

# LA MISSION MARTIENNE DE MARINER IV

par J. VERCHEVAL

Centre National de Recherches de l'Espace

## Introduction.

Le 28 novembre 1964, Mariner IV a été lancé de Cap Kennedy par les techniciens de la NASA. Sept mois et demi après cette date et plus précisément le 14 juillet prochain, il devrait passer au voisinage de la planète Mars (voir figure 1).

Ce lancement d'une sonde en direction de la planète rouge est certes le plus complexe de tous ceux que la NASA a entrepris de réaliser depuis les débuts de l'ère spatiale dans le cadre de programmes de vols de véhicules spatiaux non habités. En effet, lors de la rencontre avec Mars,

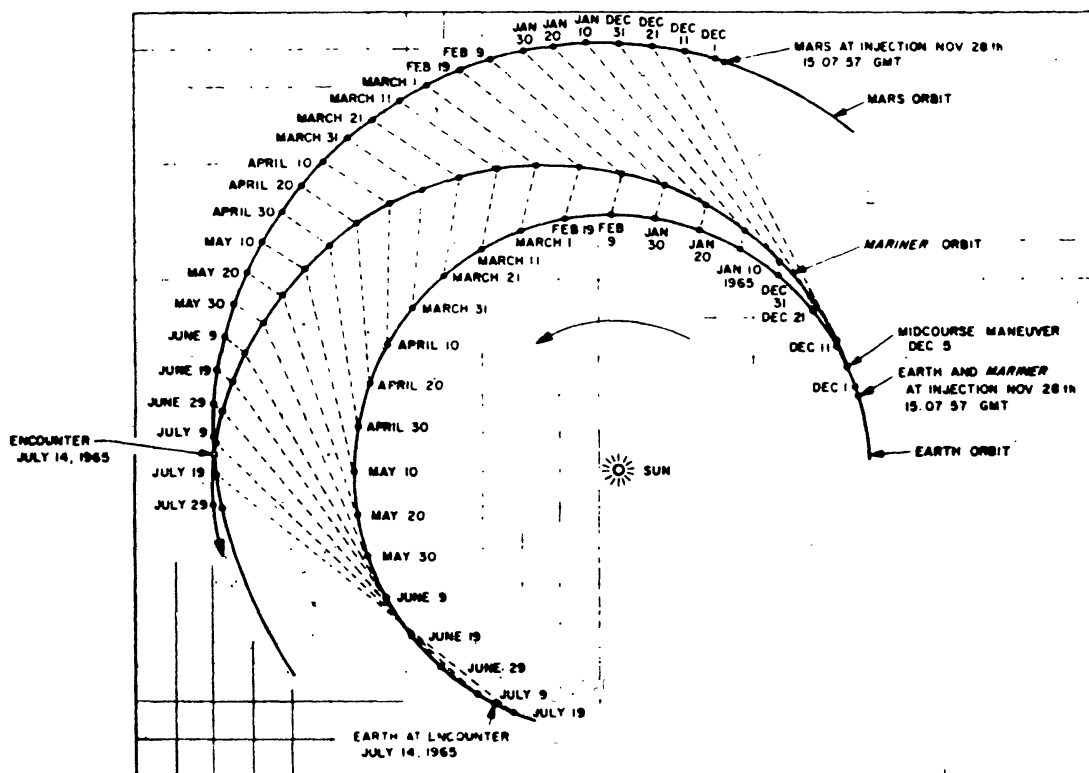


Fig. 1. — Trajectoire de Mariner IV (NASA).

Mariner IV aura parcouru un trajet de l'ordre de 550 millions de kilomètres et la distance pour les radiocommunications avec la Terre atteindra environ 225 millions de kilomètres. Ainsi, la mission martienne de Mariner IV nécessitera une vie utile dans l'espace de quelque huit mois. La plus longue mission jusqu'à présent avait été confiée à la sonde Mariner II lors de son voyage vers la planète Vénus; Mariner II avait alors parcouru 290 millions de kilomètres en trois mois et demi, les communications radio ayant été assurées jusqu'à une distance de 97 millions de kilomètres.

