune et de photographier la face inverse de notre satellite. Les clichés devaient être transmis à Terre. Luna-3 passa à 6 100 km de la Lune, exécuta son programme et se transforma en satellite de la Terre. Ces photos de la face invisible de la Lune, transmises par phototélévision, ont été d'une valeur inappréciable pour la science.

En direct de l'océan des Tempêtes

La réalisation d'un atterrissage en douceur sur la Lune, nouvelle étape dans l'étude de notre satellite, demandait l'essai et le rodage de nombreux systèmes. Une fusée porteuse multiple a été mise au point à cet effet.

Les périples cosmiques des trois premières stations automatiques étaient réalisés immédiatement à partir de la Terre, par mise en vitesse progressive et vol par inertie jusqu'à l'objectif. Les vols d'autres stations allaient s'effectuer d'après un schéma plus compliqué : placement sur une orbite terrestre, départ de cette orbite au moment voulu et mise en vitesse de libération, correction de la trajectoire à proximité de la Lune, ralentissement par rétrofusées et alunissage en douceur.

La complexité de cette tâche demandait une laborieuse préparation, étape par étape, grâce à laquelle la station Luna-9 pesant 1 583 kg, envoyée le 31 janvier 1966, a aluni en douceur, le 3 février, dans la partie est de l'océan des Tempêtes, entre les cratères Galilée et Cavalerius.

Pendant les trois jours qui suivirent, la station transmettait sur Terre des clichés télévisés de la surface lunaire et diverses informations télémétriques.

Cette expérience a détruit l'hypothèse de l'existence sur la Lune d'un revêtement plus ou moins épais de poussière. La crainte que la station s'enlise dans une couche de poussière ne se justifia pas. A l'endroit de l'alunissage, le sol lunaire s'est trouvé être suffisamment ferme, mamelonné, couvert de pierres éparses et de cratères de diverses dimensions, des plus petits jusqu'aux assez grands.

Les résultats obtenus par Luna-9 quant au niveau de radiations à la surface présentent un grand intérêt. Les dosimètres ont décelé un fond dû probablement aux réactions nucléaires provoquées dans les roches lunaires sous l'effet du rayonnement cosmique. Cependant, l'intensité générale du rayonnement ionisant superficiel de la Lune est directement déterminée par les rayons cosmiques.

Satellite « au deuxième degré »

Le lancement de la station Luna-10, satellisée autour de la Lune le 3 avril 1966, a également été une réalisation dont la priorité appartient à l'Union Soviétique. Cette expérience a marqué le début d'une nouvelle étape dans l'étude de la Lune et de l'espace circumlunaire.

La fusée, lancée le 31 mars 1966, a d'abord placé Luna-10 sur une orbite terrestre de 250 km d'apogée et de 200 km de périgée. Puis la vitesse de la station a été portée à 10,87 km/sec. Après deux mises à feu des propulseurs au carburant liquide destinés à corriger la trajectoire et à ralentir l'engin lors du placement sur une orbite sélénocentrique, la station a été séparée du système vecteur. Le poids de la station était de 245 kg, sans compter le poids de son véhicule qui est resté sur la même orbite avec une période de révolution de 2 h 58 min 15 sec. L'altitude maximale au-dessus de la Lune était de 1 017 km, l'altitude minimale de 350 km, l'angle d'inclinaison de l'orbite du satellite par rapport au plan de l'équateur lunaire, de 71°54′.

Luna-10 était équipée d'appareils destinés à étudier les météorites, la ra-

diation, les rayonnements infrarouge et gamma sur la surface lunaire, le champ magnétique de la Lune, le plasma solaire dans l'espace circumlunaire. Le champ de gravitation de notre astre nocturne a également été étudié.

Pendant les travaux du XXIII[e] Congrès du Parti communiste de l'Union Soviétique, Luna-10 a transmis l'air de l'Internationale, hymne du parti.

Faits,
conclusions,
hypothèses

Les Etats-Unis firent en 1958 quatre tentatives de tir sur la Lune, mais c'est seulement le 3 mars 1959 que l'appareil spatial Pioneer-4, pesant 6 kg, se vit conférer la vitesse de libération, passa à 59 000 km de la Lune et se retrouva sur une orbite héliocentrique. Le 26 janvier 1962, Ranger-3, pesant 330 kg et équipé pour photographier la Lune de près, manqua sa cible et passa à 36 300 km de la Lune sans pouvoir exécuter son programme. Il devint satellite du Soleil. Ranger-4, pesant le même poids, lancé le 23 avril 1962, dévia également et tomba sur la face inverse de la Lune sans avoir rempli sa mission. Le 18 octobre 1962, les Etats-Unis lancèrent Ranger-5 (342 kg) qui survola la Lune à 725 km d'altitude, échoua dans sa mission et vint augmenter le nombre des satellites du Soleil. Le 30 janvier 1964 fut lancé Ranger-6 pesant 365 kg. Il atteignit enfin la Lune dans la région de la mer de la Tranquillité. A proximité de la cible, l'appareil de phototélévision tomba en panne et les clichés ne parvinrent pas à Terre.

Tous ces efforts furent, en fin de compte, couronnés de succès et les trois appareils de cette série lancés par la suite firent parvenir de nombreux clichés de trois régions de la face visible. Il s'agit de Ranger-7 (31 juillet 1964), Ranger-8 (20 février 1965) et de Ranger-9. Les clichés étaient réussis. Les détails que l'on peut y discerner sont de près de 1 000 fois plus petits que ceux que l'on aperçoit dans les meilleurs téléscopes.

Il faut toutefois préciser, à titre de comparaison, que les clichés obtenus par Luna-9 donnent des détails 1 000 fois moindres que ceux des Ranger. En effet, le pouvoir de résolution des téléscopes, lors de la photographie de la surface lunaire, est de près de 1 km, celui des appareils des Ranger, de près de 1 m. Sur les clichés de Luna-9, on discerne des objets de 1 à 2 mm. Il est naturel que les photos transmises par Ranger n'ont pu, malgré leur incontestable valeur scientifique, répondre à la question qui préoccupe tous les chercheurs : quelles sont la nature du sol lunaire et les possibilités d'alunissage de stations automatiques ?

En faisant le bilan des études de la Lune effectuées à l'aide d'appareils spatiaux, il faut dire que les efforts appliqués ont enrichi la science de résultats importants. Il est difficile de surestimer la portée du premier atterrissage en douceur, celui de la station soviétique Luna-9.

L'économie de carburant est un aspect vital des vols interplanétaires. Les propulseurs à plasma semblent particulièrement prometteurs de ce point de vue. Ces moteurs furent pour la première fois mis à l'essai dans les conditions du Cosmos lors du vol de la station automatique Zond-2 dont les systèmes d'orientation étaient actionnés par des moteurs à plasma.

Le 18 juillet 1965 fut lancée la station automatique Zond-3. L'objectif essentiel de ce lancement consistait à vérifier les appareils de bord dans les conditions d'un vol de longue durée et

à procéder à des observations scientifiques (champ magnétique interplanétaire, rayons cosmiques, plasma interplanétaire, émissions cosmiques de grande longueur d'ondes, micrométéorites). En même temps, l'engin photographia une région inconnue de la face invisible de la Lune, les spectres de la surface lunaire dans diverses gammes de fréquences. Les photos furent prises d'une altitude variant de 9 220 à 11 570 km. Trente-trois heures après le départ, toutes les régions de la Lune non photographiées par Luna-3 en 1959 furent prises en cliché. En une heure et huit minutes, le nombre des photos atteignit 25. Le bloc phototélévision transmit à Terre des images de très bonne qualité, riches en détails (1 100 lignes, 860 points par ligne). Rappelons que, lors de la transmission des photos de la planète Mars par la station Mariner-4, chaque image consistait en 200 lignes, avec 200 points par ligne. L'appareil Ranger émettait des clichés de 800 lignes, avec 800 points par ligne.

Pratiquement, la totalité de la surface lunaire est désormais connue. Sur les 19 millions de kilomètres carrés de la face invisible, il ne reste à photographier que 1,5 million. Les particularités du relief de la face invisible de la Lune, telles qu'on les supposait en 1959, se sont confirmées. Il s'agit principalement d'un relief continental avec de vastes dépressions et de nombreux cratères de dimensions très différentes. De nouvelles formations ont été découvertes, inexistantes sur la face visible, à savoir de nombreuses chaînes de petits cratères de plusieurs centaines de kilomètres de longueur, ainsi que des formations dites thalassiques.

Des plaines nommées « mers » s'attribuent moins de 10% de la face invisible, alors qu'elles occupent 40% de l'hémisphère visible de la Lune.

LES FUSÉES EXPLORENT LE SYSTÈME SOLAIRE

Les vols des stations automatiques interplanétaires des séries Vénéra et Mars, le lancement sur des orbites héliocentriques des engins Zond et les vols des stations américaines Mariner attestent que l'étude directe des planètes du système solaire a commencé.

C'est en février 1961 qu'eut lieu la première croisière interplanétaire : du bord d'un satellite lourd soviétique a été lancée la station Vénéra-1 portant un emblème sphérique de l'U.R.S.S. d'un diamètre de 70 mm. Mais le 27 février 1961, les contacts radio avec cette station devinrent impossibles. On ne put procéder à une correction de la trajectoire et la station passa à côté de Vénus pour devenir un satellite du Soleil.

La station Vénéra-2 (963 kg), lancée le 12 novembre 1965, devait faire le tour de Vénus. Après placement sur trajectoire interplanétaire, son orbite réelle différait si peu de la trajectoire calculée qu'il fut décidé de ne pas procéder à la correction de la route et de ne pas mettre en marche le bloc de fusées à carburant liquide dont Vénéra-2 était équipé. Le 27 février 1966, la station passa à 24 000 kilomètres de la planète.

L'emblème soviétique
sur Vénus

La station Vénéra-3, lancée le 16 novembre 1965, devait effectuer le largage d'un appareil sphérique de 900 mm de diamètre, revêtu d'une couche de protection thermique afin d'éviter sa destruction lors du freinage dans l'atmosphère de Vénus. Le 26 décembre 1965, quand la station était à 12,9 millions

de km de la Terre, on procéda avec une précision exceptionnelle à la correction de la vitesse du vol.

Après un vol de trois mois et demi, le 1 mars 1966, à 9 h 56 (heure de Moscou), la station atteignit Vénus, déposant sur sa surface l'emblème aux armoiries de l'Union Soviétique. Vénus est devenue le deuxième corps céleste après la Lune sur lequel s'est posé un appareil cosmique, œuvre du génie humain.

Vénéra-2 procéda à 26 séances de liaison, Vénéra-3 émit 63 fois. Des informations télémétriques furent transmises à Terre, qui portaient sur le fonctionnement des systèmes de bord et la trajectoire du vol. La Terre transmit des commandes et reçut les indications des appareils scientifiques de bord.

Le lancement de ces stations avait pour but de mettre au point l'envol à partir d'une orbite terrestre, le placement d'engins automatiques interplanétaires sur leur trajectoire, les liaisons radio à grande distance, ainsi que l'étude de l'espace entre la Terre et Vénus et l'exploration de cette planète.

Ces expériences ont permis de mener à bien une grande partie de ces missions, d'atteindre pour la première fois la surface de Vénus.

Les Etats-Unis réalisèrent un vol vers Vénus avec Mariner-2 qui, le 14 décembre 1962, passa à 34 500 kilomètres de sa cible et transmit à Terre des informations d'une grande valeur. Mariner-4, lancé le 28 novembre 1964, passa, le 14 juillet 1965, à 10 000 kilomètres de la surface de Mars et transmit à Terre des clichés uniques de ce corps céleste, ainsi que des résultats d'observations qui changèrent nos conceptions sur Mars. Le poids de la station était de 258 kg.

Contacts radar avec Vénus

Quand il s'agit de l'étude des planètes, on ne saurait omettre de parler des observations radar de la planète Vénus effectuées en U.R.S.S. Ces expériences fournirent des informations sur la planète elle-même, ainsi que sur le système solaire dans son ensemble. La portée scientifique de ces observations est très grande, car, bien que Vénus soit la planète la plus proche de la Terre et le corps céleste le plus brillant après le Soleil et la Lune, nos connaissances sur elle sont très limitées. La difficulté réside dans l'épaisse couche de nuages qui enveloppe cette planète. Les astronomes sont dans l'impossibilité d'observer la surface de Vénus. Ils ne peuvent donc, en suivant le mouvement de tel ou autre secteur de sa surface, déterminer sa période de rotation. Cette question en entraîne une autre : quel est l'angle d'inclinaison de l'axe de Vénus par rapport au plan de son orbite ?

Toutes les tentatives d'établir la vitesse de rotation de Vénus restaient vaines.

Les procédés radar ont offert des possibilités absolument nouvelles. Il est facile de déterminer avec une grande précision la distance qui nous sépare de Vénus en enregistrant le temps que met le signal radar à la parcourir dans les deux sens. Le degré de différenciation du signal renvoyé par divers bords de la planète (différenciation due au déplacement de Doppler) permet d'établir la vitesse de rotation.

C'est en 1958 aux Etats-Unis et en 1959 en Grande-Bretagne que l'on essaya pour la première fois de mesurer la distance jusqu'à Vénus par procédé radar. Ces expériences ont été faites quand Vénus se trouvait le plus près possible de la Terre. Cependant, à cause de la faiblesse du signal, les résultats obtenus manquaient de précision. Il était techniquement impossible de déceler les modifications de fréquence dues à la rotation de la planète.

Grâce à des émetteurs puissants, de grandes antennes et des récepteurs sensibles, les expériences soviétiques ont donné la possibilité d'enregistrer d'une manière sûre les ondes réfléchies par Vénus. Au point d'impact sur Vénus, la puissance des ondes atteignait 15 watts.

On a donc pu mesurer, avec une grande précision, la distance de la Terre à Vénus et déterminer ainsi la période de sa rotation. Cette période est égale à 11 jours (à condition que l'axe de rotation de Vénus soit perpendiculaire à l'axe Terre-Vénus et que toutes les parties de la surface de Vénus reflètent les ondes radio). En prenant d'autres données de départ, la période de rotation serait un peu plus courte.

La distance jusqu'à Vénus, établie par procédé radar au moment de l'expérience, a permis de préciser la distance entre la Terre et le Soleil, c'est-à-dire l'unité astronomique.

D'après les observations radar soviétiques, la valeur de l'unité astronomique est de 149 457 000 kilomètres, l'erreur possible ne dépassant pas 5 000 kilomètres.

Cette nouvelle valeur précise de l'unité astronomique rend bien plus sûrs les calculs de trajectoires pour les fusées interplanétaires.

Sondage de Mars

Dans la première quinzaine de février 1963, les astronomes soviétiques ont procédé à une étude radar de la planète Mars. L'expérience a été entreprise à une époque d'opposition de Mars, c'est-à-dire quand le Soleil, la Terre et Mars se trouvaient disposés presque sur une même ligne. Lors des oppositions qui se répètent tous les 26 mois en moyenne, Mars s'approche de la Terre jusqu'à une distance variant entre 55 et 101 millions de kilomètres. L'opposition de 1963 n'était pas favorable à l'expérience, car la planète était éloignée de 100-101 millions de kilomètres. Le signal radar a mis plus de 11 minutes à franchir cette distance.

L'exploration a été effectuée sur une fréquence de 700 mégacycles par seconde. Le signal réfléchi avait un spectre d'une largeur ne dépassant pas 4 hertz. La largeur intégrale du spectre du signal réfléchi pouvait atteindre 2 200 hertz pour Mars (d'après les observations astronomiques, la période de rotation de cette planète est de 24 heures 37 minutes). Un spectre à bande étroite obtenu d'une planète à rotation rapide témoigne qu'il existe sur Mars des zones suffisamment planes d'une superficie de plusieurs kilomètres carrés et plus.

Les contacts radar avec Mars ont donné la possibilité de vérifier la valeur de l'unité astronomique, mesure de base du système solaire. Les résultats confirment ceux qui ont été obtenus lors des études radar de Vénus et de Mercure.

Cette expérience effectuée à une distance de plus de 100 millions de kilomètres, l'obtention de nouvelles données sur cette planète sont une contribution importante de la science soviétique à l'étude de l'espace cosmique et des planètes du système solaire.

L'ESPACE AU SERVICE DE L'HOMME

Le développement des techniques spatiales a permis d'utiliser les satellites non seulement à des fins de recherches

théoriques, mais aussi pour mener à bien diverses missions ayant une importance vitale pour l'économie nationale.

Il s'agit en particulier des satellites de communication. Après mise au point de divers éléments de liaisons par satellite, l'U.R.S.S. a lancé, le 23 avril 1965, le spoutnik relais Molnia-1 capable de transmettre des programmes de T.V., une grande quantité de communications téléphoniques, des images, des messages télégraphiques.

Une ligne de communication entre Moscou et l'Extrême-Orient a pu être mise en exploitation grâce à Molnia-1. Deux autres satellites du même type ont été lancés par la suite.

