

Sondes R A N G E R - S U R V E Y O R (Deuxieme Partie)



Programme sondes R A N G E R

2-

Le programme Ranger est un programme spatial de l'agence spatiale americaine (NASA) qui s'est deroule dans les annees 1960 et dont l'objectif etait d'obtenir des photographies du sol de la Lune grace a l'envoi de sondes spatiales equipees de cameras. Neuf sondes ont ete lancees entre 1961 et 1965 dont seules les trois dernieres ont pu atteindre leur objectif.

Des le depart le programme avait ete scinde en trois phases (block).

Chaque phase avait des objectifs differents et mettait en oeuvre des systemes d'une complexite croissante. Les concepteurs du programme au JPL avaient prevu d'envoyer a chaque phase plusieurs satellites pour accroitre les retours d'experience, les resultats scientifiques et garantir qu'au moins un vol serait bien reussi.

Le cout total du programme s'est eleve a \$170 millions.

Lancement des sondes Ranger

3-

Ranger 6, lancee le 30 janvier 1964, panne des cameras

Ranger 7, lancee le 28 juillet 1964 S'ecrase sur la Lune le 31 juillet

1964 at 13:25:49 UT Latitude 10.35 S, Longitude 339.42 E - Mer Cognitum

Ranger 8, lancee le 17 fevrier 1965 S'ecrase sur la Lune le 20 fevrier

1965 at 09:57:37 UT Latitude 2.67 N, Longitude 24.65 E - Mer Tranquillitee

Ranger 9 lancee le 21 mars 1965 S'ecrase sur la Lune le 24 mars 1965 at

14:08:20 UT Latitude 12.83 S, Longitude 357.63 E - Cratere Alphonsus



Photo prise par Ranger 7 17 minutes avant son impact sur le sol lunaire.



Programme S U R V E Y O R

4-

Le programme Surveyor de la NASA est un programme d'exploration de la Lune par des engins automatiques qui a joué un rôle important dans la préparation des missions du programme Apollo. En 1960, le centre spatial JPL lance officiellement un projet d'étude scientifique de notre satellite qui doit mettre en œuvre une sonde spatiale capable d'effectuer un atterrissage sur le sol lunaire pour l'étudier in situ.

Les responsables de la NASA reorientent ce projet en 1961 pour en faire un programme de reconnaissance afin de préparer le débarquement de l'homme sur la Lune. Plusieurs sondes Surveyor sont programmées avec désormais comme objectif principal la mise au point d'une méthode d'atterrissage en douceur ainsi que l'étude du sol lunaire et de sa topographie.

La Lune est à l'époque mal connue et les scientifiques n'ont pas de certitude sur la consistance du sol lunaire. Il est impératif de connaître ce paramètre pour valider la conception du train d'atterrissage des modules lunaires.

5-

Le JPL conçoit une sonde spatiale de type atterrisseur dont la fabrication est confiée à la société Hughes Aircraft.

Le projet rencontre de nombreux problèmes: surcoûts, impasses techniques et révisions dramatiques du cahier des charges.

Les sondes Surveyor sont, pour l'époque, des engins complexes et innovants: il s'agit des premières sondes spatiales conçues pour se poser en douceur sur un autre corps céleste.

Construites autour d'un treillis de tubes en aluminium qui leur donne une apparence arachnéenne, elles nécessitent la mise au point de plusieurs dispositifs électroniques et moteurs innovants: une grosse retrofusée aux performances remarquables, des moteurs verniers à la poussée modulable, deux radars dont les données sont utilisées par un système d'atterrissage automatique qui doit être capable de poser la sonde sur un terrain aux caractéristiques inconnues.

6-

Ces sondes de près d'une tonne sont bien plus lourdes que les engins américains qui les ont précédées et près d'une tonne sont bien plus lourdes que les engins américains qui les ont précédées et qui ne dépassent pas 300 kg.

Lorsque le programme débute, il n'existe pas de fusée américaine assez puissante pour lancer une telle masse; la NASA choisit d'utiliser le lanceur Atlas associé à un étage Centaur en cours de développement; celui-ci inaugure l'utilisation de l'hydrogène qui permet de tripler les performances du lanceur Atlas-Agena utilise jusque-là.

Mais sa mise au point est beaucoup plus longue que prévu et le premier lancement d'une sonde Surveyor, initialement programmé en 1963, n'a lieu qu'en 1966.

7-

Entre 1966 et 1968, sept sondes Surveyor sont lancees parmi lesquelles cinq remplissent leur mission avec succes.

Elles fournissent des informations rassurantes sur les proprietes mecaniques du sol lunaire qui se revele apte a supporter le module lunaire Apollo.

Par contre les retombees scientifiques du programme sont limitees car les nombreux instruments scientifiques prevus initialement ne sont pas installes faute d'un etage Centaur suffisamment puissant. La camera presente sur toutes les sondes permet neanmoins de prendre plus de 87,000 photos du sol lunaire et les trois dernieres sondes emportent un instrument qui permet d'analyser la composition chimique du sol.

Compte tenu de la complexite de la mission assignee aux sondes et malgre les retards et les surcouts, le programme est considere comme une reussite du programme spatial americain.