Outre les difficultés inhérentes aux facteurs temps et distance, un délicat problème de balistique s'est posé aux savants et techniciens américains. C'est ainsi qu'il a fallu amener la sonde à une vitesse lui permettant d'une part de se libérer du champ d'attraction terrestre et d'autre part de passer à proximité et « derrière » Mars, à une date qui lui assure une position dans l'espace favorable à la fois aux expériences scientifiques, aux communications radio avec la Terre et à la réception de l'énergie solaire. Le choix de la trajectoire de Mariner IV a donc été limité par de nombreuses restrictions et contraintes. Le temps de vol, par exemple, ne pouvait excéder une limite imposée par le temps de vie utile de la sonde. Afin d'assurer à celle-ci toute l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de ses instruments, la distance Mariner-Soleil devait rester inférieure à 260 millions de kilomètres. D'autre part, lors de la rencontre avec Mars, la planète rouge et ses deux satellites ne pouvaient entrer dans le champ des capteurs dont la sonde est équipée. Il a fallu également tenir compte de l'effet de la pression du vent solaire sur la trajectoire ainsi que des attractions gravifiques du Soleil, de la Terre, de Mars et des planètes Mercure, Vénus et Jupiter. Les techniciens ont dû en outre chercher à rendre la vitesse d'approche aussi faible que possible, en s'assurant cependant que la trajectoire ne conduirait pas à un impact, cela en vue d'empêcher une contamination de la planète par des microorganismes terrestres, la précision de l'approche dépendant par ailleurs de la précision du lancement et d'éventuelles corrections de mi-course.

A ces diverses exigences, viennent s'ajouter une série impressionnante de difficultés techniques. A ce point de vue, il est significatif de rappeler que les 261 kg de Mariner IV se répartissent sur 138.000 composants et que chacun de ceux-ci doit fonctionner d'une façon parfaite. Cela permet d'apprécier l'ampleur des difficultés de cette mission martienne.

Les dernières expériences prévues consisteront à prendre des photographies de Mars et à déterminer, grâce à une occultation, quelques-unes des caractéristiques de son atmosphère.

Lors de la publication de ce bulletin, la mission scientifique de Mariner IV sera vraisemblablement sur le point de s'achever et la sonde reviendra ainsi au premier plan de l'actualité. C'est pourquoi nous avons

jugé intéressant de présenter une mise au point avant cette grande « première » spatiale.

Après avoir rappelé les caractéristiques essentielles de la sonde et de son équipement, nous définissons l'ensemble de sa mission scientifique. La chronologie des cinq premiers mois du vol est alors esquissée en insistant plus particulièrement sur les manœuvres techniques nécessaires pour assurer un bon déroulement ultérieur de la mission. L'article se termine par une brève énumération de quelques résultats scientifiques transmis au cours de cette même période.

### *Description.*

Mariner IV, conçu et construit par le Jet Propulsion Laboratory se présente essentiellement comme une structure octogonale comprenant sept compartiments électroniques, le huitième compartiment renfermant le système de propulsion prévu pour la correction de mi-course (figure 2). Au sommet de cette structure, sont fixés quatre panneaux solaires de 182 cm de longueur et 90 cm de largeur, portant chacun à leur extrémité une palette jouant le rôle d'un système auxiliaire de contrôle d'attitude; ces palettes ont pour mission de corriger le déséquilibre dû à la pression solaire sur les panneaux. Le système principal de contrôle d'attitude comporte douze réacteurs de gaz froids montés aux extrémités des panneaux solaires et répartis en deux groupes de six, constituant chacun un système complet de commande d'attitude avec sa propre bouteille d'azote. Le débit d'éjection du gaz est commandé par des circuits logiques dépendant eux-mêmes de la véritable plate-forme à inertie que constitue la sonde. Les réacteurs sont contrôlés par trois gyroscopes, un détecteur fixé sur l'étoile Canopus et deux détecteurs solaires. Le système de repérage de l'étoile Canopus est placé à la base inférieure de la structure octogonale à proximité d'une caméra de télévision tandis que les détecteurs solaires sont situés sur et sous le corps de la sonde. L'ensemble est surmonté par deux antennes : l'antenne à grand gain fixée par une structure légère à huit bras, avec un réflecteur elliptique de 117 cm sur 53 cm dont la section transversale est parabolique, et l'antenne à faible gain montée à l'extrémité d'un tube d'aluminium, de 10 cm de diamètre, s'étendant jusqu'à 8,24 m du sommet de l'octogone de base et servant de guide d'onde pour cette antenne. Six des huit compartiments de la structure de base sont munis sur leur paroi extérieure de dispositifs de contrôle thermique qui consistent en un système d'auvents de métal poli, mus par des bandes de métal enroulé qui agissent comme des ressorts et commandent l'ouverture et la fermeture des auvents. L'intérieur de la sonde est isolé par un écran de protection thermique (30 couches de mylar aluminisé placées entre du téflon et du dacron).