Grâce au système français SECAM, on a procédé à une expérience franco-soviétique d'échange de programmes en couleurs entre Moscou et Paris.

Des satellites de communication ont également été lancés par les Etats-Unis. En 1962, le satellite Telstar-1 a pour la première fois transmis un programme télévisé à travers l'Atlantique.

Une grande attention est accordée aux observations météorologiques à partir de satellites, ainsi qu'à la création d'un système planétaire de satellites météorologiques. Mentionnons les satellites américains Tiros et Nimbus, le satellite soviétique Cosmos-122. A l'aide de ces appareils, il est possible non seulement de perfectionner les méthodes d'observation météorologique, mais aussi d'obtenir des renseignements utilisables. Cela se rapporte surtout au sondage des systèmes nuageux par T.V. et à la mesure du rayonnement dans la région infrarouge. Ces données permettent de prévoir les ouragans et les typhons. Elles permettent d'apprécier les phénomènes météorologiques caractérisés par l'aspect et la répartition des nuages, les champs de glace, la température des couches sous-jacentes, les limites supérieures de la nébulosité. Les informations météorologiques courantes sont échangées entre les pays. L'étude de la répartition verticale des températures et la localisation par procédés radar des zones de précipitations sont des problèmes urgents qui attendent leur solution. Il faut espérer que le jour est proche où sera mis en place un système de satellites météorologiques.

LES NOUVELLES PUISSANCES COSMIQUES

La France est devenue la troisième puissance spatiale en lançant un satellite à l'aide d'une fusée de fabrication nationale.

Le chercheur français R. Esnault-Pelterie avait fait un grand apport à la théorie de l'astronautique. En 1913, il fit publier une communication intitulée « Considérations sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs ». En 1928, 1930 et 1935, il publia des ouvrages devenus classiques et portant sur un large cercle de problèmes des vols interplanétaires. Le livre de Maurice Roy, actuellement président du COSPAR (Committee on Space Research), sur l'action utile et les conditions d'application des fusées, publié en 1930, fut une contribution inestimable à la science. Il serait impossible d'énumérer tous les chercheurs français ayant contribué au développement de la technique des fusées. Leur effort a abouti au lancement en 1965-1966 de trois satellites français.

Le premier d'entre eux, A-1, fut lancé le 26 novembre 1965 du terrain de Hammaguir (Algérie) à l'aide d'une fusée porteuse à trois étages Diamant. Le deuxième, Fr-1, fut placé sur orbite le 6 décembre à l'aide d'une fusée américaine Scout. Le 17 février 1966, une fusée Diamant servit de vecteur au troisième satellite français, le D-1-A.

Des chercheurs français travaillent à la mise au point de lanceurs plus puissants. En Guyane Française, à 5,3° de latitude nord, un cosmodrome a été mis en chantier. L'emplacement choisi facilite le lancement de satellites sur des orbites équatoriales.

Le Japon produit des fusées pouvant lancer des engins spatiaux. Ce pays procède à des études systématiques par fusées des hautes couches de l'atmosphère, des rayons cosmiques, etc. Des données amplement suffisantes pour la poursuite de ces expériences ont été accumulées, ainsi que pour l'établissement de projets d'avenir. Les chercheurs japonais se préparent à lancer, au moyen d'une fusée à 4 étages Mu-4, un satellite équipé d'appareils scientifiques et étudient la possibilité d'utiliser ce véhicule pour lancer des engins spatiaux vers Mars et Vénus, et mettre en place des systèmes de satellites de communication et de navigation.

Dans l'avenir, la Grande-Bretagne, l'Organisation européenne des recherches spatiales, puis des pays non européens comme le Mexique, la R.A.U., le Brésil feront leur apport aux études du Cosmos.

LE SIXIÈME OCÉAN EST UNE AIRE DE COOPÉRATION

« Que le sixième Océan, l'océan cosmique, devienne une aire de coopération internationale entre les Etats », tel est l'appel lancé à tous les peuples par Alexéi Kossyguine, chef du gouvernement soviétique.

L'Union Soviétique estime que ses réalisations spatiales sont le patrimoine de toute l'humanité et se prononce en conséquence pour l'établissement et le développement d'une large coopération avec les autres pays dans ce domaine.

La coopération spatiale internationale prend aujourd'hui des formes nombreuses et variées. Il existe des organismes internationaux spécialement créés à cette fin, des accords bilatéraux et multilatéraux ont été conclus, congrès et conférences scientifiques sont convoqués, des ouvrages spécialisés sont échangés. Les chercheurs soviétiques veulent utiliser toutes les formes et possibilités de coopération internationale pour renforcer leurs liens avec leurs confrères étrangers.

Une amitié étroite lie les savants soviétiques aux chercheurs de la Bulgarie, de la Hongrie, de la R.D.A., de Cuba, de la Mongolie, de la Pologne, de la Roumanie, de la Tchécoslovaquie et d'autres pays socialistes.

C'est déjà fin 1957 qu'ont commencé les travaux conjoints de ces pays en ce qui concerne l'observation visuelle et photographique des satellites, immédiatement après le lancement du premier spoutnik. Chacun des pays collaborants a contribué pour beaucoup à ces observations, à la solution d'importants problèmes géophysiques et géodésiques.

L'expérience accumulée a permis, à partir de 1962, de passer à une collaboration multilatérale dans l'observation des satellites. Des programmes de recherches plus amples ont pu être mis en œuvre, programmes nécessitant les efforts d'observateurs de nombreux pays. Outre les savants des pays socialistes, les chercheurs des Pays-Bas, de la Grèce, de l'Italie, de la Finlande, de la R.F.A., de la Suède et d'autres pays participent à ces travaux.

Grâce aux efforts de plusieurs nations, on a pu procéder à des prises de photographies simultanées à des fins

géodésiques, ainsi qu'à la poursuite des satellites volant à basse altitude afin d'étudier les modifications rapides dans la densité de l'atmosphère. Près de 20 pays font régulièrement parvenir au Conseil astronomique de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. les résultats des observations visuelles des engins spatiaux.

A partir de 1963 est publié un bulletin intitulé « Les résultats d'observations des satellites artificiels soviétiques » où paraissent les comptes rendus et les articles sur les sujets les plus intéressants. Les savants qui prennent part à ces travaux collectifs se réunissent annuellement en conférences, organisées tour à tour dans divers pays. Une Commission de recherche par observation des satellites artificiels de la Terre se réunit également d'une manière régulière.

En 1965, on a organisé à Tachkent une Ecole pour les jeunes observateurs des satellites artificiels. Quarante étudiants venus de 8 pays socialistes ont suivi les cours de cette Ecole.

La coopération des pays socialistes dans les activités spatiales s'élargit sans cesse. Les programmes des travaux de physique spatiale, de météorologie et de télécommunications cosmiques, de biologie et médecine cosmiques sont discutés en commun, compte tenu des possibilités et des ressources dont disposent les pays. On envisage également d'entreprendre en commun la mise au point et le lancement de satellites, ainsi que la construction de divers matériels. Réunis à Moscou en novembre 1965, les représentants des pays socialistes ont examiné ces questions.

La coopération de l'U.R.S.S. avec les autres pays se développe également avec succès. A partir de novembre 1965, des échanges expérimentaux de programmes télévisés en couleurs sont effectués entre Moscou et Paris à l'aide du satellite soviétique Molnia-1. Ces expériences confirment la possibilité d'un échange régulier de programmes en couleurs et en noir et blanc. En juin 1966, pendant la visite en U.R.S.S. du président de Gaulle, 13 séances de communications télévisées ont eu lieu entre les deux pays.

Voilà plusieurs années que les chercheurs soviétiques et français étudient l'ensemble des phénomènes électromagnétiques dans les points magnétiquement conjugués du globe. Les Soviétiques ont travaillé dans l'île de Kerguélen (océan Indien) et leurs confrères français, dans le village de Sogra, région d'Arkhangelsk.

La conclusion, en juin 1966, à Moscou, d'un Accord de coopération pour l'étude et l'exploration de l'Espace à des fins pacifiques ouvre de brillantes perspectives à la coopération franco-soviétique.

L'Accord prévoit la coopération dans des domaines comme l'exploration de l'Espace, y compris, en principe, le lancement d'un satellite français par une fusée soviétique, la météorologie cosmique, l'étude des communications spatiales à l'aide de satellites. On prévoit également projets et travaux expérimentaux communs, notamment en matière de télévision, des échanges d'informations scientifiques, de stagiaires, de délégations scientifiques, l'organisation de conférences et de symposiums.

L'Accord constate que la coopération franco-soviétique dans le domaine spatial est un progrès important dans l'établissement d'une coopération scientifique et technique à l'échelle du continent européen.

La coopération entre l'Union Soviétique et les Etats-Unis est également régie par un accord conclu le 8 juin 1962 entre l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. et National Aeronautics and Space Council. Aux termes de cet accord, elle doit suivre trois directions essentielles : satellites météorologiques, satellites de télécommunications et, enfin, utilisation de satellites pour établir une carte magnétique de la Terre et développer nos connaissances sur le magnétisme terrestre.

Dans le domaine de la météorologie, il a été décidé de procéder à un ample échange d'informations, qu'elles soient d'origine classique ou spatiale. Les deux parties perfectionneront leurs satellites météorologiques expérimentaux afin de pouvoir coordonner à l'avenir les lancements de satellites d'observation courante, avec diffusion rapide des renseignements au profit des Etats intéressés.

Des centres météorologiques mondiaux ont été installés à Moscou et à Washington, reliés par une voie de télécommunication directe qui est entrée en service en 1964 et assure en permanence l'échange de renseignements essentiels (photos, fac-similés, signaux télégraphiques) sur l'état de l'atmosphère terrestre. Les frais d'entretien sont répartis également entre les deux pays. L'Union Soviétique et les Etats-Unis sont convenus de faire participer dans l'avenir tous les autres Etats intéressés aux avantages offerts par cette ligne.

Aux termes de cet accord, les savants soviétiques et américains établiront en commun des cartes du champ magnétique de la Terre. Les mesures effectuées pendant l'Année Internationale du Soleil calme (1964-1965) par les satellites soviétiques des séries Cosmos et Electron ont été d'une grande utilité sous ce rapport.

La première expérience soviéto-américaine dans le domaine des satellites de communication a été l'établissement de liaisons à l'aide du satellite américain Echo-2. Au printemps 1964, 34 séances de liaison ont été organisées à l'aide de ce satellite entre l'observatoire anglais de Jodrell Bank et l'observatoire de l'Université de Gorki à Zimenki.

Le but de ces expériences était d'obtenir de nouvelles informations sur la propagation des ondes radio dans les hautes couches de l'atmosphère, ce qui est essentiel pour la mise en place de systèmes de télécommunications spatiales.

Outre ces trois directions essentielles dans la coopération soviéto-américaine, un accord a été conclu, sur proposition des savants soviétiques, qui prévoit la préparation et la publication d'un ouvrage qui fasse le bilan des réalisations de la médecine et de la biologie cosmiques au cours de ces derniers dix ans et trace les perspectives de ces sciences.

Des liens fructueux ont été établis avec les chercheurs d'autres pays qui participent eux aussi à l'étude et à la conquête de l'Espace. Depuis plusieurs années, nos savants entretiennent d'étroites relations avec l'observatoire radio-astronomique anglais de Jodrell Bank.

L'Union Soviétique, ainsi que certains autres pays, aide l'Inde à créer un centre de fusées géophysiques au voisinage de l'équateur magnétique (grand cercle passant à égale distance des pôles magnétiques du globe). C'est ainsi qu'elle a remis gratuitement à l'Inde un hélicoptère, une calculatrice électronique et autres équipements.

Des stations de repérage de satellites artificiels ont été créées ou sont en voie de l'être, avec l'aide de l'U.R.S.S., dans plusieurs pays afro-asiatiques. Ce concours dans l'organisation des stations et dans la formation de cadres nationaux permet à un nombre toujours plus grand de pays qui ne sont

pas encore à même de procéder à des lancements de fusées et de satellites de participer à l'exploration et à la conquête de l'Espace.

Les chercheurs soviétiques prennent une part active aux congrès internationaux, aux conférences et symposiums consacrés à ces problèmes.

A partir de 1950, on convoque annuellement des congrès mondiaux d'astronautique qui offrent de larges possibilités de confronter les résultats acquis dans les domaines les plus divers depuis la mécanique céleste jusqu'au droit et à la sociologie. La Fédération astronautique internationale, qui groupe les sociétés de plus de 40 pays, organise des congrès qui réunissent chaque fois près de 1 000 délégués. L'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. est membre de cette fédération. L'académicien soviétique Léonide Sédov a été deux fois de suite élu son président.

Institué en 1958 par le Conseil international des unions scientifiques afin de poursuivre la coopération établie pendant l'Année Géophysique Internationale (1957-1958) dans l'étude de la haute atmosphère, le COSPAR groupe les centres de plus de 30 pays et 10 unions scientifiques internationales spécialisées.

Six groupes de travail constitués au sein du COSPAR par des chercheurs de divers pays ont fourni un effort important dans l'élaboration des programmes d'expériences conjointes, la préparation d'ouvrages de référence, l'établissement des listes des stations de repérage visuel et radio, etc.

Les symposiums internationaux convoqués annuellement par le COSPAR sont hautement appréciés des milieux scientifiques. Ces réunions permettent de faire le bilan des recherches spatiales, de confronter les résultats obtenus et de planifier les expériences conjointes.

L'U.R.S.S. profite toujours des congrès et des symposiums réunis sous l'égide du COSPAR et de la Fédération astronautique pour faire bénéficier le plus grand nombre d'Etats possible des résultats de ses recherches spatiales. A chacun de ces congrès ou symposiums, nos chercheurs présentent des dizaines de communications qui mettent en lumière les plus récentes réalisations soviétiques.

Parmi les organismes intergouvernementaux, une place de premier plan revient à la Commission de l'O.N.U. pour l'utilisation de l'Espace à des fins pacifiques, appelée à devenir le centre de la coopération dans ce domaine. C'est à partir du printemps 1962 que cette Commission groupant 28 pays a commencé ses travaux.

Afin de mieux définir les moyens de la coopération internationale, la Commission de l'O.N.U. a institué deux sous-commissions : scientifico-technique et juridique. L'U.R.S.S. a fait des propositions constructives sur tous les problèmes portés devant ces organismes ; ainsi, elle a proposé de réunir, au printemps 1967, une conférence internationale sous l'égide de l'O.N.U., conférence qui dresserait le bilan des dix premières années d'activités spatiales et permettrait de dégager les perspectives d'avenir qui en découlent pour tous les peuples, entre autres pour les pays en voie de développement.

C'est dans ce sens que se sont déroulés les travaux du Séminaire sur l'utilisation des renseignements fournis par les satellites d'observation météorologique, qui a réuni à Moscou, en octobre 1966, 50 chercheurs représentant 30 pays. Les délégués ont étudié l'expérience acquise par les services météo soviétiques et américains.

Les aspects scientifiques et techniques de la coopération entre les Etats dans la conquête du Cosmos sont étroitement liés à ses aspects juridiques. A cet égard, l'adoption par la XVIII[e] Session de l'Assemblée Générale de l'O.N.U. (décembre 1963) de la Déclaration des principes juridiques régissant les activités des Etats en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique a marqué un progrès important.

Pour développer et consacrer les principes de cette Déclaration, l'U.R.S.S. a proposé en juin 1966 de conclure un traité international sur les principes des activités des Etats dans l'étude et l'utilisation de l'espace cosmique, de la Lune et des autres corps célestes. Le projet de ce traité a été soumis aux Nations Unies et approuvé à l'unanimité par la XXI[e] Session de l'Assemblée Générale.

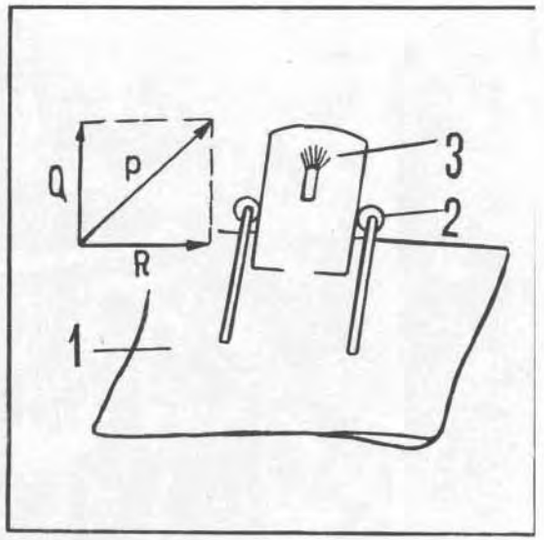
Le 27 janvier 1967, à Moscou, Londres et Washington, l'U.R.S.S., la Grande-Bretagne et les U.S.A., pays dépositaires, signaient le traité. Celui-ci devait par la suite recueillir la signature d'autres Etats.