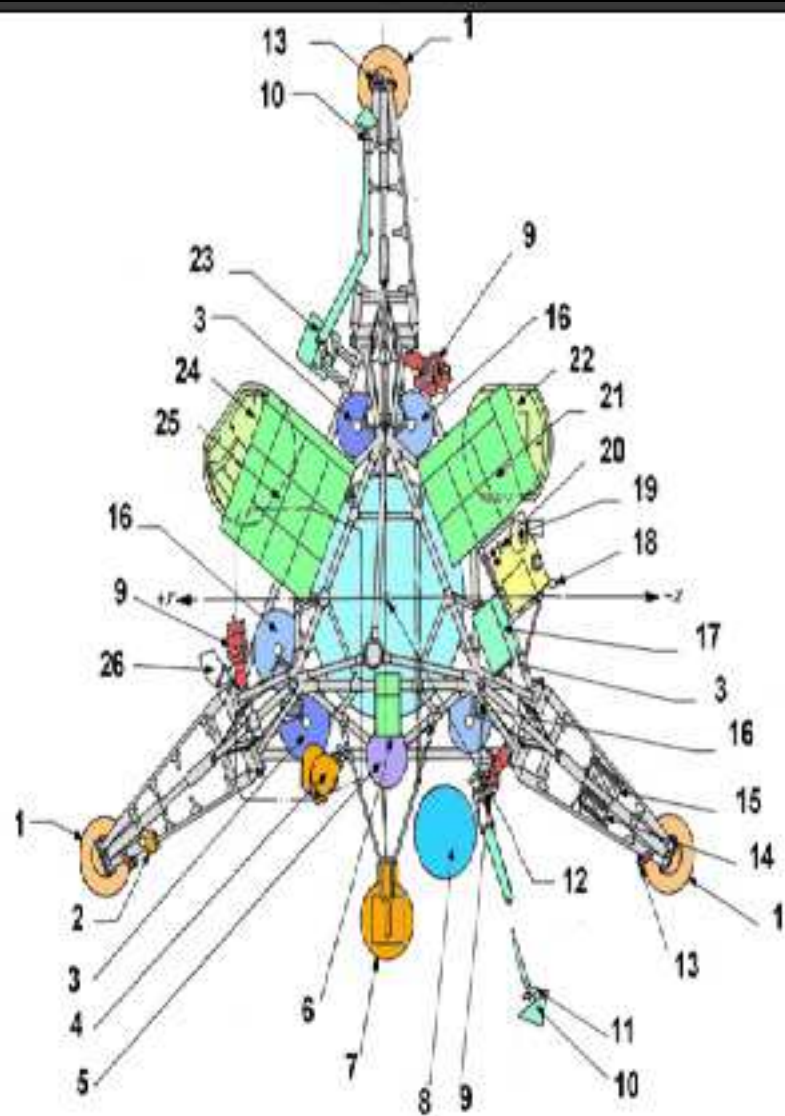


Schéma 1. Vue du dessus d'une sonde Surveyor.

5

- | | | |
|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Semelle du train d'atterrissage | 9. Moteur vernier | 18. Capteur solaire |
| 2. Mire | 10. Antenne omnidirectionnelle | 19. Viseur d'étoiles |
| 3. Réservoir de comburant | 11. Mire | 20. Groupe de capteurs |
| 4. Caméra | 12. Réservoir de la rétrofusée | 21. Boîtier B |
| 5. Réservoir de pressurisation des moteurs de contrôle | 13. Moteur de contrôle d'altitude | 22. Antenne radar vitesse |
| | | 23. Transformateur |
| | | 24. Antenne radar vitesse et altitude |

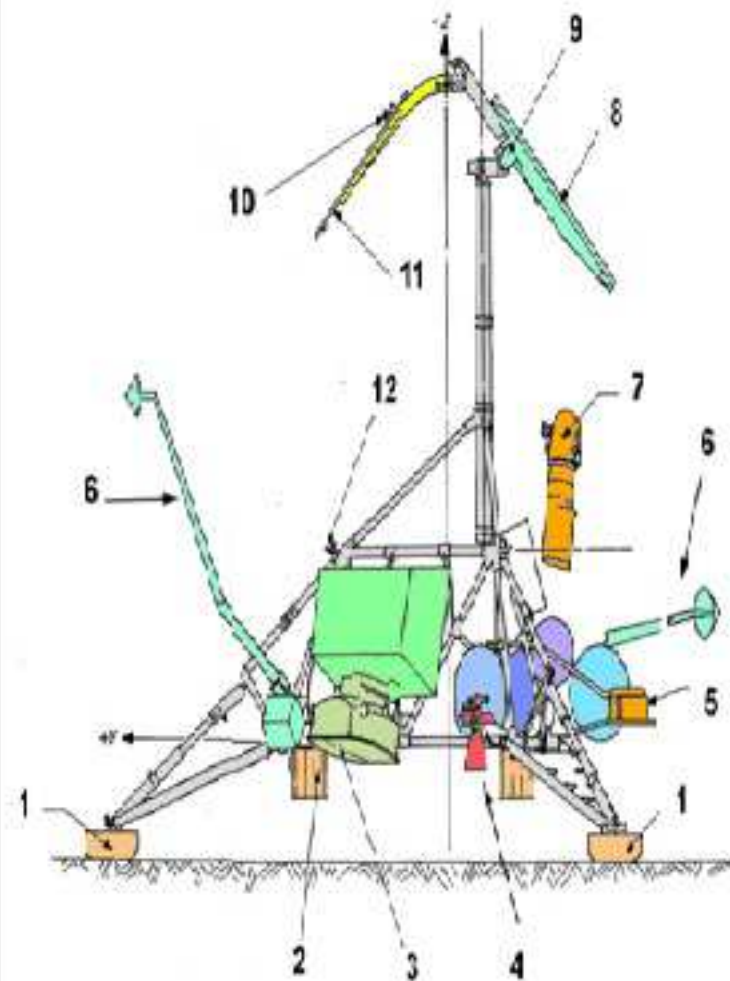
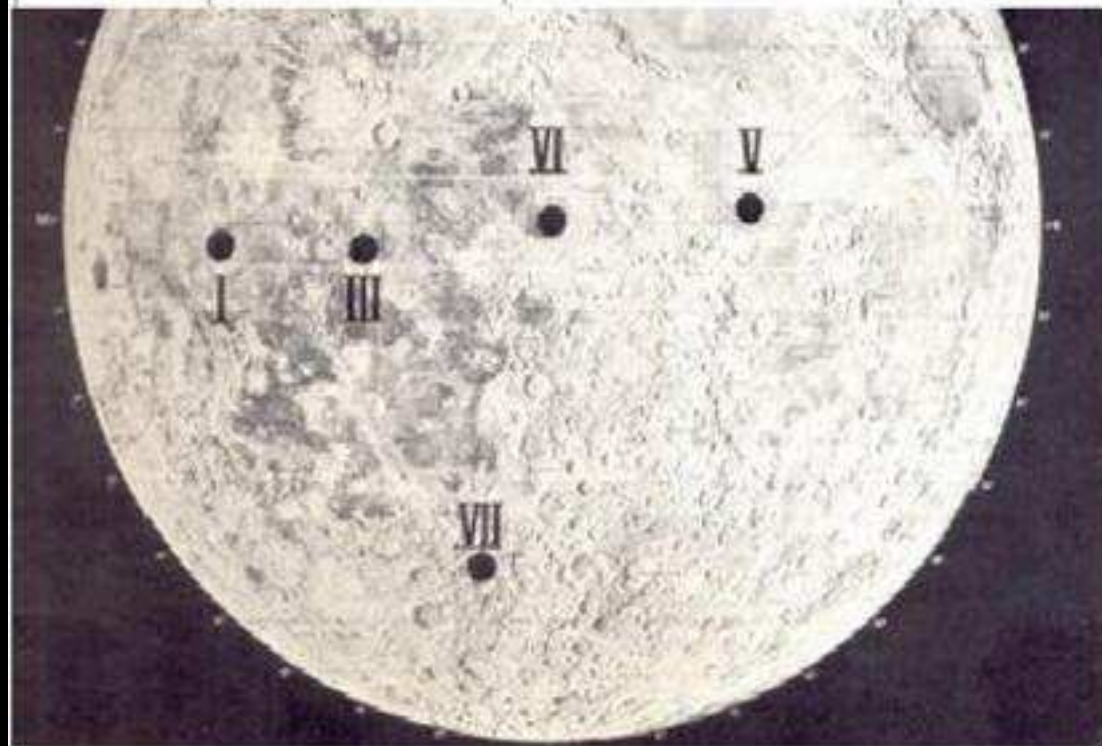


Schéma 2. Configuration à l'atterrissage d'une sonde Surveyor.