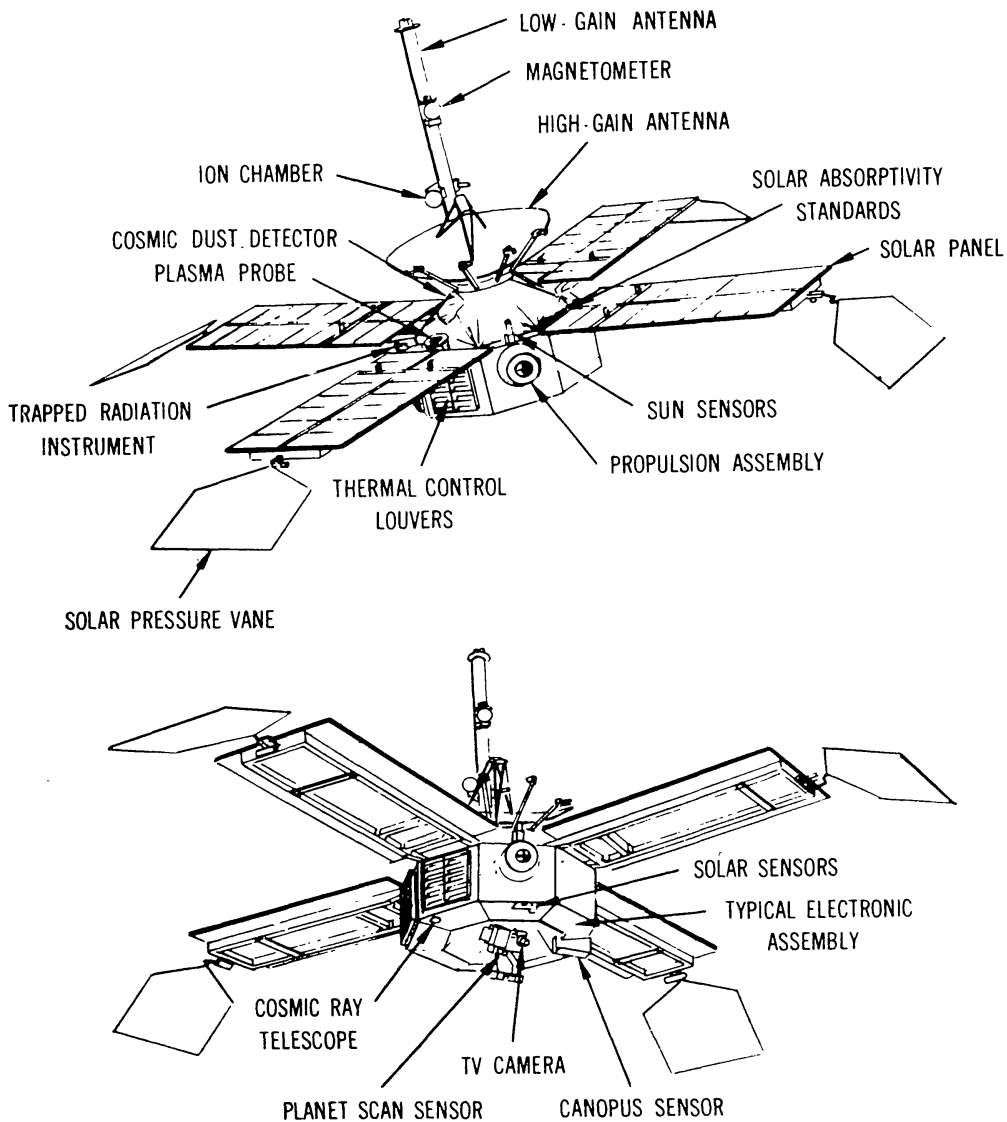


Fig. 2. — Représentation de Mariner IV et de ses sous-ensembles (NASA).

La source principale d'énergie est l'ensemble de 28224 cellules solaires réparties sur quatre panneaux. Chacun de ces panneaux pèse environ 8,5 kg, les cellules solaires incluses. Celles-ci permettent d'obtenir une puissance nominale maximum de 640 watts (310 à proximité de Mars), la demande de puissance au cours de la mission ne devant pas excéder 140 à 255 watts. Une batterie argent-zinc est prévue pour fournir l'énergie nécessaire au cours du lancement, lors de la manœuvre de mi-course et à tout instant lorsque les panneaux solaires ne sont plus dans une position favorable par rapport au Soleil. Cette batterie fournit entre 900 et 1200 watts-heures.