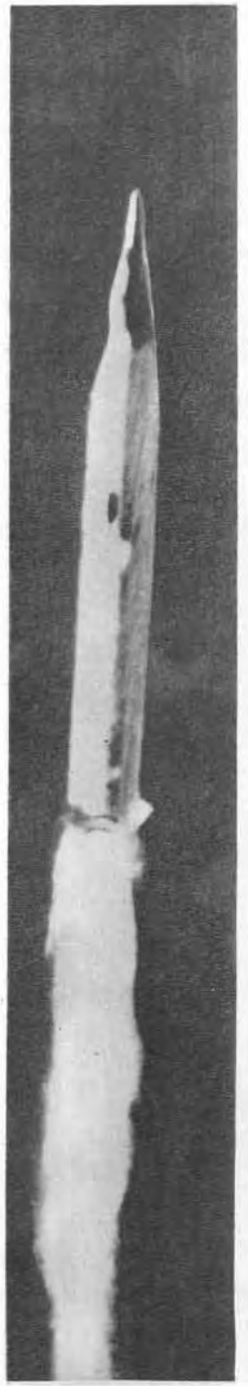
La collaboration internationale sur un pied d'égalité prévue par le traité permet à tous les pays de participer à la conquête pacifique du Cosmos pour le bien de l'humanité tout entière.

L'U.R.S.S. se prononce pour une large collaboration de tous les Etats désireux de contribuer à la conquête de l'Espace. Le Cosmos doit unir les hommes.

ILLUSTRATIONS

Le premier satellite artificiel de la Terre.





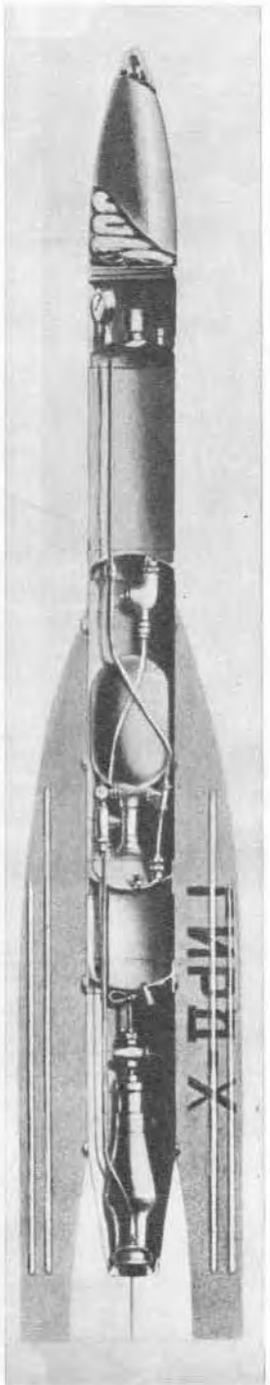
Fusées géophysiques en vol.

N. Kibaltchitch (1853-1881), auteur d'un projet d'appareil volant propulsé par une fusée à poudre.

Schéma de l'appareil volant de Kibaltchitch.

Cette médaille d'or C. Tsiolkovski a été décernée au premier homme de l'Espace, Youri Gagarine, par l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.

« Si la vie sur la Terre présente tant de diversité malgré la relative uniformité des conjonctures, combien ne doit-elle pas être infiniment variée dans l'Univers où tout concours de facteurs est possible. » (C. Tsiolkovski).



Ravitaillement en combustible d'une fusée à oxygène liquide (G.I.R.D.-X.]. La première fusée soviétique à combustible liquide. 1933.

L'équipe du « G.I.R.D. » près de leur fusée. Au premier rang (à gauche], S. Korolev.

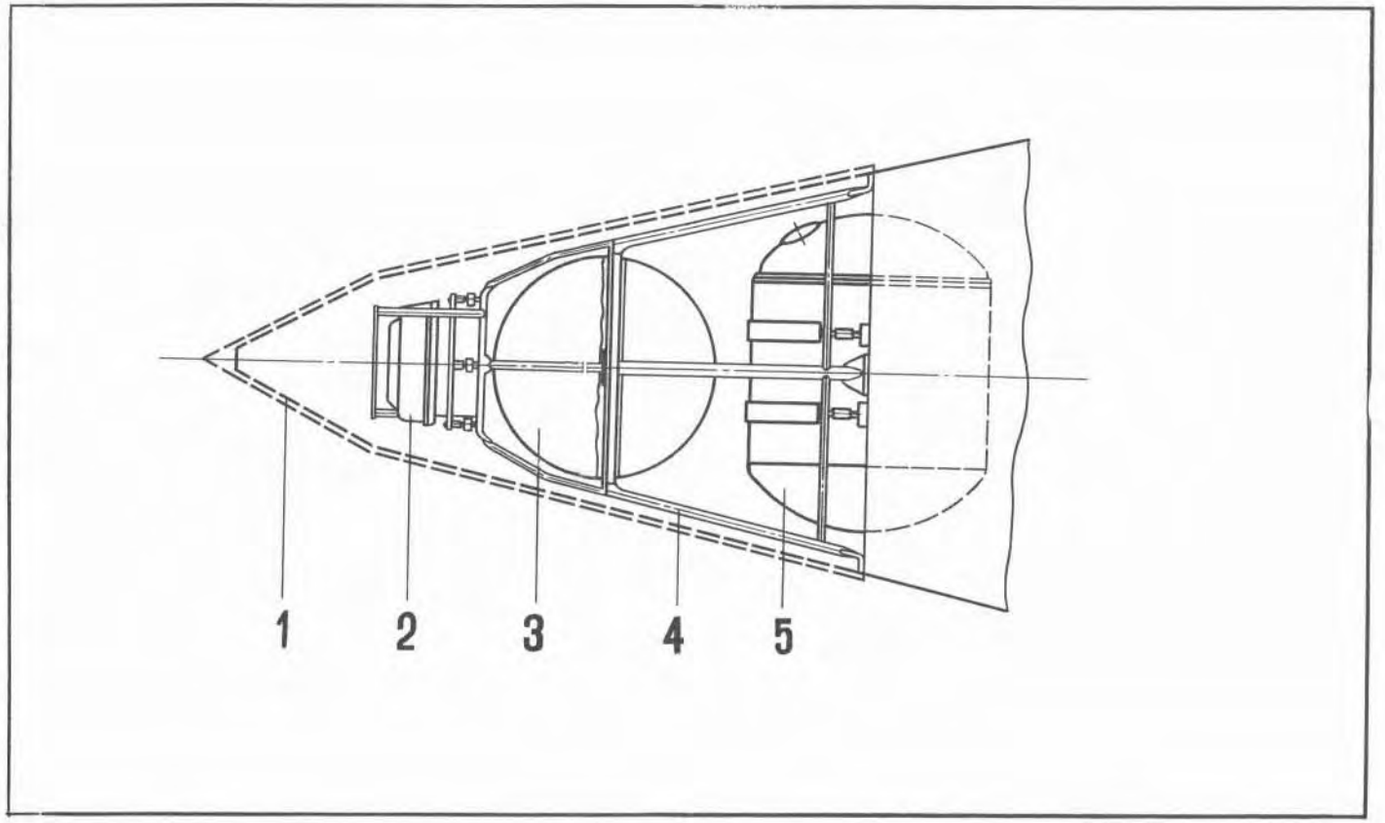
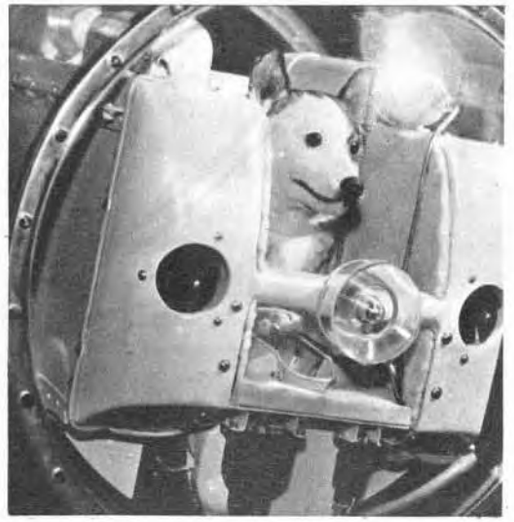
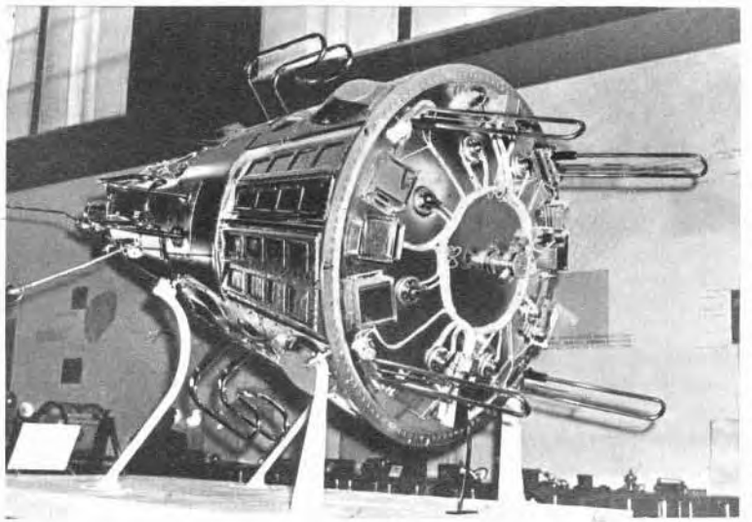


Schéma de montage des appareils du deuxième spoutnik

1. Cône éjectable
2. Appareil pour l'étude du rayonnement solaire à ondes courtes
3. Container des émetteurs
4. Bâti des appareils
5. Capsule étanche pour élément vivant.

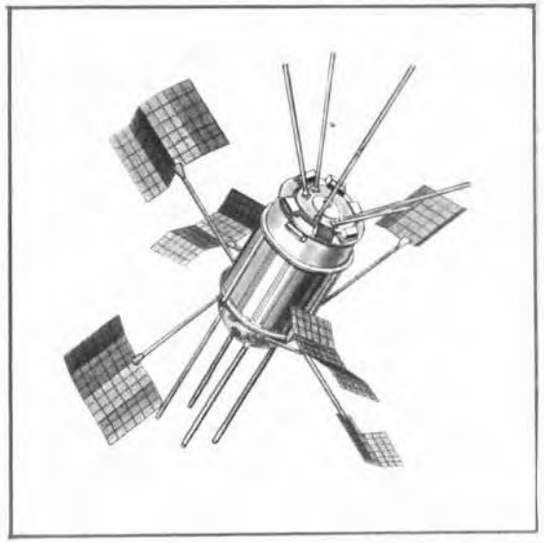


La chienne Laïka dans sa capsule.

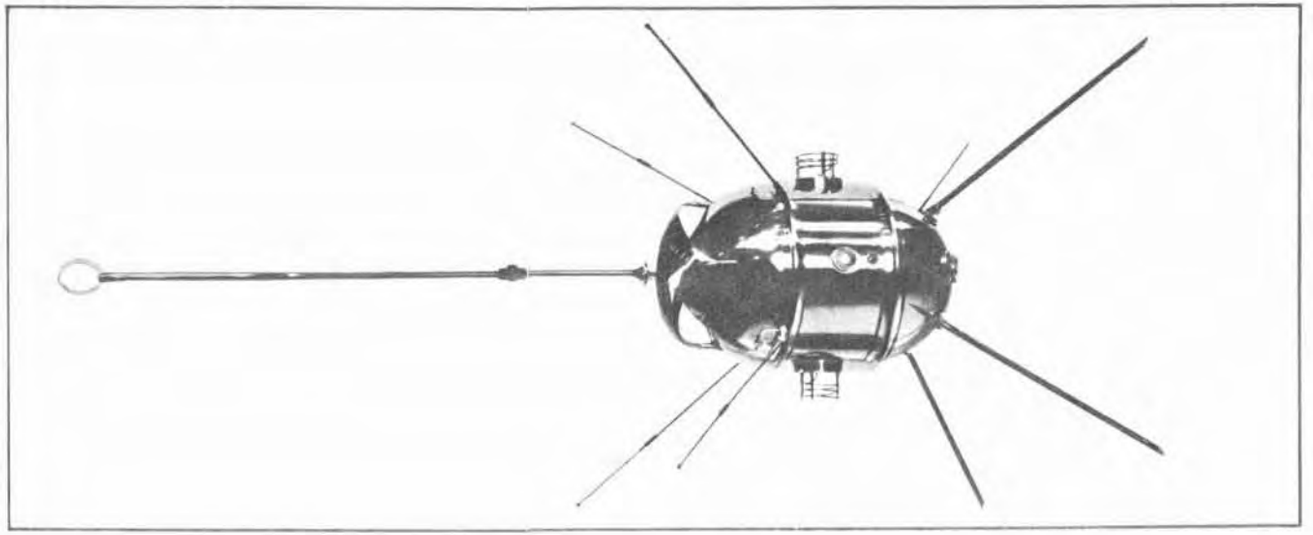


Le bâti des appareils scientifiques du premier spoutnik. On remarquera une partie du cône de nez qui protège l'engin avant d'être injecté au premier orbitage.

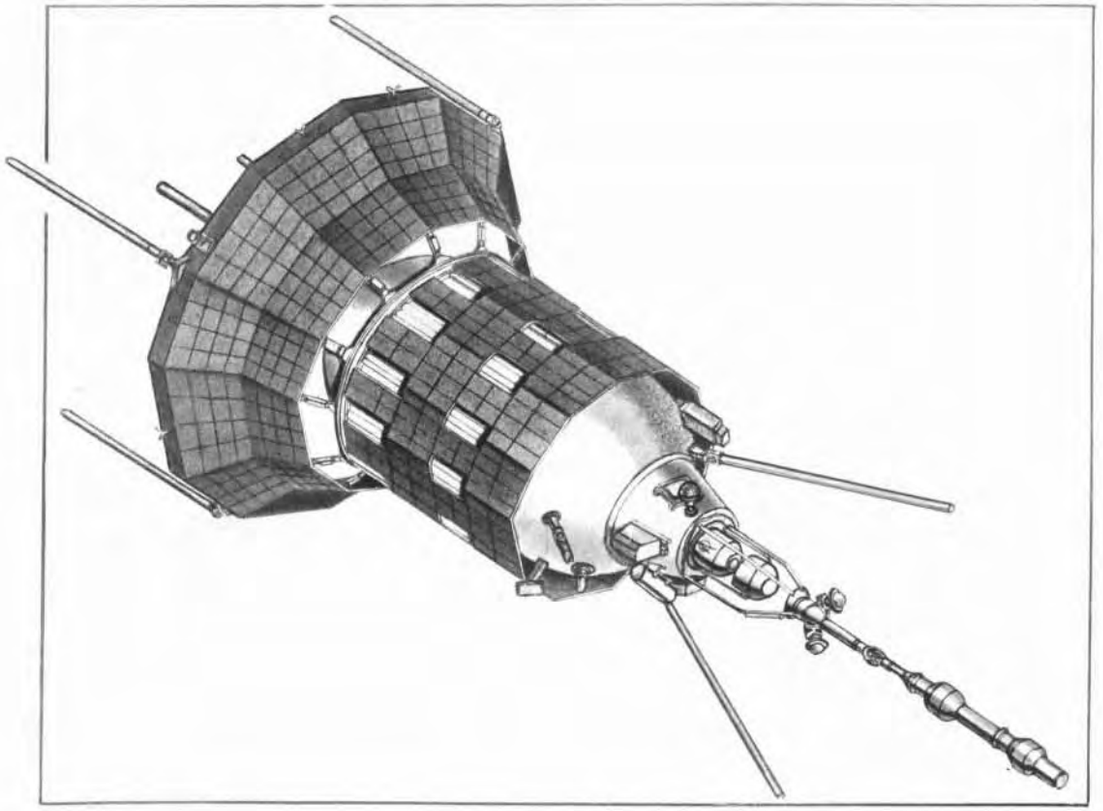
Maquette du troisième spoutnik de la Terre.

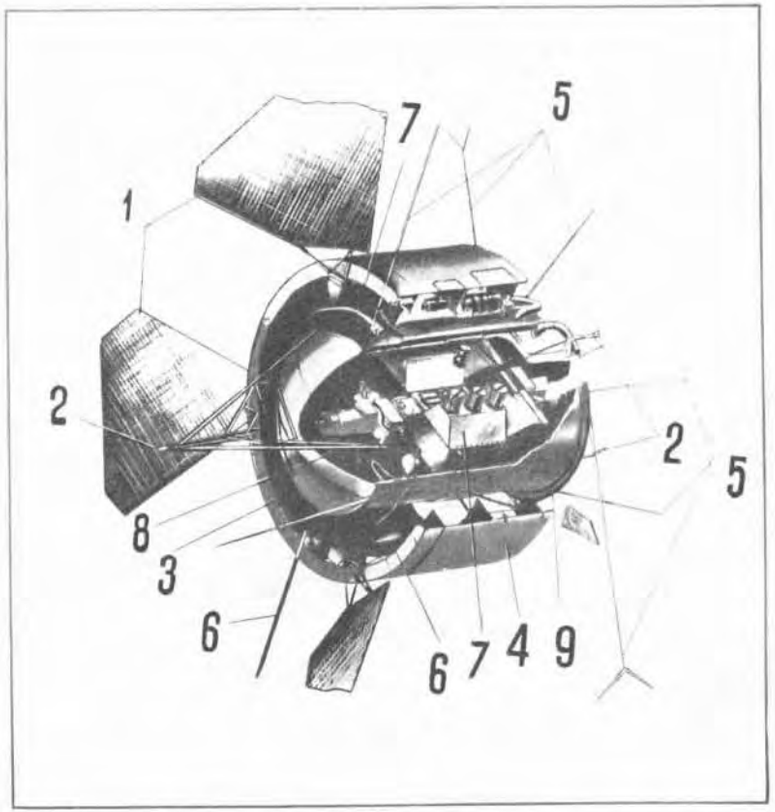


Station cosmique Electron-1.