5

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Semelle du train d'atterrissage | 7. Caméra |
| 2. Bloc écrasable | 8. Antenne grand gain |
| 3. Antenne radar vitesse et altitude | 9. Système d'orientation de l'antenne et du panneau solaire |
| 4. Moteur vernier | 10. Capteur du panneau solaire |
| 5. Analyseur à particules alpha | 11. Panneau solaire |
| 6. Antenne omnidirectionnelle | 12. Système de déverrouillage du train d'atterrissage |

Sonde	Date du lancement	Masse (kg) totale/atterrissage	Lieu d'atterrissage	Principaux instruments embarqués	Résultat
<i>Surveyor 1</i>	30 mai 1966	995.2 / 294	<i>Océan des Tempêtes</i>	Caméra	Succès
<i>Surveyor 2</i>	20 septembre 1966	- /292	-	Caméra	Échec
<i>Surveyor 3</i>	17 avril 1967	1026/296	<i>Mer de la Connaissance</i>	Caméra, pelle	Succès
<i>Surveyor 4</i>	14 juillet 1967	1038/283	-	Caméra, pelle	Échec
<i>Surveyor 5</i>	8 septembre 1967	1006/303	<i>Mer de la Tranquillité</i>	Caméra, analyseur à rayons alpha	Succès
<i>Surveyor 6</i>	7 novembre 1967	1006/300	<i>Sirius Medii</i>	Caméra, analyseur à rayons alpha	Succès
<i>Surveyor 7</i>	7 janvier 1968	1039/306	<i>Cratère Tycho</i>	Caméra, pelle, analyseur à rayons alpha	Succès



L'enfoncement modéré de la semelle du train d'atterrissage de *Surveyor 1* dans le sol lunaire apporte une réponse rassurante aux responsables du programme Apollo (photo prise le 2 juin 1966).

SURVEYOR - 1 (reussi)

Surveyor 1 est la premiere sonde lunaire du programme americain Surveyor, concue pour explorer la Lune. Le programme fut gere par le Jet Propulsion Laboratory de la NASA, utilisant des engins concus et construits par la compagnie Hughes Aircraft. Elle est lancee le 30 mai 1966 et se pose avec succes le 2 juin 1966 de la meme annee sur l'Ocean des Tempetes.

Il s'agit du premier atterrissage lunaire realise par les Etats-Unis, 4 mois apres celui de la sonde sovietique Luna 9 aux caracteristiques techniques et scientifiques sensiblement plus limitees.

La sonde spatiale fournit des informations precieuses sur la consistance du sol lunaire qui permirent de preparer le premier atterrissage de l'homme sur la Lune.

La sonde transmet en tout tout 11,237 images vers la Terre.

Deroulement de la mission Surveyor 1

Les moteurs furent eteints 3,4 m au-dessus du sol de la Lune. La sonde tomba librement de cette hauteur, se posant le 2 juin 1966 sur l'Ocean des Tempetes, aux coordonnees 2,45 S; 43,22 W. La sonde transmet des donnees peu apres qu'elle eut touche le sol jusqu'au 14 juillet 1966, avec une pause sans operations pendant la nuit lunaire (du 14 juin au 7 juillet 1966).

Les questions techniques se poursuivirent jusqu'au 7 janvier 1967.

Les capteurs indiquereent que le sol lunaire est plutot plus ferme que ce qui etait prevu. Le systeme de telediffusion transmet des images de la semelle de la sonde et du sol lunaire environnant.

La sonde a egalement acquis des donnees sur la reflectivite radar de la surface lunaire, sur la durete du sol lunaire et sur la temperature de la sonde pour son utilisation dans l'analyse des temperatures du sol lunaire.

LIFE

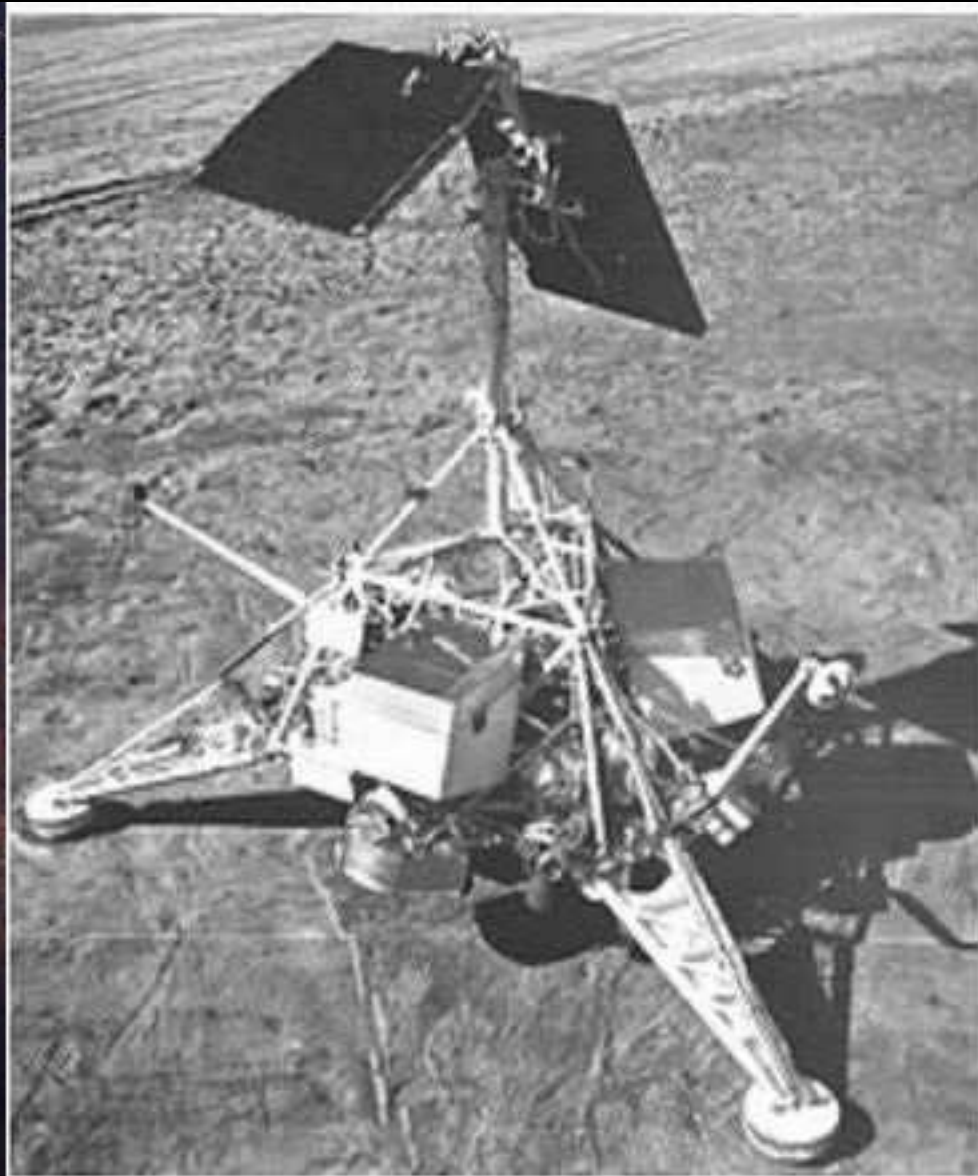
TEXAS—What a State!