Les liaisons entre Mariner IV et la Terre sont assurées par un système de communication à deux émetteurs et un seul récepteur. Les communications s'effectuent sous forme digitale. Mariner IV est capable de recevoir 29 ordres à exécuter immédiatement et un ordre à mettre en mémoire. Les données transmises par la sonde sont à la fois technologiques (voltage, pression, température des appareils, etc...) et scientifiques. Tous ces renseignements, à l'exception des images de télévision, sont transmis en temps réel. Mariner IV peut débiter ses informations à raison de 8,33 bits par seconde ou 33,33 bits par seconde, la vitesse la plus grande étant utilisée tant que les signaux émis restent suffisamment intenses pour permettre une bonne réception des données. Le récepteur travaille dans la bande S, à 2113 Mc/s et les émetteurs à 2295 Mc/s.

Mariner IV est également équipé d'un moteur de manœuvres prévu pour une double correction de trajectoire. D'une poussée constante de près de 23 kg, ce moteur peut fonctionner pendant un temps maximum de 100 secondes mais peut être mis à feu pendant des durées aussi limitées que 50 millisecondes. Il est capable de modifier la vitesse de la sonde au minimum de 200 mètres par heure, au maximum de 300 kilomètres par heure.

Enfin, un dispositif électronique essentiel, le « Central Computer and Sequencer », règle l'activité des sous-systèmes de la sonde.

Mariner IV pèse 261 kg et mesure 2,90 m de hauteur jusqu'au sommet de l'antenne à faible gain. Après déploiement des panneaux solaires, la sonde a une envergure de 6,90 m.

### *Expériences.*

La mission de Mariner IV a pour objectif à la fois d'acquérir une expérience sur le comportement d'un véhicule spatial, au cours d'un vol de longue durée loin du Soleil, et de procéder à des mesures scientifiques dans l'espace interplanétaire entre la Terre et Mars et dans le voisinage même de Mars.

En réalité, huit expériences scientifiques ont été prévues. En voici une description :

— Un détecteur de plasma fournit des renseignements sur la densité, la direction, les vitesses et la température des protons à faible énergie (de 30 à 10 000 eV) du vent solaire. L'étude de ce plasma solaire est très importante car il est le facteur essentiel affectant les champs magnétiques et les rayons cosmiques dans l'espace interplanétaire. Pour comprendre la nature de l'espace interplanétaire, il est donc essentiel de connaître au préalable la nature de ce plasma.

— Des mesures de radiation, principalement des rayons cosmiques galactiques, dans une gamme d'énergie supérieure à 10 millions d'élec-

trons volts pour les protons, à un demi-million d'électrons volts pour les électrons et à 40 millions d'électrons volts pour les particules alpha, sont effectuées grâce à une chambre d'ionisation et un tube Geiger-Mueller. La chambre d'ionisation mesure l'intensité moyenne des radiations dans une gamme d'énergie tandis que le tube Geiger-Mueller associé compte le nombre des particules chargées. L'ensemble des résultats permet d'acquérir des données sur la densité des rayons cosmiques et sur leur distribution énergétique dans l'espace interplanétaire entre la Terre et Mars et au voisinage de Mars.

— La présence de particules piégées autour de Mars donnerait de précieux renseignements sur les conditions magnétiques régnant à proximité de la planète. Si ces particules existent, elles pourraient être semblables à celles qui constituent les ceintures de Van Allen autour de la Terre. Mariner IV est équipé de quatre détecteurs ayant pour objectif principal de détecter éventuellement semblables particules au voisinage de Mars. Il s'agit de trois tubes de Geiger-Mueller et d'un détecteur constitué par une diode au silicium recouverte d'une fine couche de nickel.

— La quatrième expérience consiste à rechercher un éventuel champ magnétique autour de Mars et à en établir une carte, à étudier l'interaction entre les champs magnétiques planétaire et interplanétaire et enfin à mesurer l'intensité et la direction du champ magnétique interplanétaire. L'appareil de mesure utilisé est un magnétomètre à hélium; la quantité de lumière passant à travers un gaz d'hélium porté à un niveau d'énergie excité dépend de l'angle entre le faisceau lumineux et la direction du champ magnétique ambiant : tel est le principe de la mesure.

— Un télescope pour rayons cosmiques détecte et mesure les rayons cosmiques selon leurs différents types, leur distribution énergétique et la direction de leurs mouvements. Cette expérience permet une analyse détaillée du domaine d'énergie couvert par la chambre d'ionisation.