Un des satellites Cosmos.

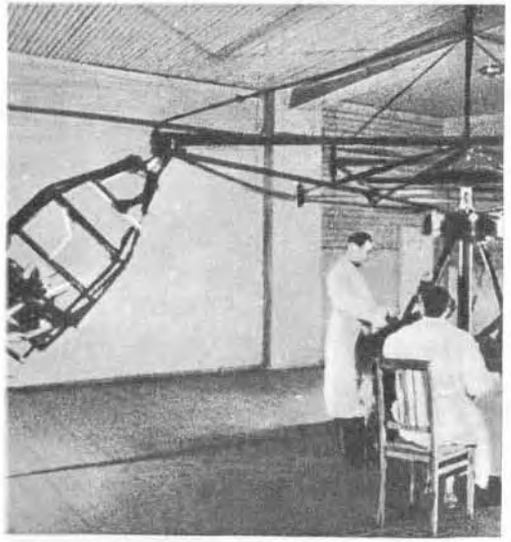




Electron-2.

Proton-1

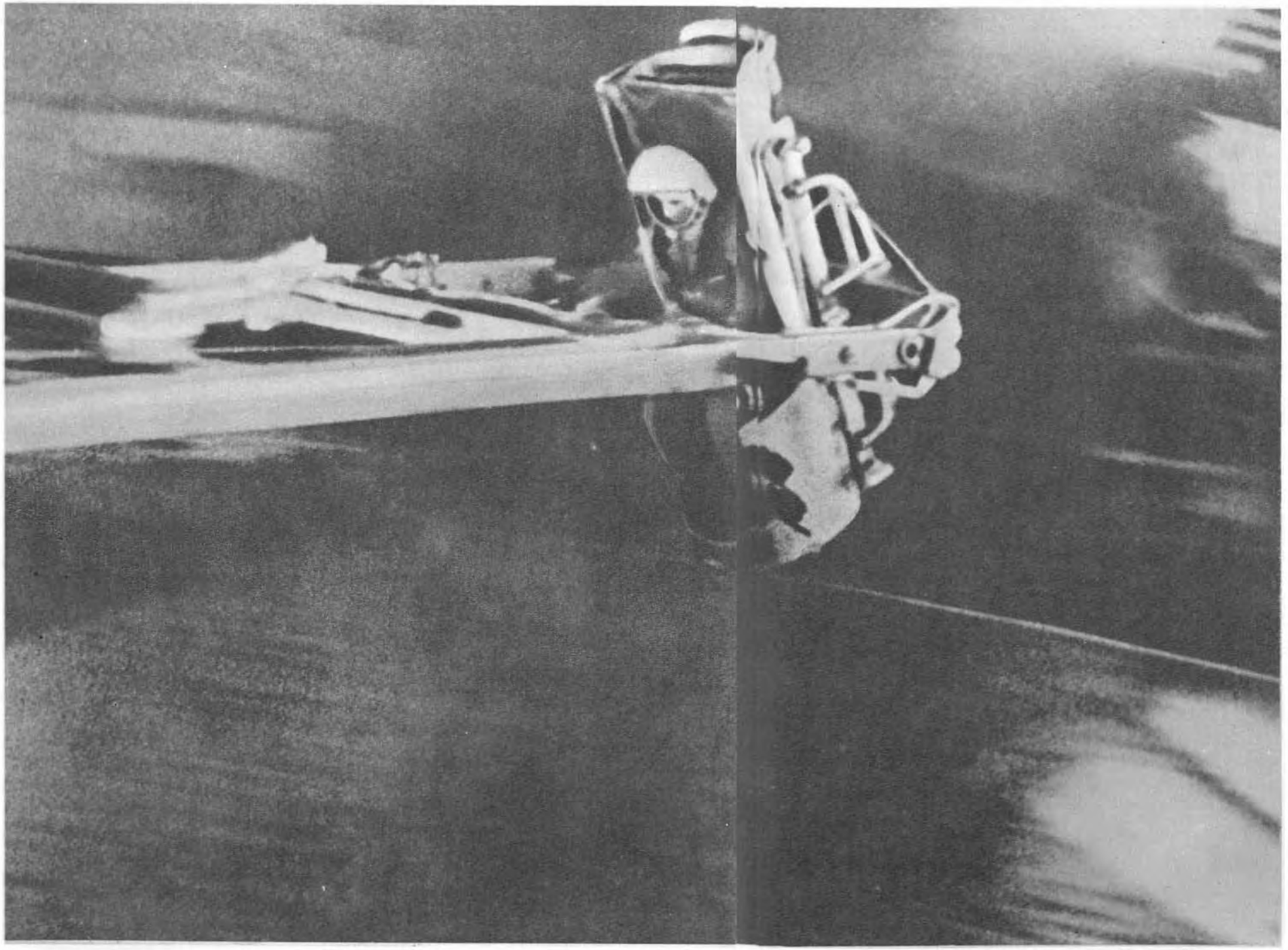
1. Panneaux des batteries solaires
2. Eléments sensibles du système indicateur de position des axes
3. Coque étanche
4. Enveloppe extérieure
5. Antennes des systèmes de télémesure et de télécontrôle de la trajectoire
6. Piles chimiques
7. Bloc pour les appareils scientifiques
8. Panneaux de l'équipement électrique de bord
9. Radiateur escamotable.



Pour les chiens aussi, le chemin du Cosmos passe par la centrifugeuse.

Vétérok et Ougolek, voyageurs cosmiques.

Atterrissage d'une fusée géophysique dotée d'une capsule pour animaux-cobayes.

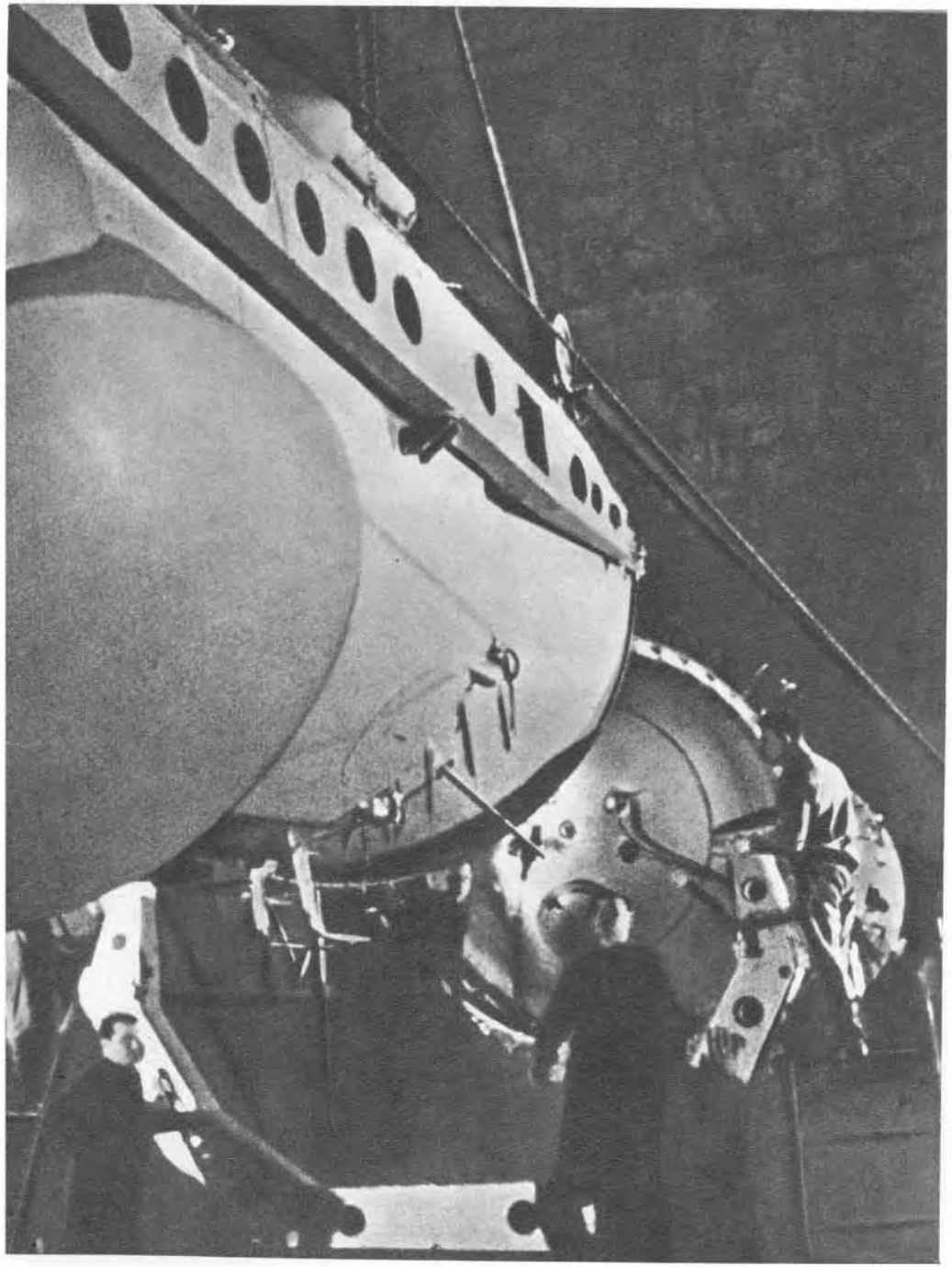


L'épreuve à la centrifugeuse.

Apesanteur artificielle à bord d'un avion.

Les conditions du vol cosmique sont reproduites dans la chambre d'altitude.

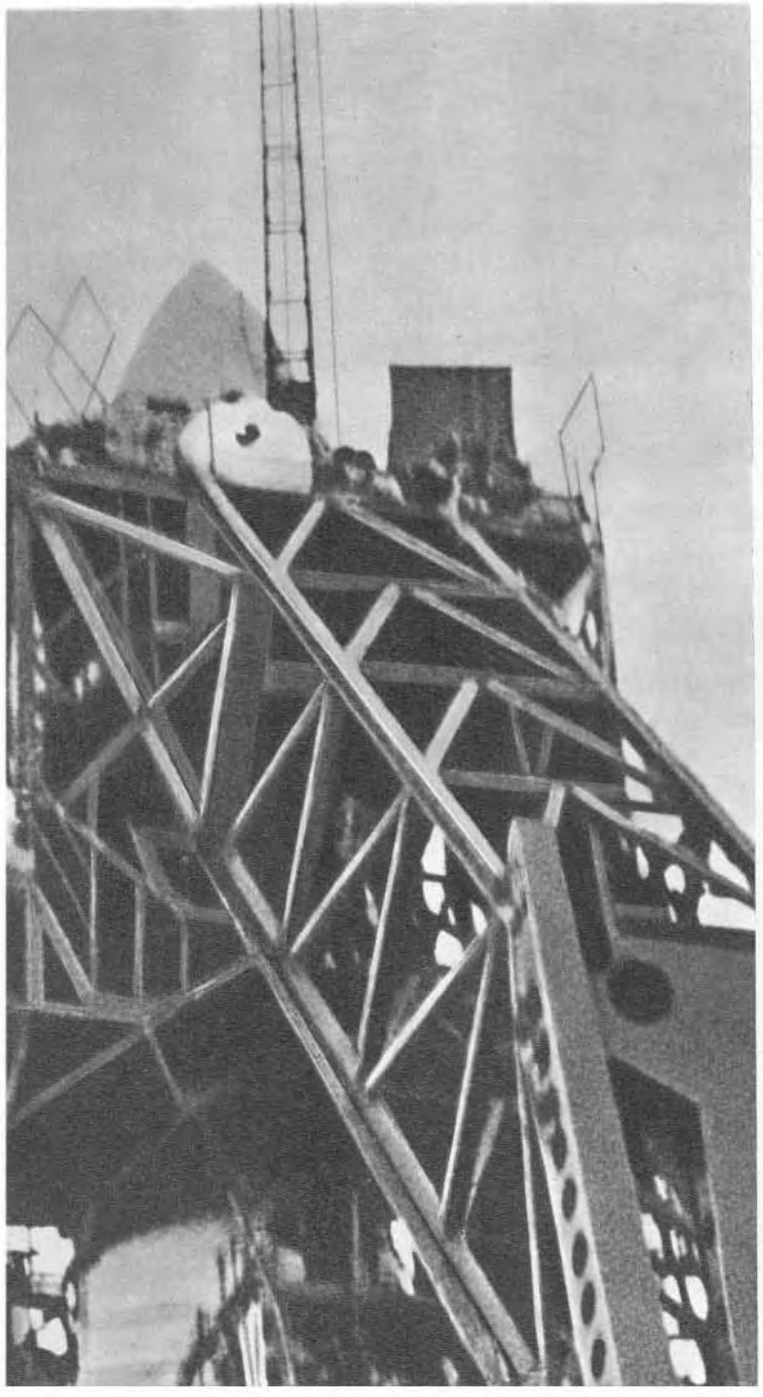
L'état du cosmonaute est l'objet de contrôles incessants.

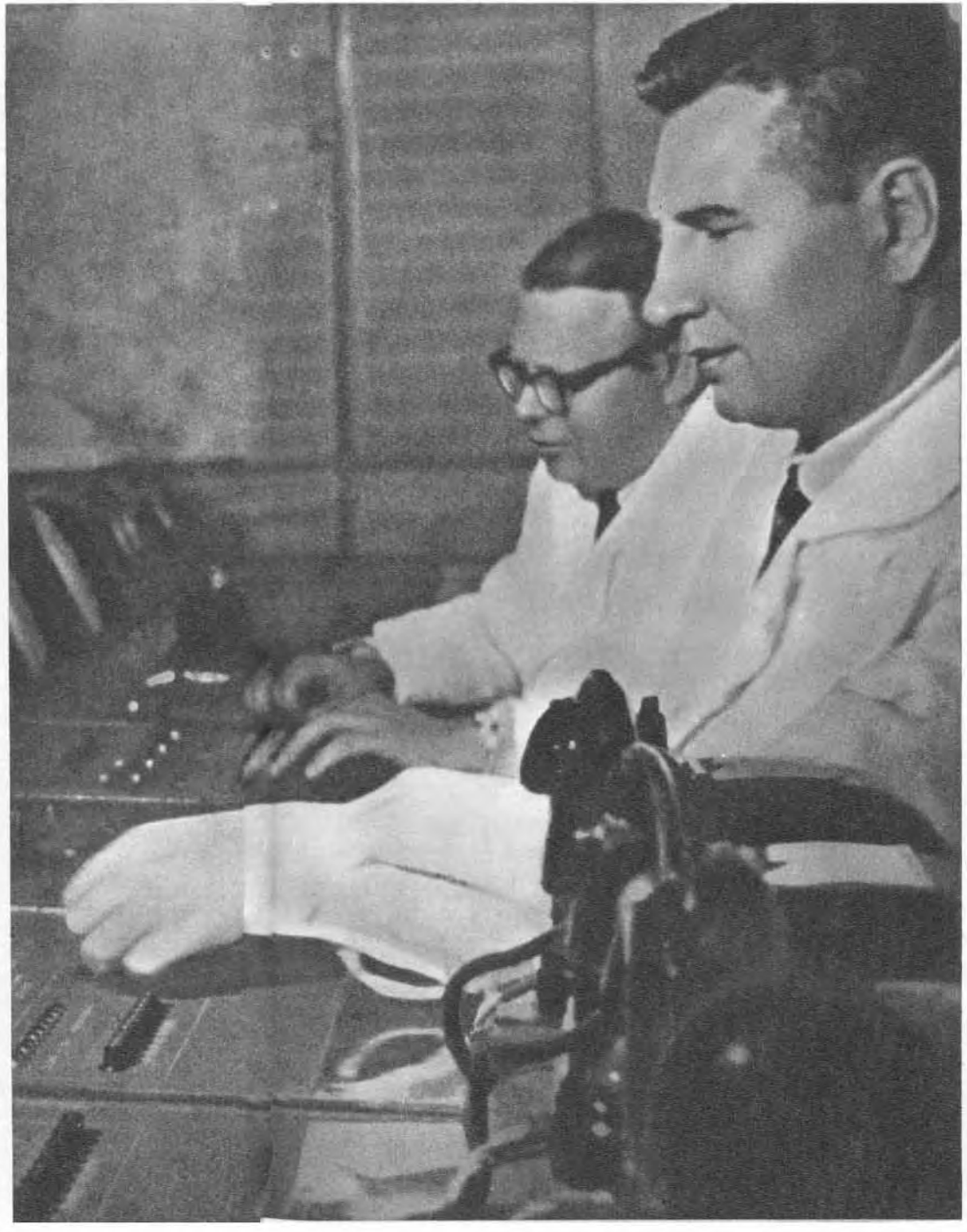


Voskhod-2 est arrimé sur sa fusée porteuse.