The latest lunar report from Surveyor

**THE TRUE COLOR
OF THE
MOON**



Contrasting with orange-hued ring moon seen from earth, Surveyor's photo shows gray-tinted moonscape and a 1-foot-high rock.



La sonde *Surveyor 1*.

SURVEYOR - 2 (echec)

Surveyor 2 a été la deuxième sonde américaine du programme Surveyor d'exploration au sol de la Lune. L'échec d'une correction à mi-parcours conduisit à la culbute et à la perte de contrôle du vaisseau le site d'alunissage prévu était Sinus Medii, mais l'engin spatial s'écrasa près du cratère Copernic.

Lancement le 20 septembre 1966; atterrissage le 23 septembre 1966 Masse: 292 kg.

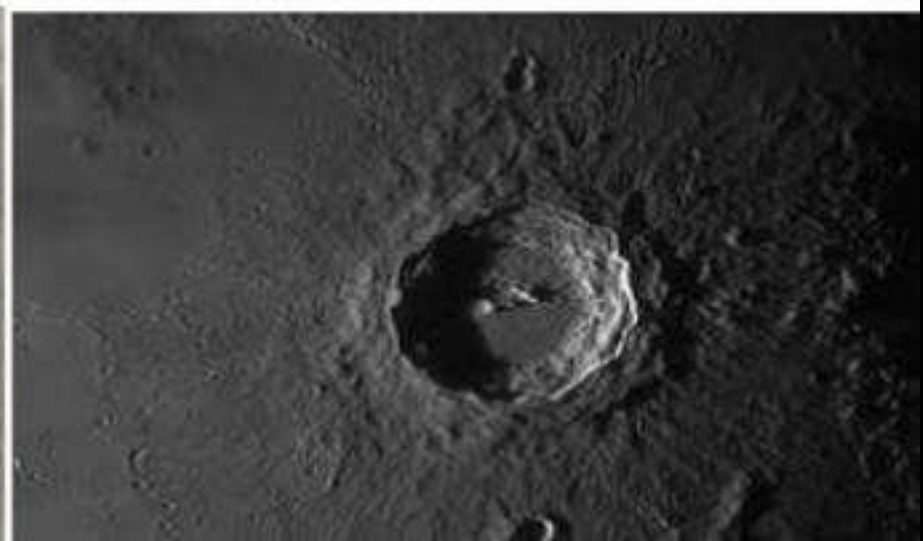
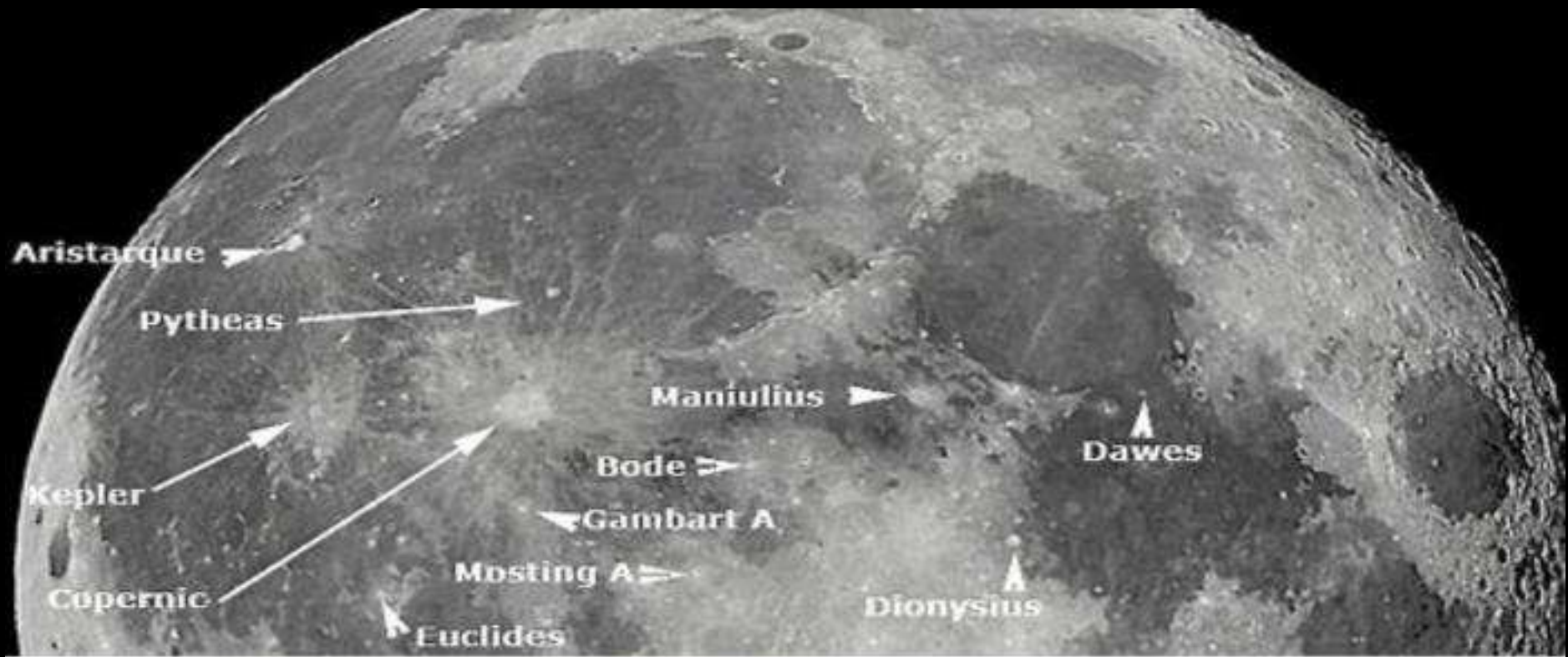
Ce vaisseau était le deuxième d'une série étant destinée à se poser en douceur et à transmettre des photographies de la surface lunaire afin de déterminer les caractéristiques du terrain pour préparer les missions Apollo. Il était aussi équipé pour transmettre des données de réflectivité radar de la surface lunaire, de résistance du sol et de températures internes pour analyser les températures à la surface. La zone de poser prévue était située dans Sinus Medii. Le lanceur Alpha-Centaur plaça Surveyor 2 sur une trajectoire distante de 130 km du point de pose. Pendant la manœuvre de correction à mi-parcours, l'échec de l'allumage d'un moteur vernier résulta en un déséquilibre de la poussée qui causa la culbute de l'engin.