— La quantité de mouvement des particules cosmiques et leur distribution à proximité de la Terre, dans l'espace interplanétaire et aux alentours de Mars, sont mesurées par un détecteur de poussières cosmiques. Lorsqu'une particule vient heurter une plaque d'aluminium à la surface de Mariner IV, un microphone enregistre le bruit de l'impact. La force du signal fournit des données sur la quantité de mouvement de la particule. Signalons que la sonde devait passer, pendant plusieurs jours, au voisinage d'essaims de météorites tels que ceux des Leonides, Geminides et Ursides par exemple.

Les deux dernières expériences scientifiques ne commenceront que lorsque la sonde sera suffisamment proche de Mars. Ces expériences permettent de prendre des photographies de la planète rouge et de déterminer, grâce à l'occultation de la sonde, quelques-unes des caractéristi-



ques de son atmosphère. La figure 3 montre les positions relatives successives de Mariner IV et de la planète au cours de ces expériences. Au moment où Mariner IV sera à proximité de Mars, une simple caméra de télévision, regardant Mars à travers un télescope réfléchissant, prendra 22 photographies de la surface de la planète. Le télescope est du type Cassegrain d'ouverture  $f/8$ , de 30 cm de distance focale avec un miroir de 41,55 millimètres en béryllium. La caméra comporte un tube video prévu pour prendre une image toutes les 48 secondes, soit 24 secondes pour la préparation de l'image et 24 secondes pour son effacement. Les photographies seront balayées sur 200 lignes et enregistrées, sous forme digitale, sur une bande magnétique de 100 mètres de long à raison de 10.700 bits par seconde. Chaque photographie représente une quantité d'informations d'environ 250.000 bits. Le temps proprement dit de prise de vue de chacune d'elles sera très faible : 0,2 seconde. Après que Mariner IV se sera éloigné de Mars, les photographies seront retransmises vers la Terre à raison de 8,33 bits par seconde. Il faudra donc environ 8 h 20 m pour retransmettre une seule image. Etant donné la longue distance à parcourir, cette faible vitesse de transmission est absolument nécessaire si l'on veut obtenir des signaux clairs et intenses. Deux opérations successives de transmission d'images seront séparées par une opération d'une heure et demie réservée à la transmission de données technologiques sur le comportement de la sonde elle-même. D'autre part, l'opération de transmission des images sera répétée par mesure de sécurité. Cette retransmission pourrait toutefois être de moins bonne qualité en raison de l'éloignement croissant de Mariner IV.

L'analyse de la trajectoire déjà parcourue par la sonde a permis aux techniciens de la Jet Propulsion Laboratory de désigner les zones de la surface martienne dont Mariner IV transmettra les photographies. La première photographie sera prise au moment où la sonde se trouvera à 13.500 kilomètres de la planète. Il sera alors 20 h 25 m, heure de Cap Kennedy. La caméra balayera une bande de près de 6500 kilomètres de longueur, englobant aussi bien l'hémisphère nord que l'hémisphère sud (le désert Amazonis, la Mare Sirenum, le désert Phaethontis et Aonius Sinus). Lors de la dernière photographie, Mariner IV sera à environ 10.100 kilomètres de la surface martienne. L'ensemble de la séquence photographique ne prendra que 25 minutes. Le maximum de résolution des photos sera atteint vers le milieu de cette période. A cet instant, les photographies couvriront une surface d'environ 240 kilomètres de côté et seront assez nettes pour qu'on y remarque des détails de 3 kilomètres. 21 minutes après la dernière photographie, la sonde se situera au point de sa trajectoire le plus rapproché de Mars, c'est-à-dire à environ 8700 kilomètres de la planète.



La NASA a invité les astronomes amateurs et professionnels à observer les régions indiquées, avant et après l'expérience, de manière à disposer du plus grand nombre possible d'informations intéressantes permettant de faire un maximum de comparaisons entre les données enregistrées au sol et celles qui seront fournies par les photographies transmises par la sonde.

La dernière expérience prévue est celle qui permettra de déterminer certaines caractéristiques de l'atmosphère martienne. Si l'engin passe derrière Mars à une distance convenable, les signaux radioélectriques qu'il émettra seront réfractés par l'atmosphère de la planète et leurs enregistrements par les diverses stations terrestres montreront des variations dont on espère déduire la densité et la hauteur d'échelle des couches traversées. La connaissance des caractéristiques de l'atmosphère martienne est indispensable pour envisager l'envoi sur cette planète d'une capsule devant se poser en douceur.