Une maquette de Vostok au XXVIe Salon international de l'Aéronautique et de l'Espace.

Un cadeau des pâtissiers français aux cosmonautes soviétiques. Juillet 1965.





Voskhod-2 est prêt pour le départ.

Réception des images télévisées du bord d'un vaisseau spoutnik.

Dans le Cosmos...

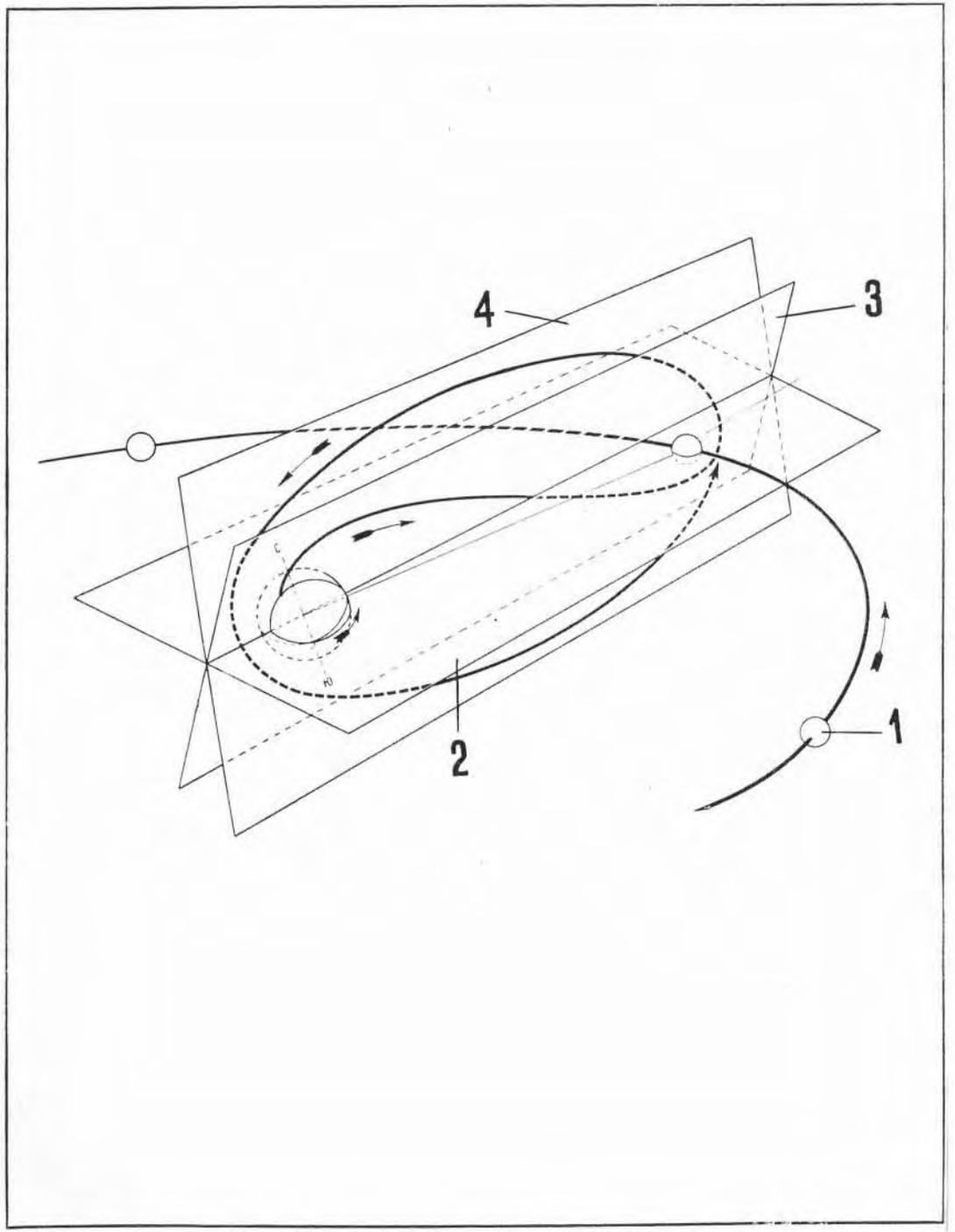
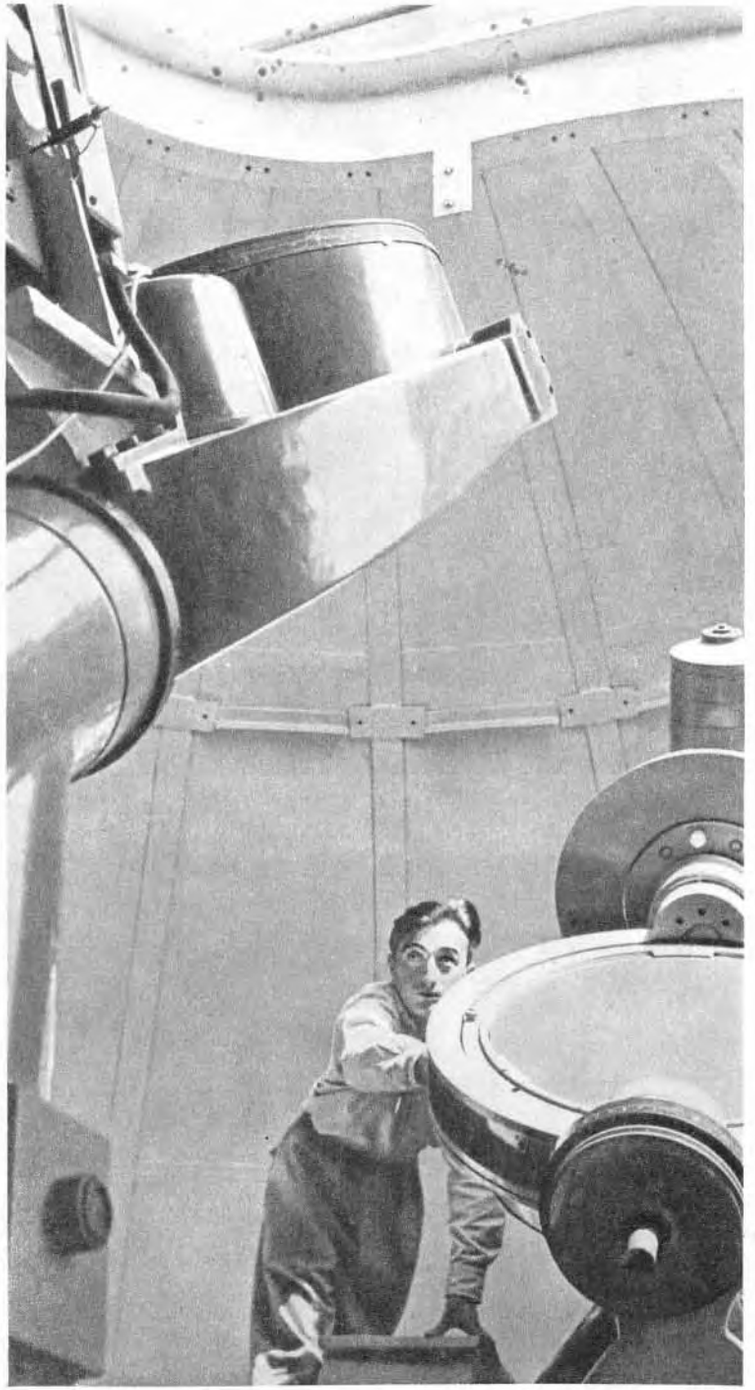
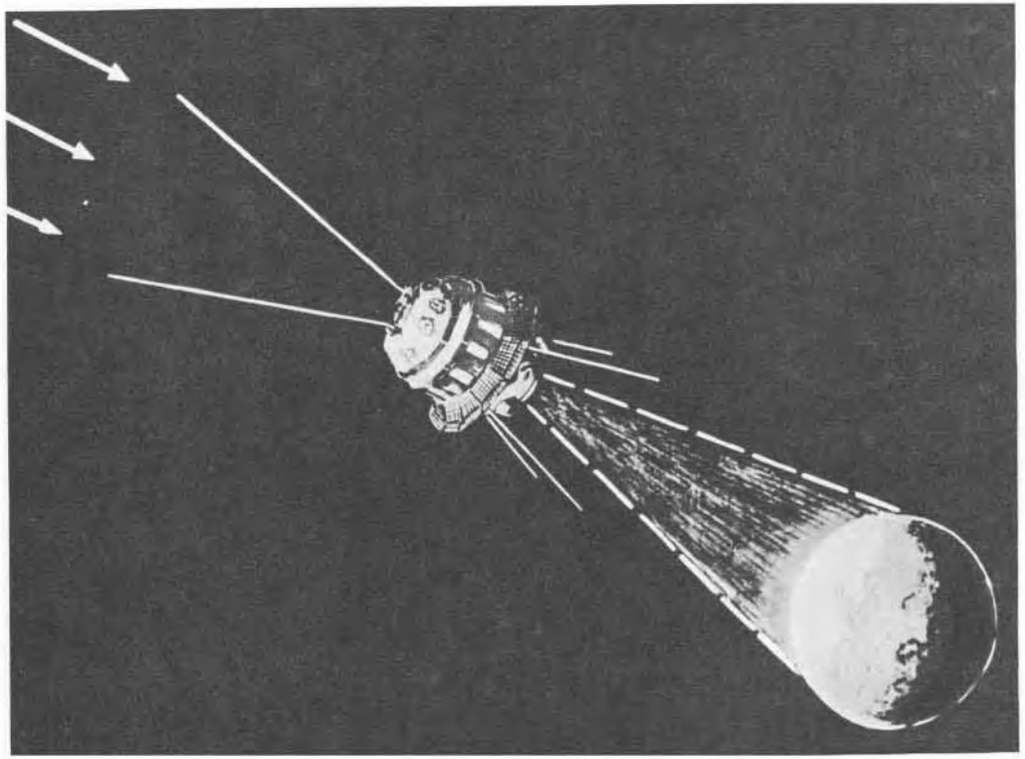


Schéma de la trajectoire de Luna-3

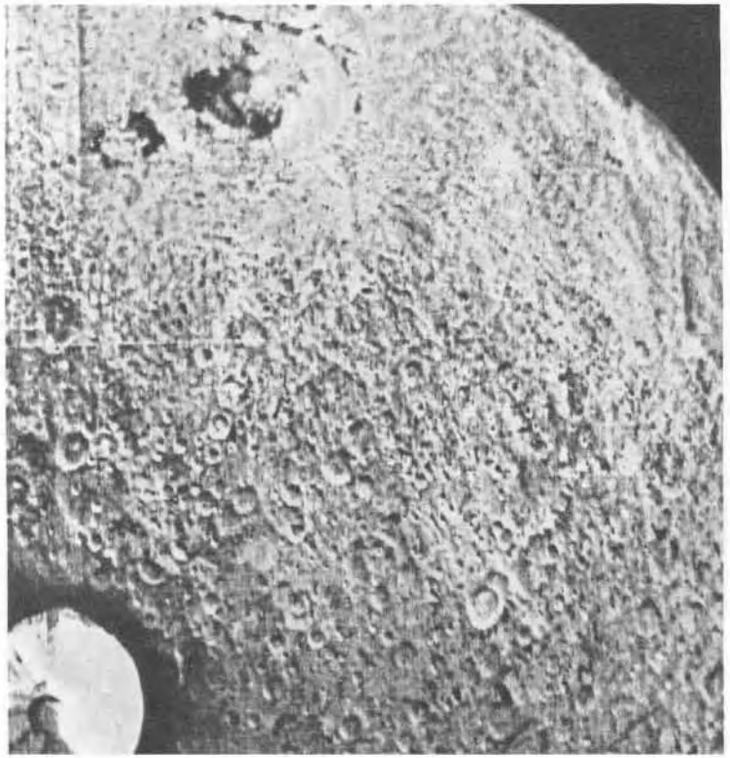
1. Position de la Lune au moment du départ de la fusée
2. Plan de l'orbite lunaire
3. Plan de la trajectoire du Lunik avant le contournement de la Lune
4. Plan de la trajectoire du Lunik après le contournement de la Lune.



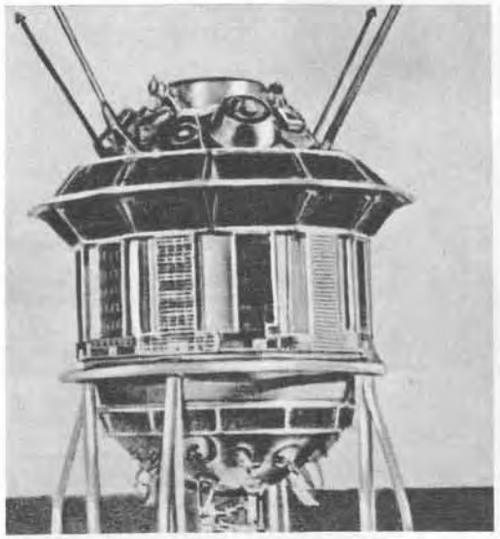
Un télescope moderne.



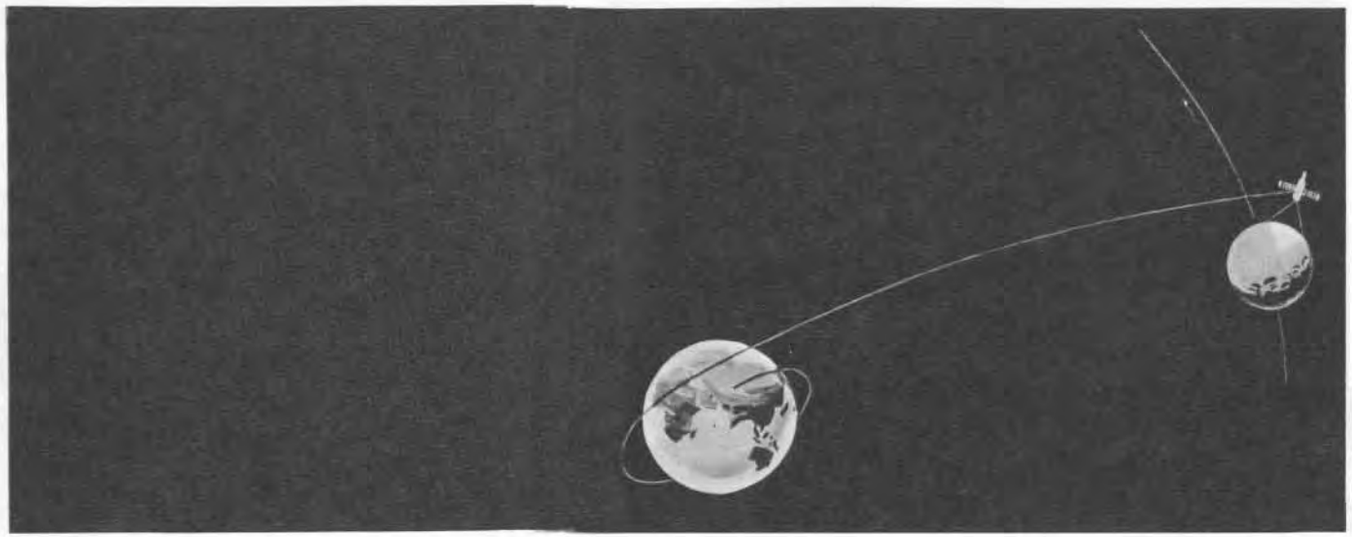
Une station automatique interplanétaire photographiant la face invisible de la Lune. Les flèches indiquent la direction des rayons solaires.