Les tentatives de récupération de la mission échouèrent et le contact fut perdu le 22 septembre à 9:35 UT. L'engin toucha le sol lunaire le 23 septembre 1966 à 03:18.

SURVEYOR - 2 (echec)

Durant la phase de deceleration, a 05:00 UT le 21 septembre, un des trois repulseurs ne s'alluma pas lors d'une correction a mi-parcours de 9,8 secondes et placa ainsi l'engin spatial dans un mouvement de rotation non prevu.

En depit de 39 tentatives successives pour demarrer le repulseur recalcitrant, le moteur ne s'alluma pas et 30 secondes apres l'allumage des retrofusees a 09:34 UT le 22 septembre, le contact fut perdu et le vaisseau s'ecrasa a la surface de la Lune a $5^{\circ}30'$ de latitude nord et 12° de longitude uest, au sud-est du cratere Copernic.



SURVEYOR - 3 (reussi)

Surveyor 3 est une sonde lunaire americaine lancee le 17 avril 1967.

Elle s'est posee sur la Lune le 20 avril 1967, sur la partie Mare Cognitum de l'Oceanus Procellarum et a transmis un total de 6,315 images.

Plusieurs composants de la sonde ont ete ramenes sur Terre pour etudier les effets d'une exposition au long terme a l'environnement lunaire des appareillages humains.

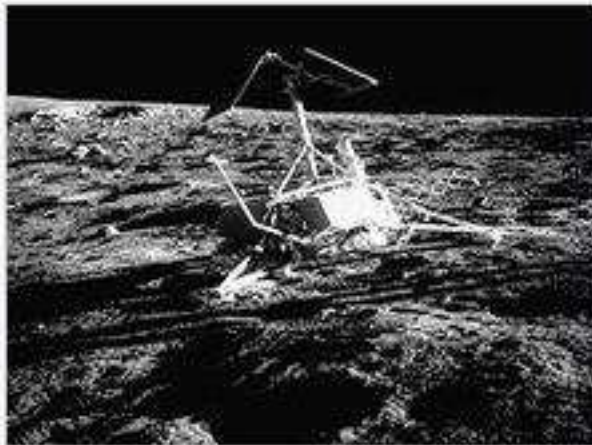
Une bacterie commune *Streptococcus mitis* se serait incidemment logee a l'interieur de la camera de la sonde peu avant le lancement.

Environ 50 a 100 de ces bacteries auraient survécu dans cet environnement hostile pendant trois ans, seulement detectees quand Apollo 12 ramena la camera sur Terre. La decouverte, bien qu'attirant peu l'attention a l'epoque, apportait des arguments a l'idee de panspermie interplanetaire, et plus

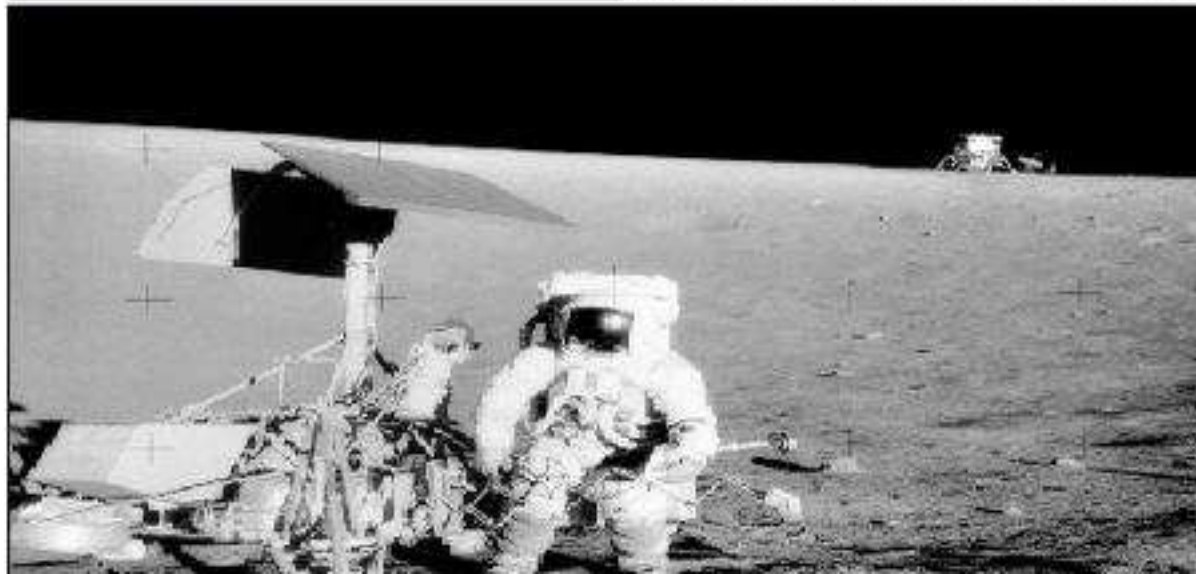
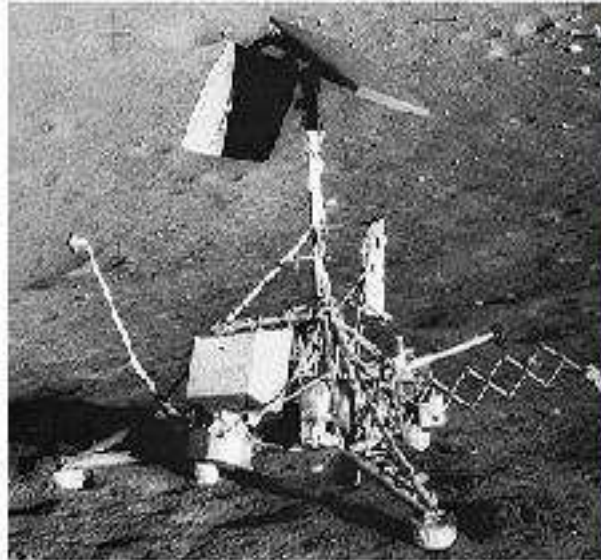
important, amena le NASA a adopter des procedures beaucoup plus strictes

SURVEYOR - 3 (reussi)