Terminons en signalant que sept des huit expériences scientifiques placées à bord de Mariner IV sont contrôlées et synchronisées par le Data Automation System (DAS), système d'automatisation des données. Celui-ci accumule les données scientifiques et les réduit à une forme digitale avant de les transmettre vers la Terre. Seule, l'expérience d'occultation n'est pas contrôlée par ce système.

### *Chronologie du vol.*

Le lancement de Mariner IV par une fusée Atlas Agena a lieu le 28 novembre 1964 à 9 h 22 m, heure de Cap Kennedy. Cinq minutes après le départ, le carénage protégeant la sonde pendant la première phase de propulsion est éjecté correctement. Signalons que l'analyse des causes de l'échec de Mariner III a montré qu'il était vraisemblablement dû à une éjection défectueuse de ce carénage : la fusée s'était trouvée alourdie et n'avait pas atteint la vitesse prévue; de plus, la présence intempestive de ce dôme de protection avait empêché le déploiement des panneaux solaires et par suite l'alimentation des batteries.

Six minutes après le lancement, le second étage est mis à feu une première fois afin de placer la sonde sur une orbite d'attente; 32 minutes plus tard, alors que Mariner IV se trouve à une altitude de 198 kilomètres au-dessus de l'Océan Indien, le second étage Agena est de nouveau mis à feu et propulse la sonde sur son orbite martienne à la vitesse de 41.196 kilomètres par heure par rapport à la Terre. La combustion du second étage achevée, Mariner IV déploie ses panneaux solaires et les oriente vers le Soleil grâce à son système de contrôle d'attitude : il est alors 10 h 08 m, heure de Cap Kennedy.

Après quelques heures de vol, l'examen des signaux reçus par les stations de tracking indique qu'en l'absence de correction, Mariner IV passerait à 243 000 kilomètres de Mars, le 16 juillet 1965; une correction de trajectoire s'impose donc pour permettre à la sonde de s'approcher davantage de son objectif. Cette manœuvre est fixée au 5 décembre.

Reste le repérage de l'étoile Canopus. L'opération consiste à amener l'étoile Canopus dans le champ du viseur commandant le système d'orientation de Mariner IV. L'étoile Canopus a été choisie parce qu'elle est l'une des étoiles les plus brillantes située, par rapport à la sonde, à une distance angulaire satisfaisante de la Terre et du Soleil. L'opération ne s'effectue pas sans difficultés car il apparaît que d'autres étoiles sont propres à se laisser « capter » par le viseur de Mariner IV. Ainsi, à plusieurs reprises, le viseur se trompe d'étoiles et chaque fois les techniciens américains doivent, depuis la Terre, ordonner à la sonde de reprendre sa rotation autour de son axe dirigé vers le Soleil, afin de l'immobiliser cette fois avec le viseur dans la bonne direction. C'est chose faite le 30 novembre alors que Mariner IV se trouve à environ 610.000 kilomètres de la Terre : l'opération a duré 28 heures !

Le 5 décembre 1964, on décide de réaliser la première correction de trajectoire au moyen du moteur de manœuvres; celui-ci fonctionne bien et donne la vitesse voulue pour assurer à Mariner IV un passage à une distance de Mars convenable pour l'exécution du programme scientifique prévu. Le complément de vitesse ainsi fourni (45 kilomètres par heure par rapport à la Terre) et une modification d'un quart de degré de la direction de la trajectoire entraînent les conséquences suivantes :

- Mariner IV passera « derrière » Mars, à environ 8700 kilomètres de la surface martienne;
- la durée du voyage Terre-Mars est abrégée de deux jours, l'arrivée à proximité de la planète étant maintenant prévue pour le 14 juillet 1965;
- l'expérience d'occultation pourra en principe être réalisée.

Il apparaît ainsi qu'une seconde correction de trajectoire ne sera pas nécessaire.

Le 7 décembre, les techniciens américains annoncent que toutes les expériences sont conduites avec succès, à l'exception d'une seule dont les signaux sont inintelligibles : il s'agit du détecteur de plasma solaire. Le même jour, le capteur stellaire perd le contact une nouvelle fois avec l'étoile Canopus et s'oriente sur l'étoile  $\gamma$ -Velorum. Il semble qu'une particule météorique est à l'origine de cette rupture : cette particule a pu passer à proximité du capteur et réfracter la lumière solaire. L'orientation sur Canopus n'étant pas essentielle au cours de cette période, les techniciens de la NASA décident de remédier plus tard à cet état de choses.

Le 12 décembre, Mariner IV traverse un premier courant de météorites.