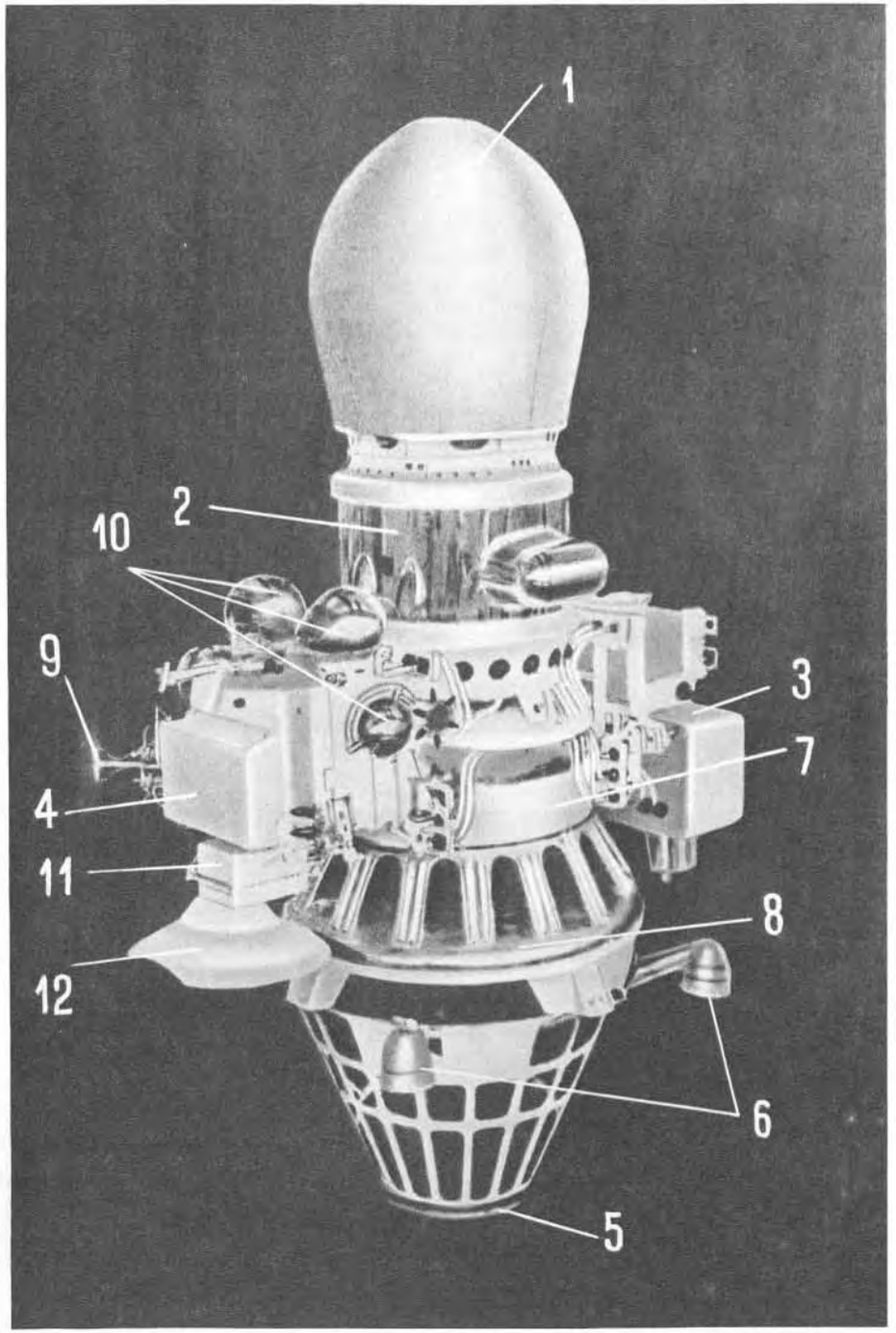
Cette photo de la face invisible de la Lune a été transmise par Zond-3. Prise le 20 juillet 1965, à 5 h 16 m (heure de Moscou), elle représente une partie de la zone équatoriale située près du bord oriental du côté « pile » de notre satellite naturel.

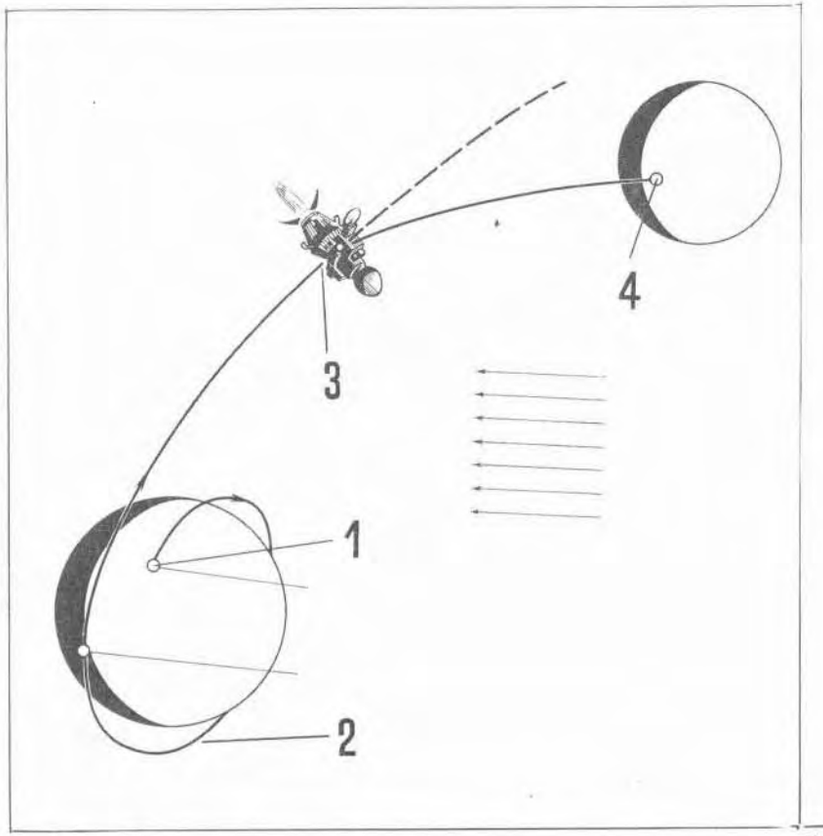


La station Luna-3 sur son chariot de montage.



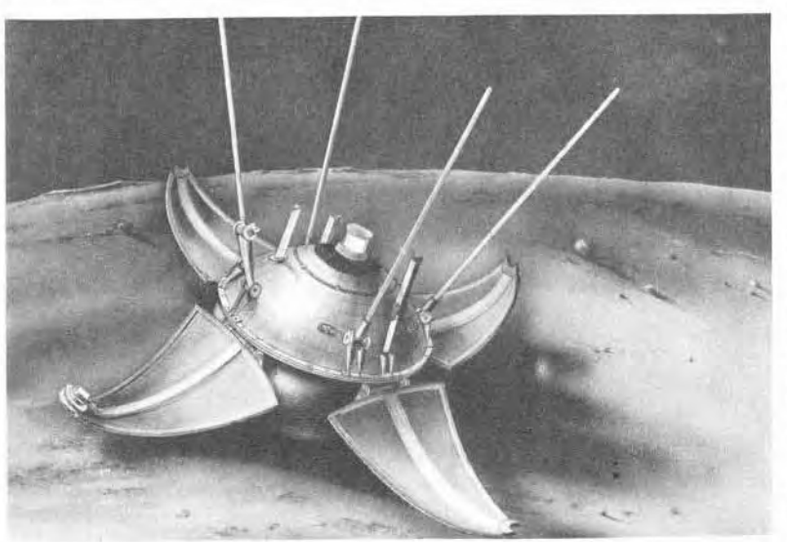
Le vol de Zond-3 (représentation schématique).





Une fusée lunaire (Luna-9)

1. Station automatique lunaire
2. Compartiment du système de commande
3, 4. Compartiments à appareillage (éjectables)
5. Propulseur à liquides
6. Propulseur de commande
7. Réservoir à oxydant
8. Réservoir à combustible
9. Micromoteurs
10. Ballons à gaz
11. Radioaltimètre
12. Antenne du radioaltimètre.



Représentation schématique du vol de Luna-9

1. Point de départ
2. Orbite intermédiaire
3. Correction de la trajectoire
4. Atterrissage (les flèches indiquent la direction des rayons solaires).

Station automatique lunaire

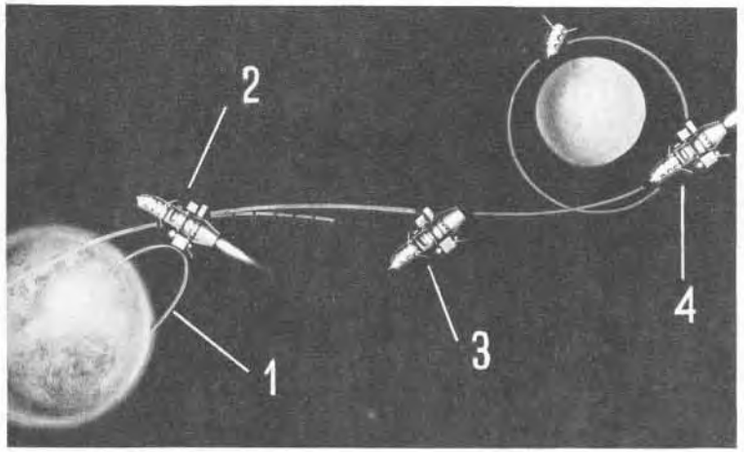
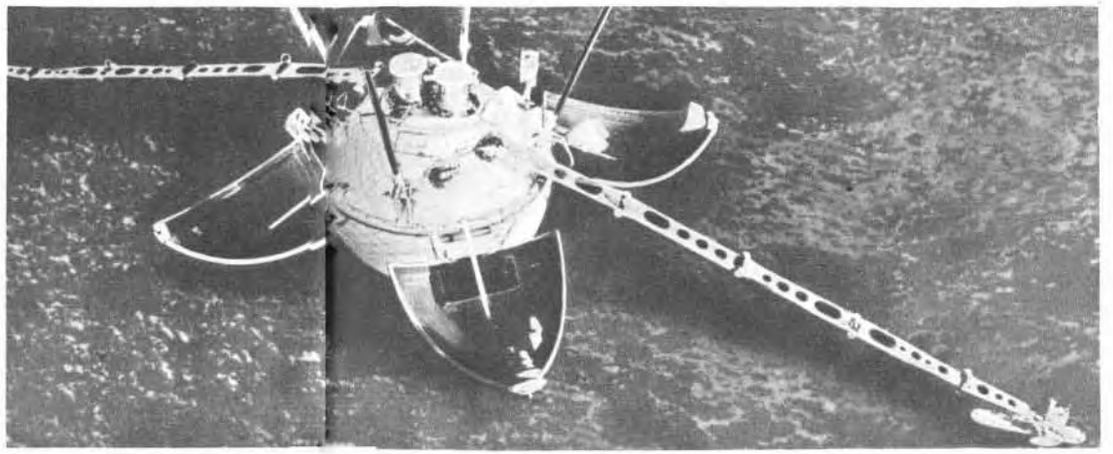
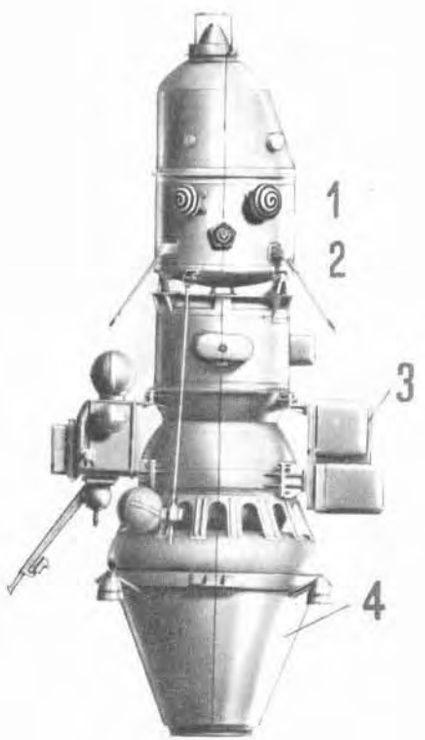


Schéma du vol de Luna-10
1. Orbite intermédiaire
2. Correction de la trajectoire
3. Orientation de la station avant le freinage
4. Freinage et orbitage lunaire.



Station automatique Luna-13.



Station automatique Luna-10
1. Satellite artificiel de la Lune
2. Système de satellisation
3. Appareils du système d'orientation stellaire
4. Propulseur.

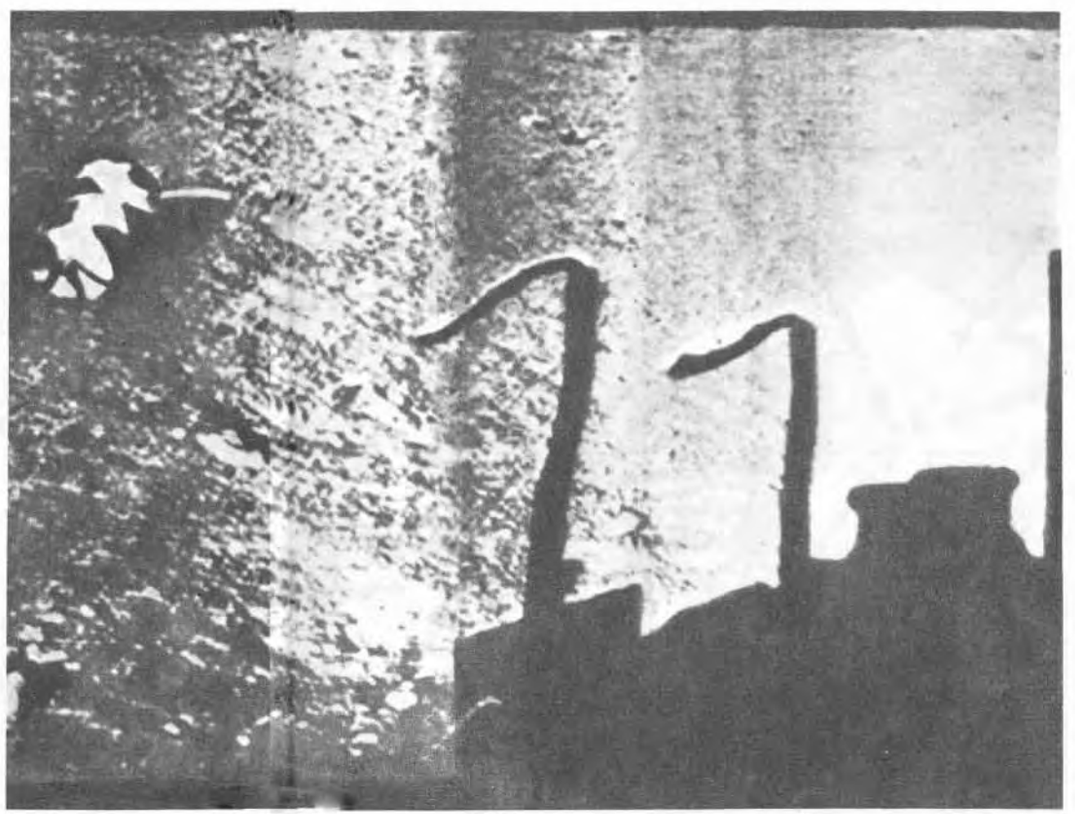
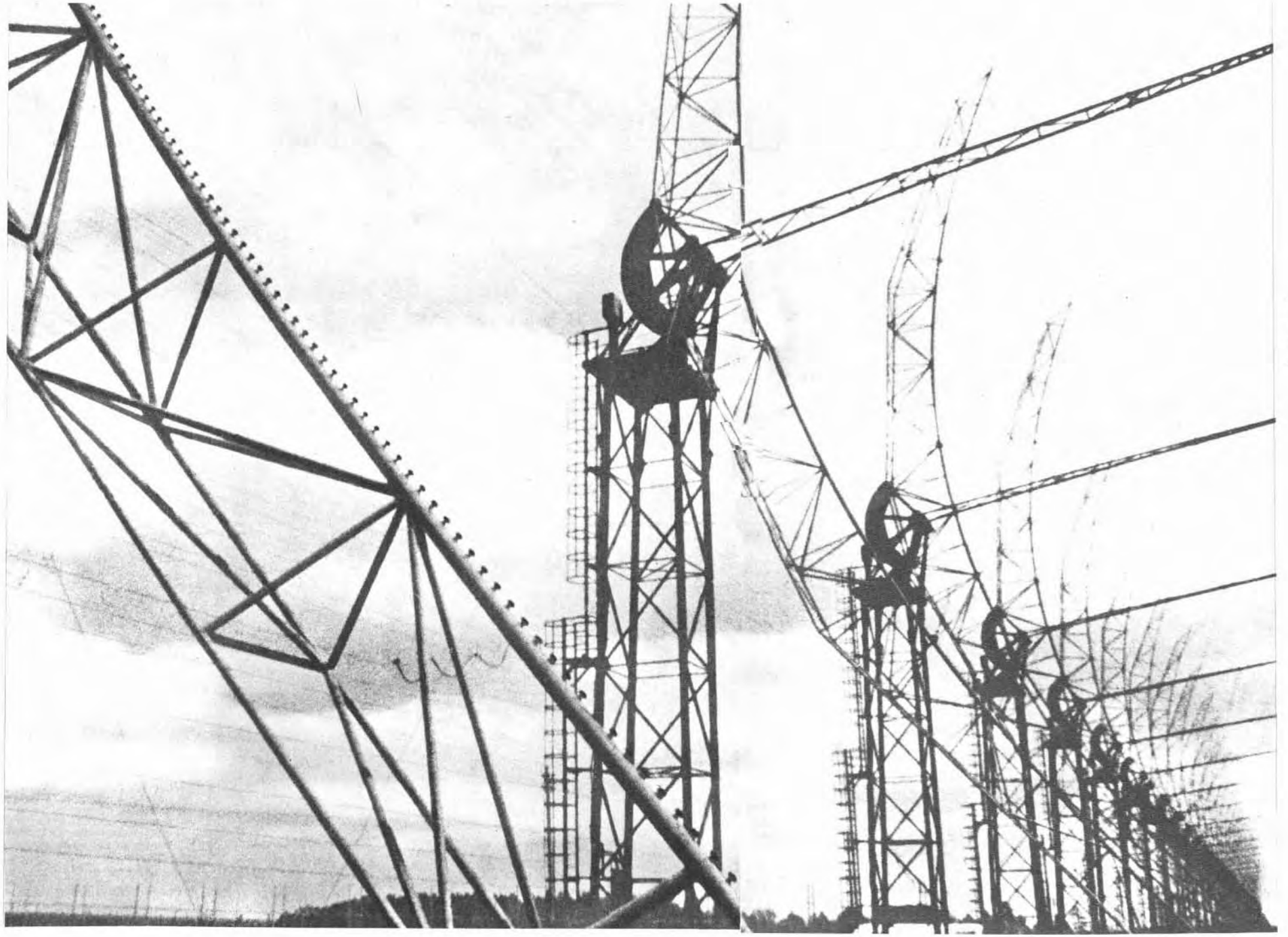
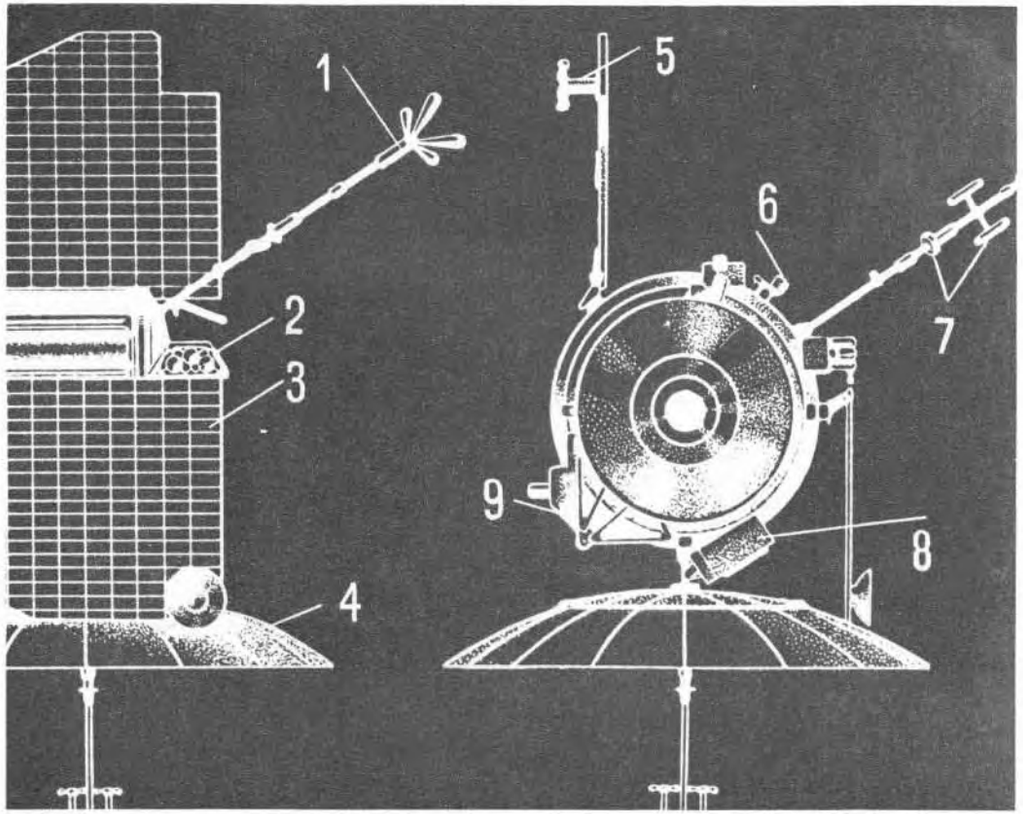