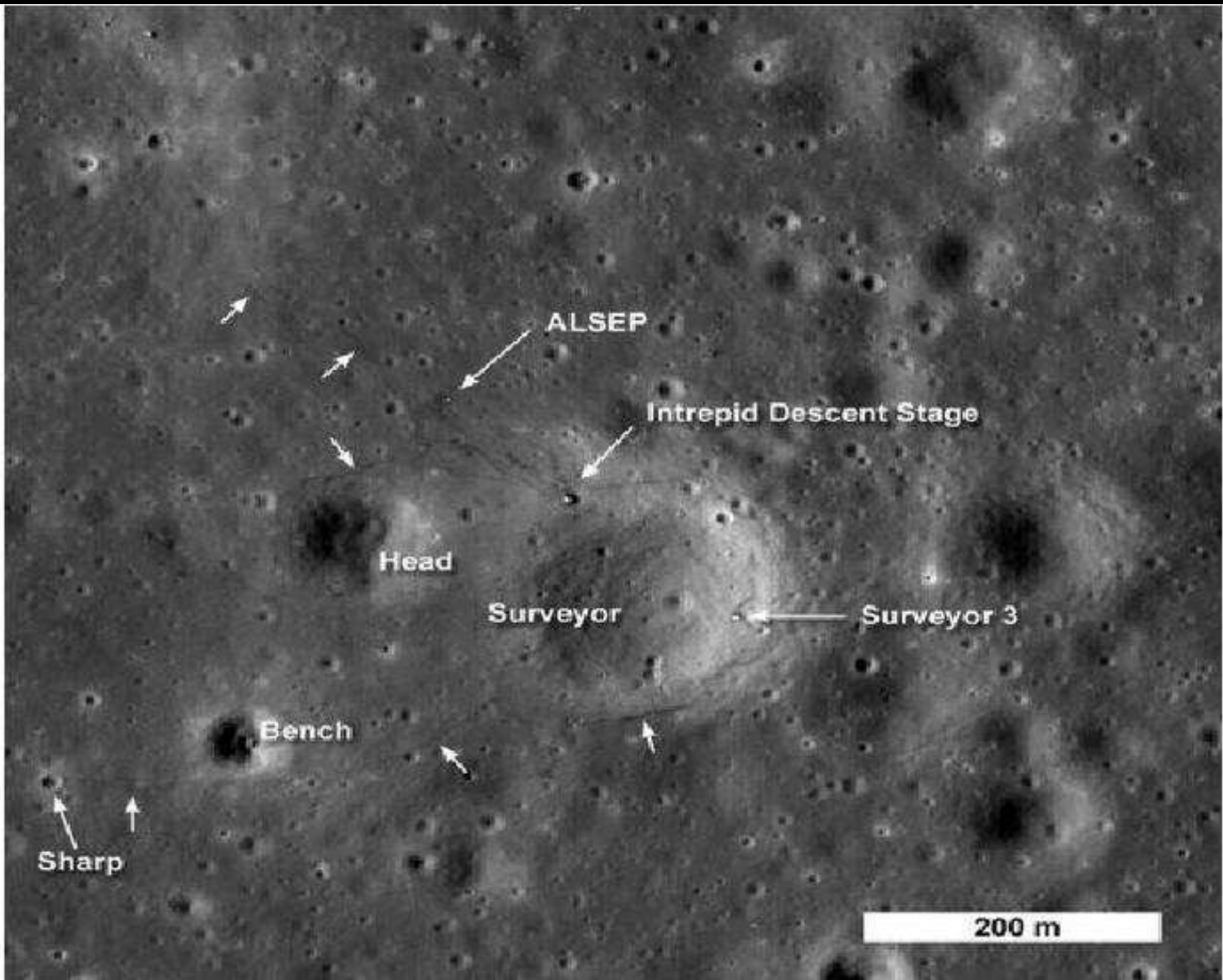
La NASA pense maintenant que la detection de ces bacteries a ete causee par des erreurs dans les procedures scientifiques apres le retour de la camera sur Terre, d'autant que la bacterie elle-meme n'est pas du tout extremophile mais mesophile¹.



Surveyor 3 sur la Lune ; photo prise lors de la mission Apollo 12.



La caméra de Surveyor 3 rapportée de la lune par la mission Apollo 12, exposée au National Air and Space Museum.



SURVEYOR - 4 (echec)

Surveyor 4 est la quatrième sonde lunaire du programme Surveyor américain.

Lancement le 14 juillet 1967; atterrissage le 17 juillet 1967 Masse: 283 kg.

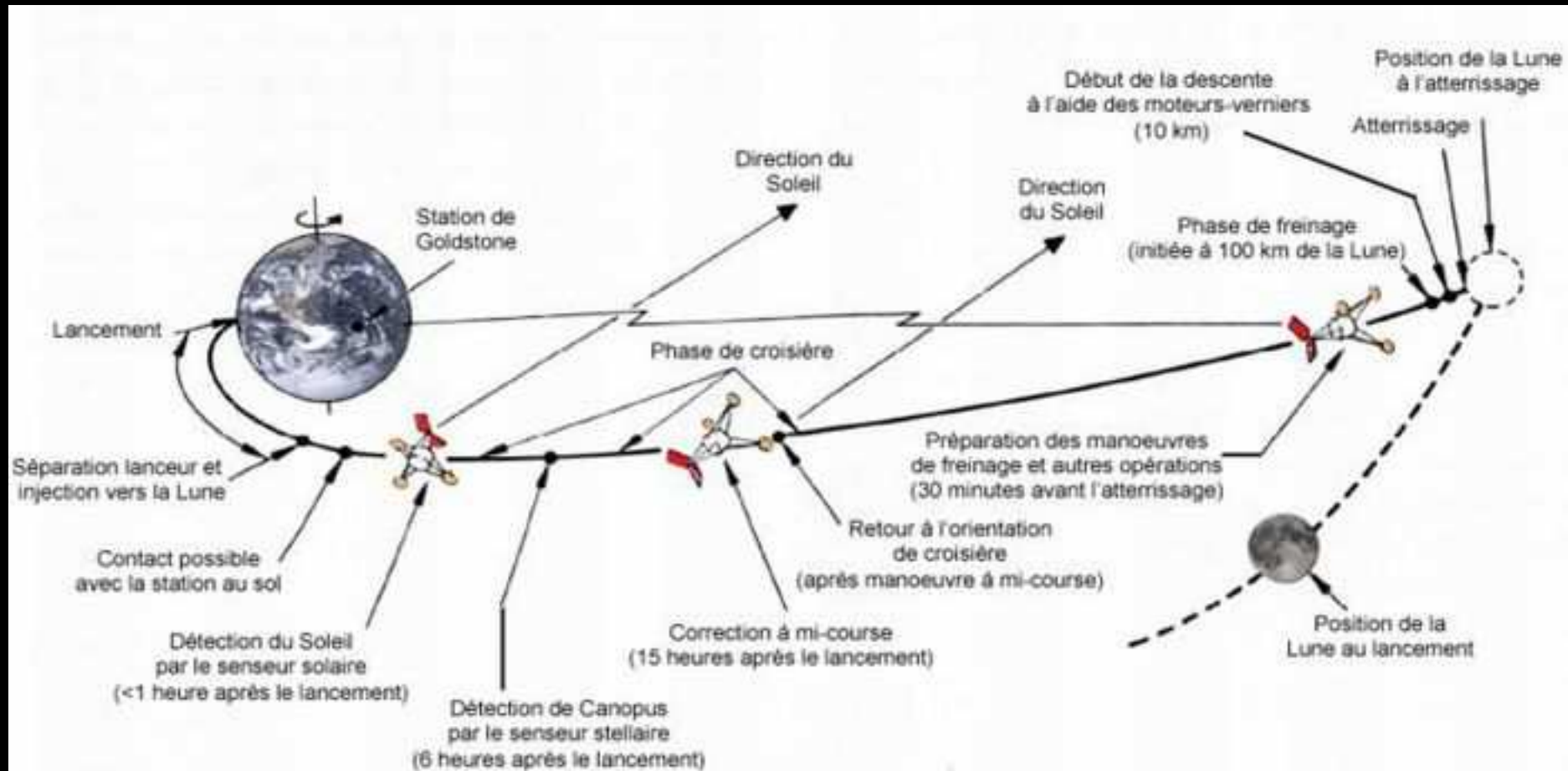
Cette sonde lunaire s'écrasa après la mission impeccable effectuée par Surveyor 3, quelques mois plus tôt; le signal de télémétrie a disparu 2 min 30 s avant l'atterrissage, prévu sur Sinus Medii à 0,4 de latitude Nord et 1,33 de longitude Ouest. Perte des signaux à 2h3 min UT le 17 juillet 1967.