Le 17 décembre, les techniciens transmettent à la sonde deux commandes qui ont pour objet de ramener l'étoile Canopus dans son viseur et d'empêcher une nouvelle rupture de contact. En réalité, la lumière solaire réfléchiée par une particule de dimensions comparables au tiers du diamètre d'un cheveu et passant à 60 centimètres du viseur, produirait une intensité lumineuse suffisante pour provoquer la perte de contact avec Canopus. La seconde commande a précisément pour but de rendre la sonde moins sensible à semblables particules.

Le 20 décembre, la sonde pénètre dans un deuxième courant de météorites. On apprend qu'à cette date, Mariner IV a déjà effectué 7 millions et demi de mesures scientifiques et technologiques dans l'espace interplanétaire.

Depuis son lancement, la sonde a transmis 33,33 bits d'informations par seconde. Le 3 janvier 1965, ce taux de transmission est ramené à 8,33 bits par seconde, eu égard à l'éloignement croissant du véhicule par rapport à la Terre. A ce moment, Mariner IV se trouve à 9.910.000 kilomètres de la Terre. Cette vitesse de télémétrie sera maintenue durant tout le reste de la mission.

Le 11 février, une série de douze signaux de télécommande est envoyée à Mariner IV pour vérifier le bon fonctionnement des équipements placés à bord. L'un des douze ordres, par exemple, fait basculer l'obturateur des lentilles de la caméra de télévision, ce qui secoue très légèrement le véhicule; la secousse toutefois, est suffisante pour libérer les poussières météoriques qui ont pu rester bloquées dans les dispositifs au moment où Mariner IV a traversé les courants de météorites.

Le 27 février, sur commande, l'angle de visée du capteur de l'étoile Canopus est modifié électroniquement pour tenir compte d'un changement de situation relative de la sonde, du Soleil et de Canopus. Trois manœuvres de ce genre sont encore prévues au cours du reste de la mission.

Le 3 mars, le Jet Propulsion Laboratory annonce que le détecteur de plasma solaire, qui avait cessé de fonctionner normalement dix jours après le lancement, donne à présent des renseignements compréhensibles aux scientifiques. En fait, le mauvais fonctionnement de ce détecteur était dû à une déféctuosité d'une résistance dans le circuit à haut voltage de l'instrument. En tenant compte de cet état de chose, les expérimentateurs ont été capables de recalibrer l'instrument et d'interpréter à nouveau les données. On apprend par la même occasion que le tube Geiger-Mueller, associé à la chambre d'ionisation, n'opère plus correctement. A ce jour, Mariner IV a reçu et exécuté 42 commandes en provenance de la Terre, auxquelles doivent s'ajouter celles issues de son « Central Computer and Sequencer ».

Le 5 mars, l'émetteur de Mariner IV est branché automatiquement sur l'antenne à champ étroit (antenne à grand gain), l'antenne omnidirectionnelle ayant été utilisée jusqu'alors. Cette modification d'utilisation des antennes est rendue nécessaire par l'accroissement de la distance entre la Terre et Mariner IV. Cet accroissement exige que les signaux radio de la sonde soient concentrés en un faisceau étroit en vue de maintenir des communications continues au cours du reste de la mission. Ainsi, cette manœuvre permet d'augmenter de 40 pour cent l'intensité des signaux reçus. Mariner IV se trouve alors à 43 millions de kilomètres de la Terre.

On apprend également qu'à la suite de la commande spéciale du 17 décembre 1964, le capteur de Canopus s'est définitivement orienté sur l'étoile Canopus.

Le 11 mars 1965, les responsables du projet Mariner annoncent que Mariner IV a effectué 16,5 millions de mesures technologiques et scientifiques dans l'espace interplanétaire.

Le 19 mars, les officiels du Jet Propulsion Laboratory signalent que depuis le 17 mars, la chambre d'ionisation a cessé de transmettre des données. Des milliers de mesures ont néanmoins été effectuées par cet instrument depuis la date de lancement. Les autres instruments fonctionnent normalement.

Le 21 mars, Mariner IV atteint un point situé à mi-distance entre les orbites de la Terre et de Mars. Le lendemain, la sonde a accompli 114 jours de vol, soit la moitié de la durée de son voyage Terre-Mars.

Le 6 avril, Mariner IV égale le record en durée de vie utile établi par Mariner II, en janvier 1963. En effet, le contact avec Mariner II a été perdu au cours de son 129<sup>e</sup> jour de vol, après qu'il eut achevé son survol de la planète Vénus.