Photo d'un coin de la surface lunaire, prise par les caméras de Luna-13.

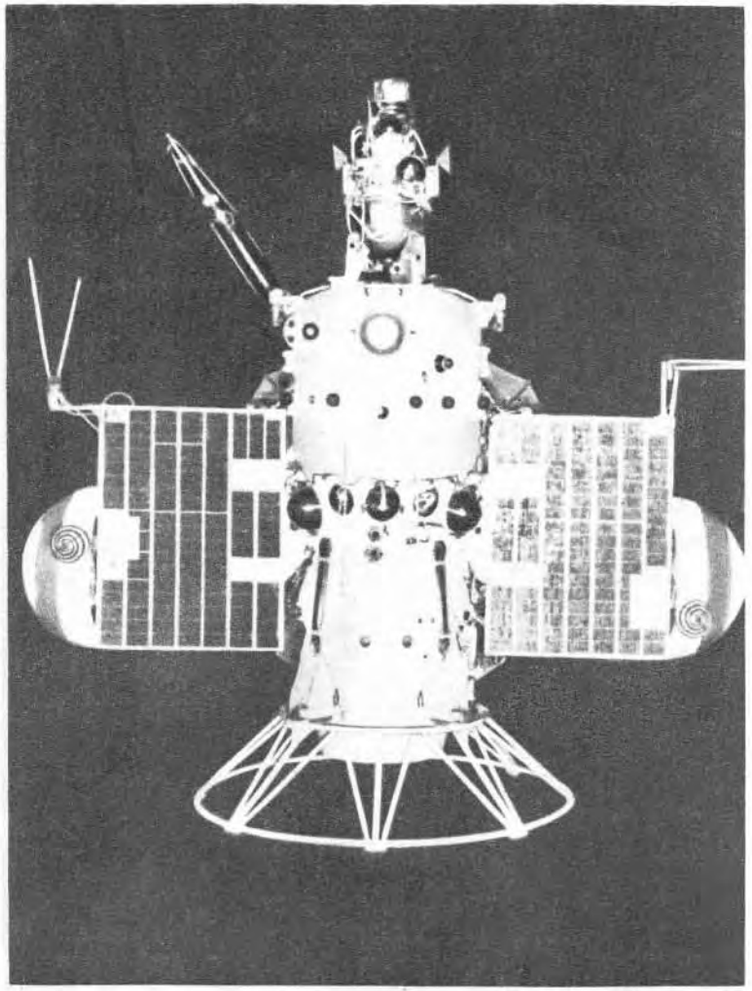


Une image de notre époque : les forêts d'antennes. . .



Station interplanétaire Vénus-1

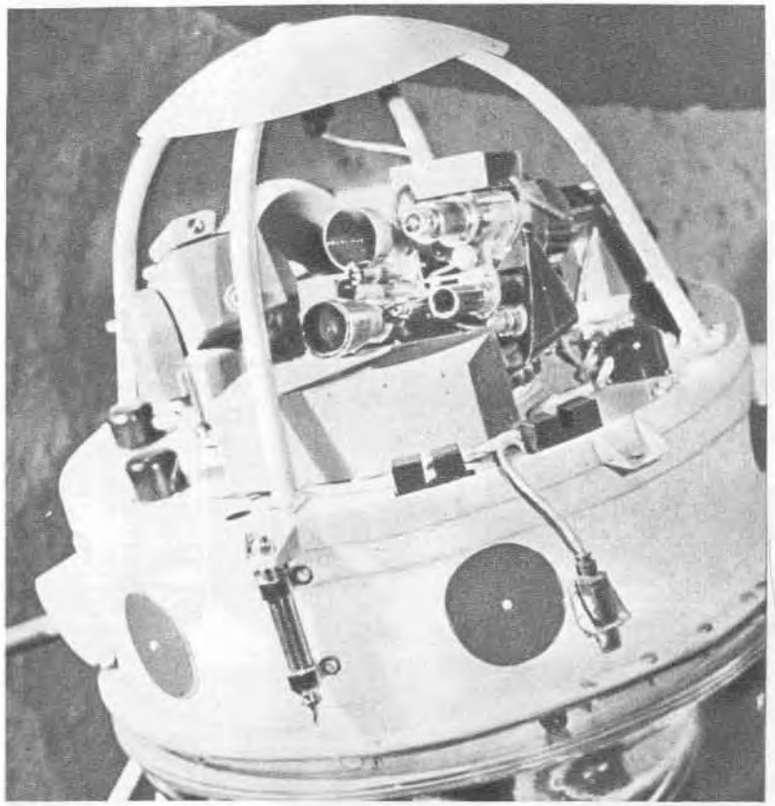
1. Antenne à tige
2. Transducteurs thermiques
3. Batteries solaires
4. Antenne parabolique
5. Antenne non dirigée
6. Capteur à particules chargées
7. Transducteurs du magnétomètre
8. Indicateur de l'orientation sur Terre
9. Indicateur de précision, orientation d'après le Soleil et la Terre.



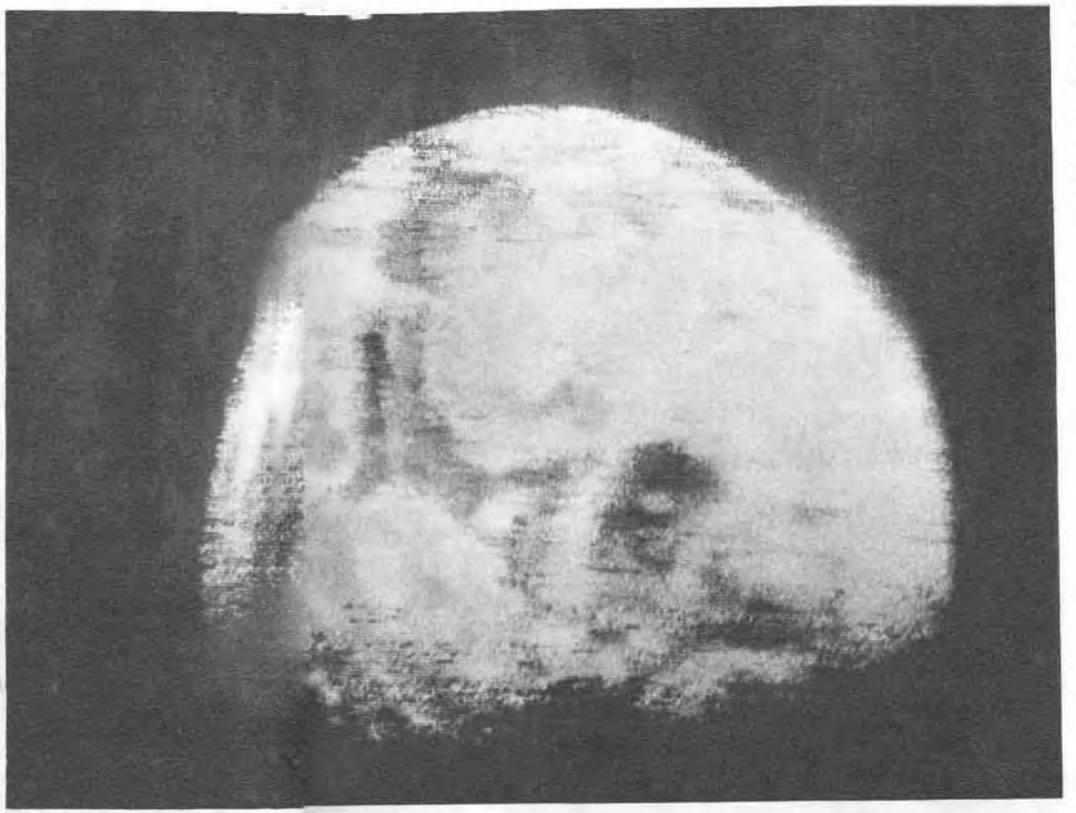
Station automatique interplanétaire Vénéra-3.

Le 1er mars 1966, Vénéra-3 a déposé cet emblème sur la planète mystérieuse.

A l'intérieur de l'emblème, il y avait une médaille portant, d'un côté, les armoiries de l'U.R.S.S. et, de l'autre, les planètes du système solaire.

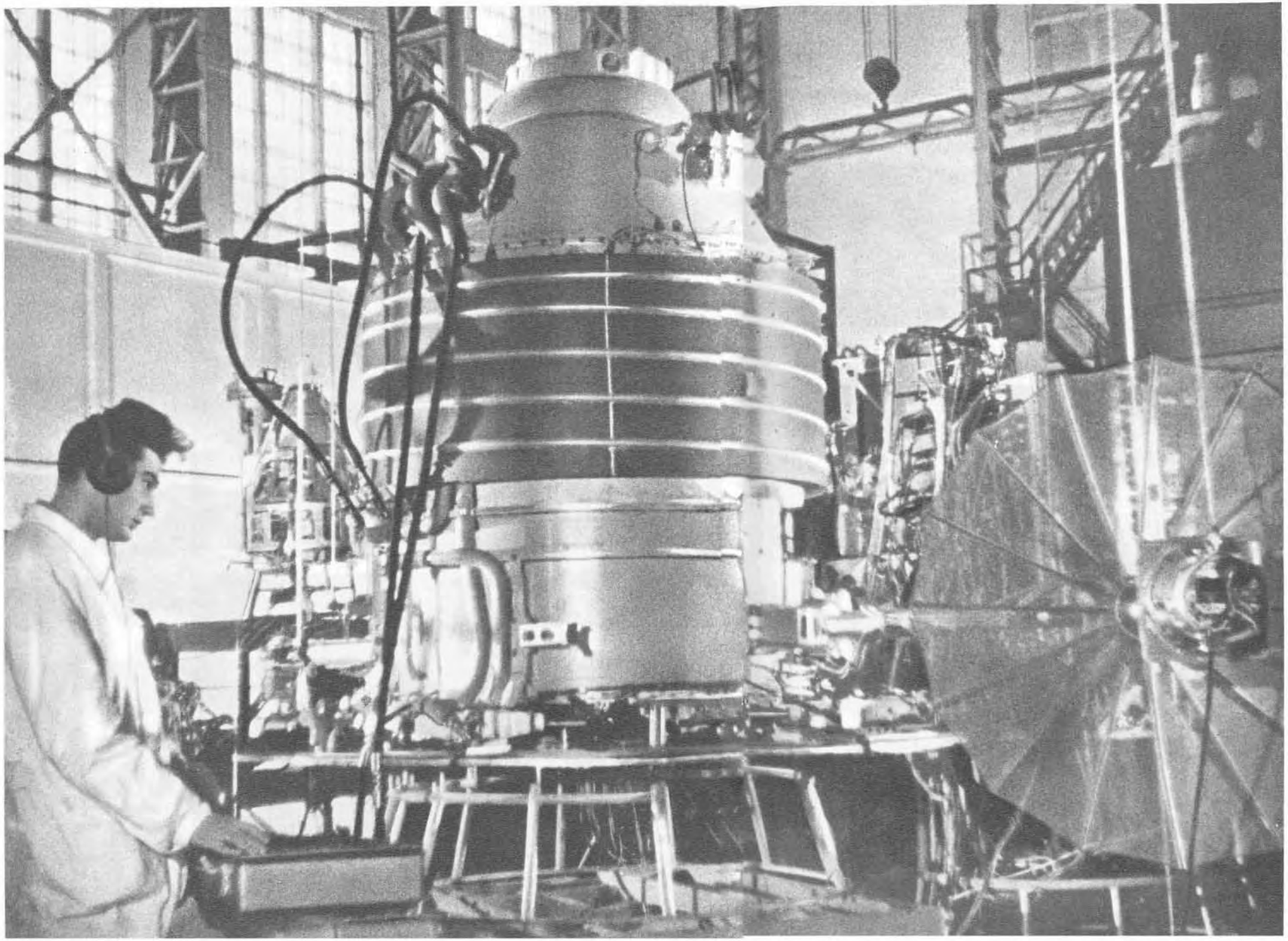


Maquette d'une station soviétique d'altitude pour les recherches géophysiques.