Cette sonde était la quatrième d'une série destinée à se poser sur la Lune en douceur et à transmettre des photographies de la surface lunaire afin de déterminer les caractéristiques du terrain pour préparer les missions Apollo.

L'équipement à bord était composé d'une caméra de télévision, de miroirs auxiliaires, d'un échantillonneur de sol mécanique, de jauges de contrainte sur les jambes métalliques de la sonde, et de nombreuses sondes techniques.

SURVEYOR - 4 (suite)

Après un vol impeccable vers la Lune, les signaux du récepteur radio cessèrent durant la phase finale de descente. Le contact avec la sonde n'a jamais été rétabli, et la mission fut un échec. La retro-fusée de combustible solide a pu avoir explosé avant sa désactivation programmée.



SURVEYOR - 5 (reussi)

Surveyor 5 est la cinquieme sonde spatiale du programme Surveyor de la NASA dont l'objectif est d'etudier les caracteristiques du sol lunaire afin de preparer l'atterrissage des missions du programme Apollo.

La sonde spatiale est lancee le 8 septembre 1967 et atterrit dans la mer de la Tranquillite le 11 septembre 1967 sur la pente a 20 d'un petit cratere a 30 km. de son objectif.

Malgre une fuite d'helium avant l'atterrissage la mission remplit tous ses objectifs et 19,049 images de la surface ont ete retransmises.

Surveyor 5 est lancee le 3 septembre 1967, frole l'echec: une valve defectueuse laisse s'echapper l'helium qui permet de pressuriser le carburant des moteurs verniers.

Le plan de vol est modifie dans l'urgence pour limiter le recours aux moteurs

SURVEYOR - 5 (reussi)

Au cours de la mission, les moteurs verniers sont mis a feu durant une demi-seconde pour tester la maniere dont la surface est erodee par le souffle des moteurs et en deduire certaines de ses caracteristiques mecaniques¹.

La sonde transmet des donnees d'excellente qualite peu de temps apres s'etre posee jusqu'au 18 octobre 1967. Apres l'interruption de transmission du a la premiere nuit lunaire du 24 septembre au 15 octobre 1967 l'envoi de donnees reprend jusqu'au debut debut de la nuit lunaire suivante le 1er novembre 1967. Des donnees continuent d'etre transmises au troisieme et le quatrieme jour lunaire.

La derniere transmission a lieu le 17 decembre 1967. Au total 19,049 images du sol lunaire sont recues par la NASA.

Les objectifs etaients les suivants: obtenir des images de la surface lunaire, effectuer une experience d'abrasion du sol a l'aide du souffle d'un moteur cernier, determiner l'abondance relative des elements chimiques dans le sol lunaire, obtenir

les caracteristiques de l'elasticite du sol, les caracteristiques de l'elasticite thermique et les