Le 29 avril, Mariner IV, en se trouvant à 106 millions de kilomètres de la Terre, établit un nouveau record concernant les communications à longue distance. Ce record était jusqu'alors détenu par la sonde soviétique Mars 1 : c'est le 21 mars 1963 que les soviétiques ont perdu définitivement contact avec leur sonde alors que celle-ci se trouvait à 105 millions de kilomètres de la Terre.

Depuis cette date, aucun fait essentiel n'a été communiqué.

### *Résultats.*

Au cours des deux premiers tiers de sa mission, Mariner IV a transmis 21 millions de mesures technologiques et scientifiques. Ces données demandent certes un certain temps pour être dépouillées complètement; mais déjà quelques résultats fournis par la sonde ont été décrits par des scientifiques américains.

Des mesures concernant les ceintures de radiation de Van Allen ont par exemple été effectuées avec grande précision, les instruments à bord de Mariner IV étant trente fois plus sensibles que ceux des missions précédentes. Van Allen affirme que pour la première fois, des mesures continues ont été réalisées; il semble ainsi que les ceintures s'étendent jusqu'à 24 rayons terrestres de la Terre.

Mariner IV a également détecté plus de radiation entre la Terre et Mars que Mariner II n'en avait trouvé entre la Terre et Vénus. En particulier, au cours de l'éruption solaire du 5 février, le tube Geiger-Muller a enregistré une intensité de radiation 80 fois supérieure à l'intensité normale.

D'autre part, le détecteur de plasma solaire a enregistré, à 220.000 kilomètres de la Terre, l'onde de choc produite par le vent solaire dans le champ géomagnétique.

Jusqu'à présent, le compteur de météorites s'est également très bien acquitté de sa mission. Il a d'abord révélé au-delà de l'orbite de la Terre une densité météorologique très faible : 77 impacts seulement au cours des 3100 premières heures de vol. Mais les chocs sont devenus plus nombreux par la suite; en ce moment, leur fréquence paraît croître de jour en jour à mesure que Mariner IV s'éloigne du Soleil. On peut en avoir l'explication en remarquant que la planète Mars gravite en bordure de la zone des astéroïdes. C'est pourquoi il semble que la poussière cosmique est plus dense au-delà de l'orbite terrestre qu'elle ne l'est entre la Terre et Vénus. Rappelons ici que Mariner II enregistra seulement deux impacts de micro-météorites au cours de son vol vers Vénus en 1962.

Ces résultats ne sont évidemment que partiels. Un bilan définitif ne pourra être établi qu'après dépouillement de toutes les données.

Cependant, un fait paraît acquis : balistiquement, l'opération Mariner IV peut dès à présent être considérée comme une réussite totale : la sonde passera « derrière » Mars à moins de 10.000 kilomètres de la planète, alors qu'initialement, le projet avait été conçu pour un passage à 15.000 kilomètres. A ce point de vue, il semble que les expériences de **télévision** et d'occultation s'effectueront dans les meilleures conditions. Les spécialistes américains soulignent toutefois que pour le matériel spatial, le facteur le plus préjudiciable est le temps; mais l'équipement de Mariner IV fonctionne de façon satisfaisante depuis maintenant cinq mois, et à l'heure où nous écrivons ces lignes, moins de trois mois nous séparent de l'accomplissement total de la mission.

Certes, l'équipement de la sonde a connu de légères défaillances. Ainsi, le système auxiliaire de contrôle d'attitude semble actuellement hors de service. Un effort sensiblement plus important va donc être demandé au système principal de commande d'attitude. Mais en dépit de la forte

consommation d'azote des premières semaines, lors du pointage de l'étoile Canopus, il semble que les réserves sont encore suffisantes pour faire face à ce surcroît de consommation.

Les techniciens américains manifestent également une légère inquiétude devant le bombardement micrométéorique accru dont Mariner IV est l'objet depuis quelques semaines, la rencontre de la sonde avec ces particules pouvant mettre en péril le fonctionnement du matériel; c'est avec beaucoup d'attention que les techniciens américains suivent la croissance du flux micrométéorique décelé par Mariner IV.

S'il est certes prématuré de crier au succès total de la mission, l'optimisme néanmoins est de rigueur. N'est-il pas significatif d'apprendre que les scientifiques américains espèrent rétablir les communications radio avec Mariner IV, en septembre 1967, après une interruption de deux ans? Ils espèrent ainsi recevoir des nouvelles données alors que la sonde, à cette époque, se retrouvera à quelque 70 millions de kilomètres de la Terre.

Le 1<sup>er</sup> mai 1965.

---