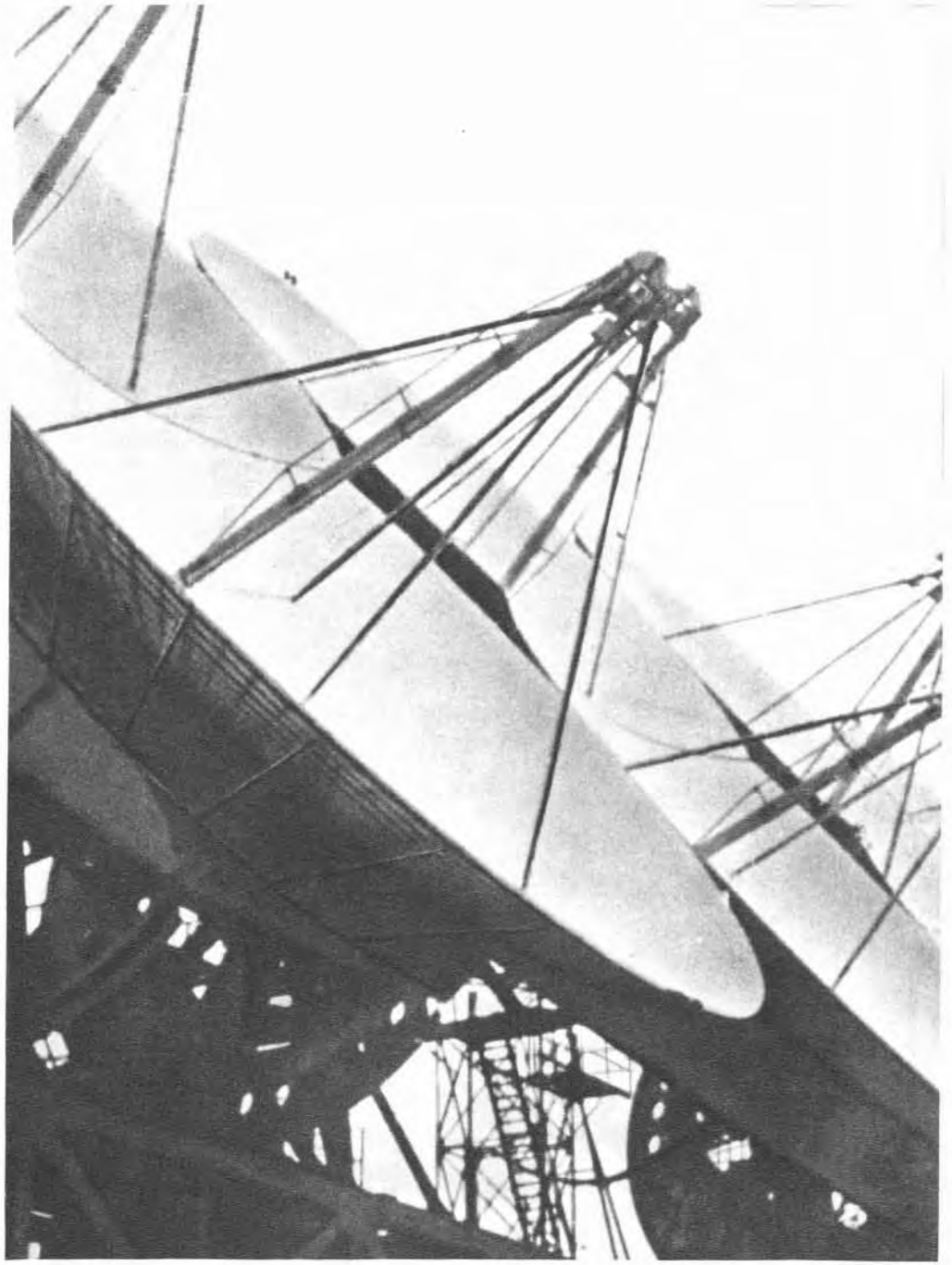


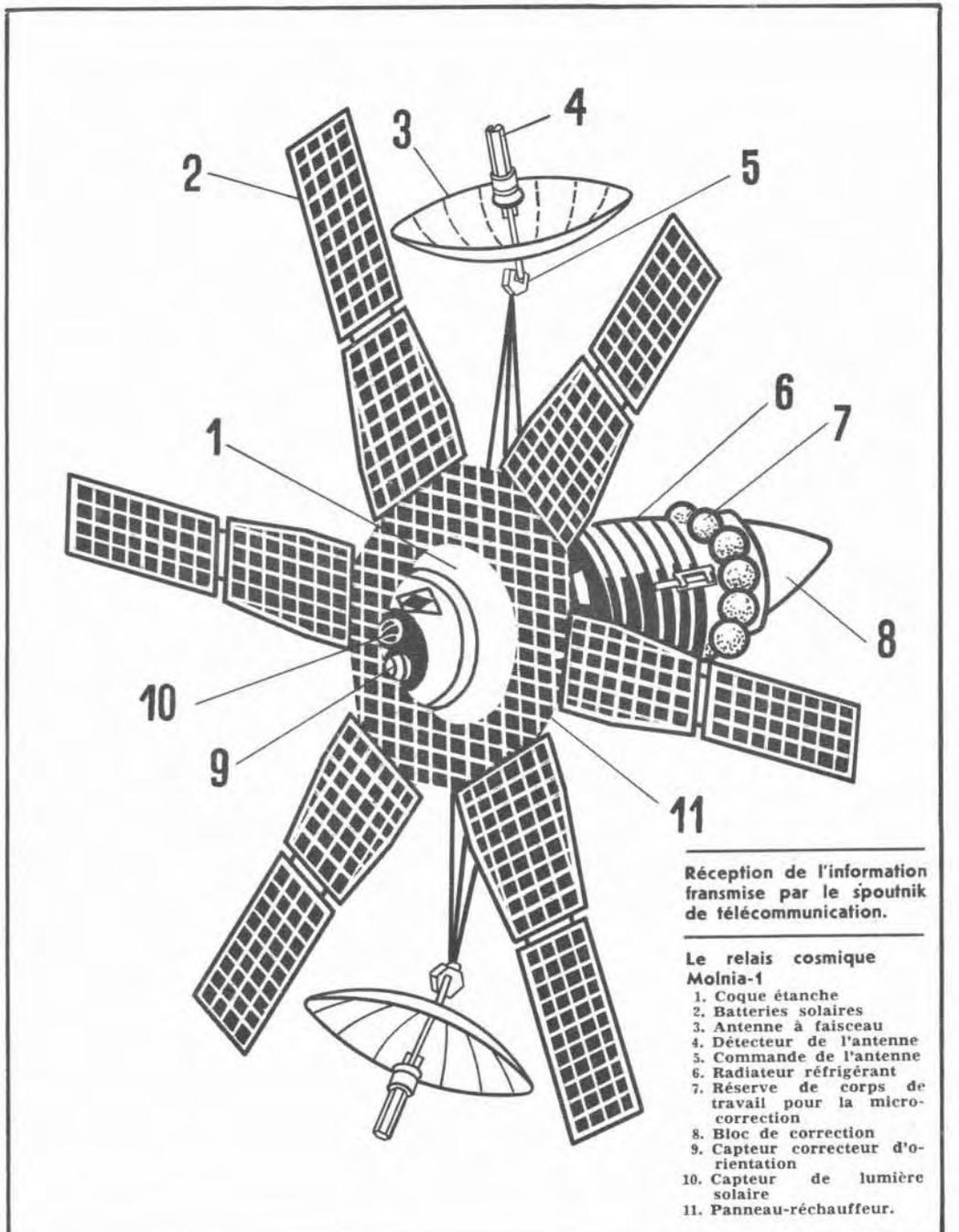
La Terre photographiée par Molnia-1.

Cosmos-122 a photographié ce puissant cyclone au-dessus de l'Atlantique.



Essais électriques du relais Molnia-1 dans l'atelier de montage.

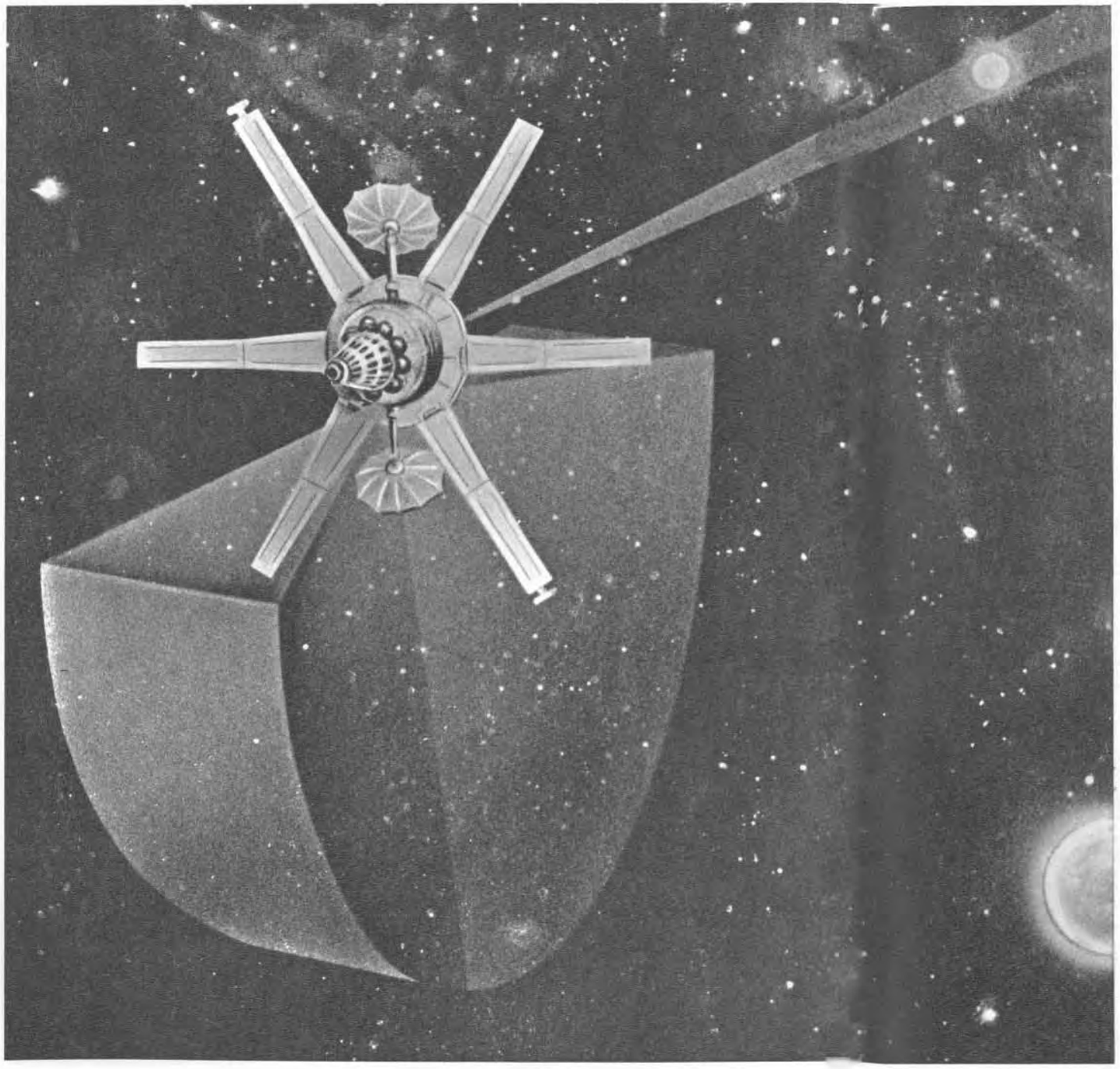




Réception de l'information fransmise par le spoutnik de télécommunication.

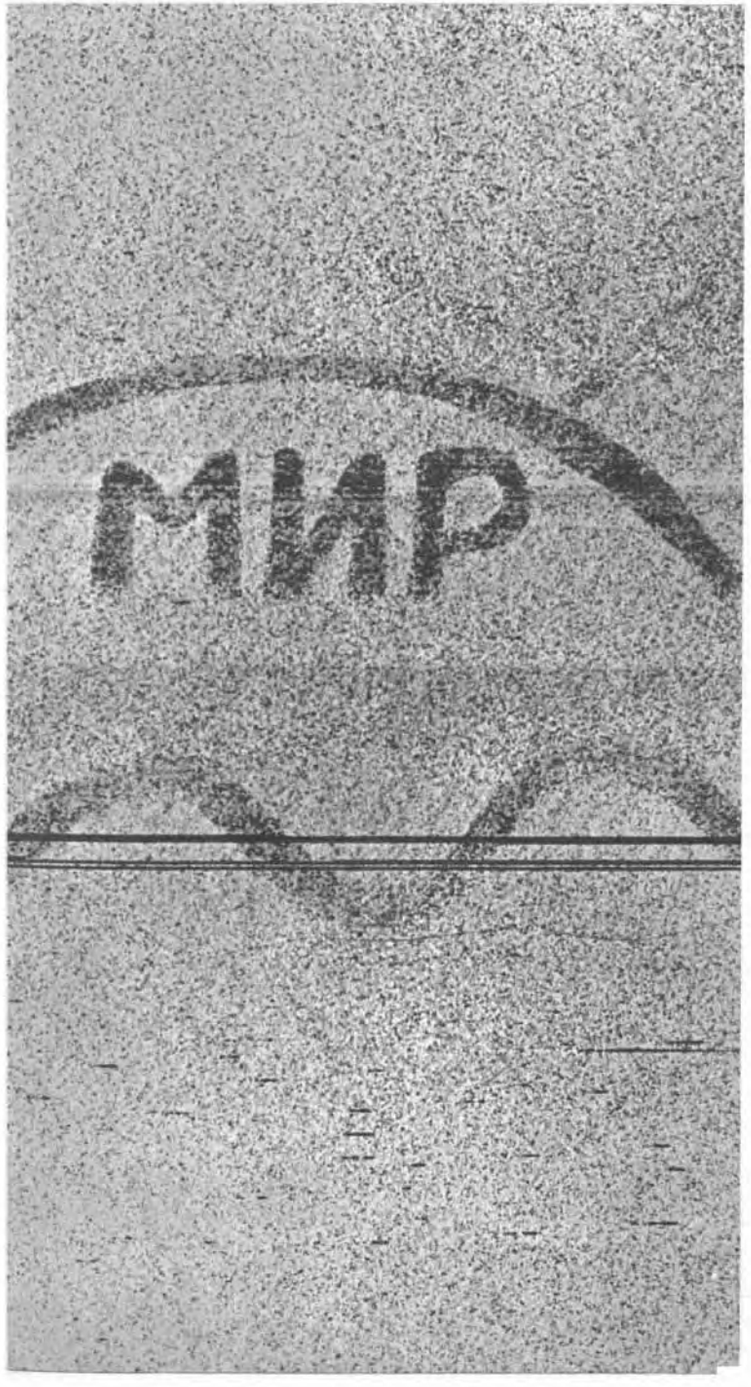
Le relais cosmique Molnia-1

1. Coque étanche
2. Batteries solaires
3. Antenne à faisceau
4. Détecteur de l'antenne
5. Commande de l'antenne
6. Radiateur réfrigérant
7. Réserve de corps de travail pour la micro-correction
8. Bloc de correction
9. Capteur correcteur d'orientation
10. Capteur de lumière solaire
11. Panneau-réchauffeur.



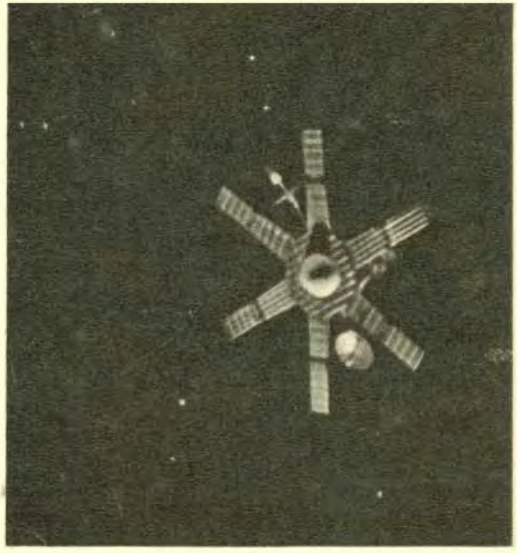
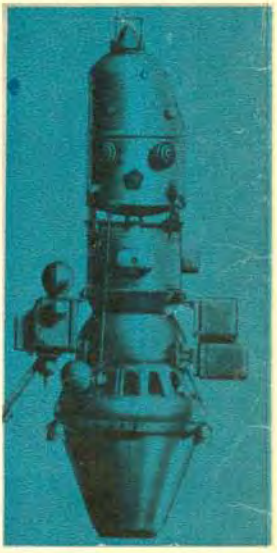
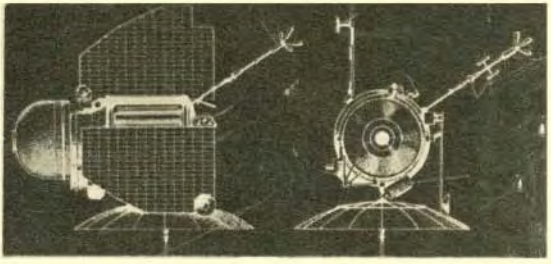
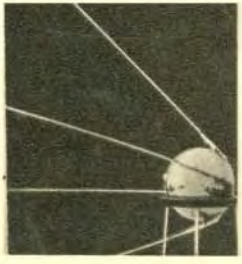
Molnia-1 orienté dans le plan Soleil-spoutnik-Terre.

Une émission retransmise par Molnia-1 : les télé-speakerines Olga Sezemanne (France) et Ludmila Tsarévitch (U.R.S.S.).



On prépare les appareils pour une nouvelle séance d'observation du spoutnik.

Phototélégramme retransmis de Grande-Bretagne à Zimenki (U.R.S.S.) par le spoutnik américain Echo-2.

«ДЕСЯТЬ ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ КОСМОСА»
(*на французском языке*)

Editions
de l'Agence
de Presse Novosti