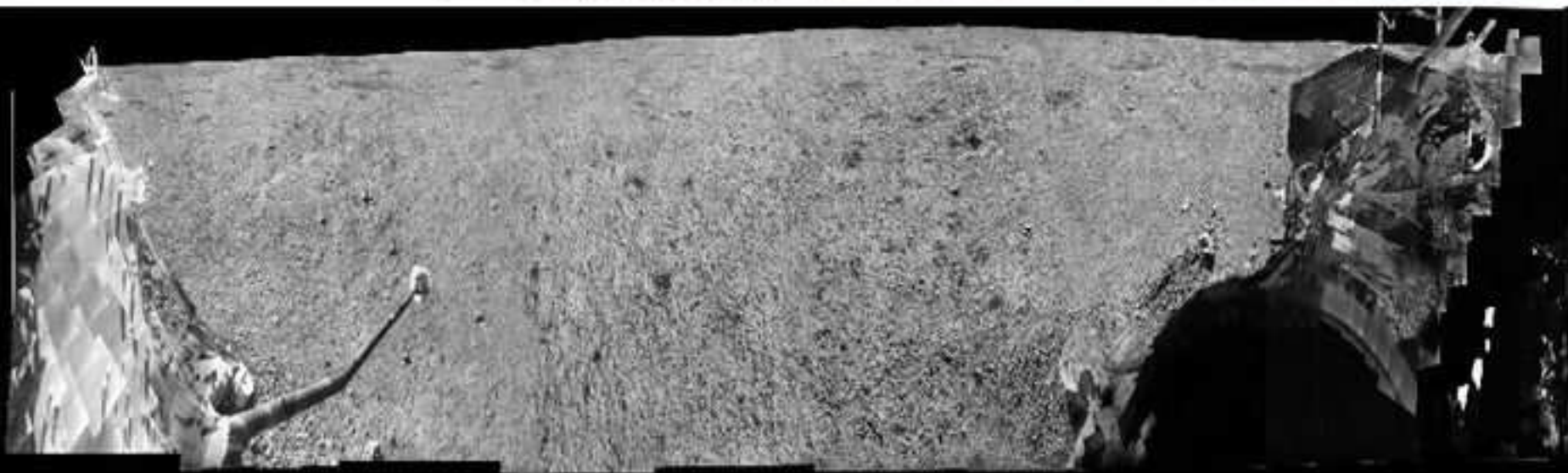
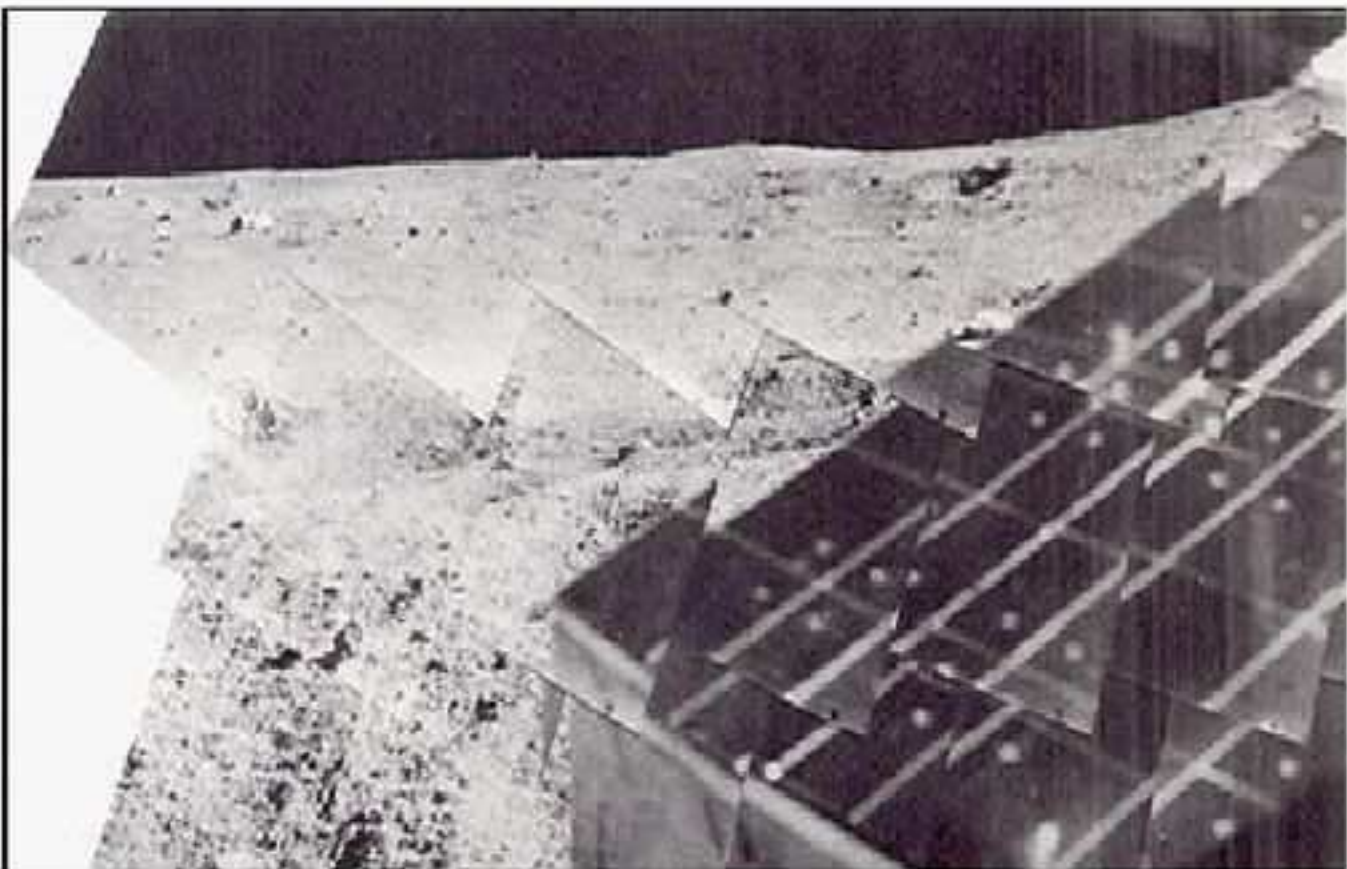
23-

Les coordonnées du site d'atterrissage sont 1,41 de latitude nord et 23,18 de longitude E.





Surveyor 5 a glissé sur le sol au moment de l'atterrissage. Sur cette photo on aperçoit la tranchée creusée par un des pieds.



SURVEYOR - 6 (reussi)

Surveyor 6 est la sixieme sonde lunaire du programme Surveyor americain pour explorer la surface de la Lune.

Elle a ete lancee le 7 novembre 1967 et a atterri sur la Lune le 10 novembre 1967. Sa masse apres atterrissage etait de 299,6 kg.

Surveyor 6 s'est posee sur le Sinus Medii (latitude 0.49 longitude 1.40).

Au total, 30,027 images ont ete transmises a la Terre.

Cet engin spatial est le quatrieme du programme Surveyor a se poser avec succes sur la surface de la Lune, a renvoyer des images satellites post-atterrissage, a determiner l'abondance d'elements chimiques sur le sol lunaire, a obtenir des donnees dynamiques de l'atterrissage, a obtenir des donnees thermiques et radar sur la reflectivite et a conduire une experience sur l'erosion des moteurs Vernier.

SURVEYOR - 6 (reussi)

Pratiquement identique a Surveyor 5, cet engin spatial transportait une camera, une petite barre magnetique attachee a l'un des pieds, un diffuseur de particules alpha, ainsi que l'equipement d'ingenierie necessaire.

Cet engin spatial a accompli tous les objectifs programmes.

Le 24 novembre 1967, l'engin spatial a ete arrete pour les deux semaines de nuit lunaire. Un contact a ete etabli le 14 decembre 1967 mais aucune donnee utile n'a pu etre obtenue.

Les enquetes sur le sol lunaire ont ete completes en utilisant des photographies et les methodes de retrodiffusion de rayons alpha.

Un outil similaire, l'APXS, a ete utilise lors de nombreuses missions sur Mars.



SURVEYOR - 7 (reussi)

Surveyor 7 est la septieme et derniere sonde lunaire du programme Surveyor americain pour explorer la Lune.

Elle a ete lancee le 7 janvier 1968. Elle pesait 205,7 kg. et a transmis au total 21,091 photos. La mission de cette sonde fut uniquement scientifique.

La sonde LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) a photographie depuis l'orbite lunaire le site d'atterrissage de Surveyor 7. Le 10 janvier 1968, a proximite du cratere Tycho, ce petit vaisseau de 200 kg. devenait le dernier vehicule automatique americain a se poser sur la Lune avant l'aventure Apollo (40.980S, 348.486E).

L'objectif du programme Surveyor 7 etait de valider les techniques d'atterrissage sur la Lune et de fournir des donnees utiles a la conception des vehicules pour un debarquement humain.

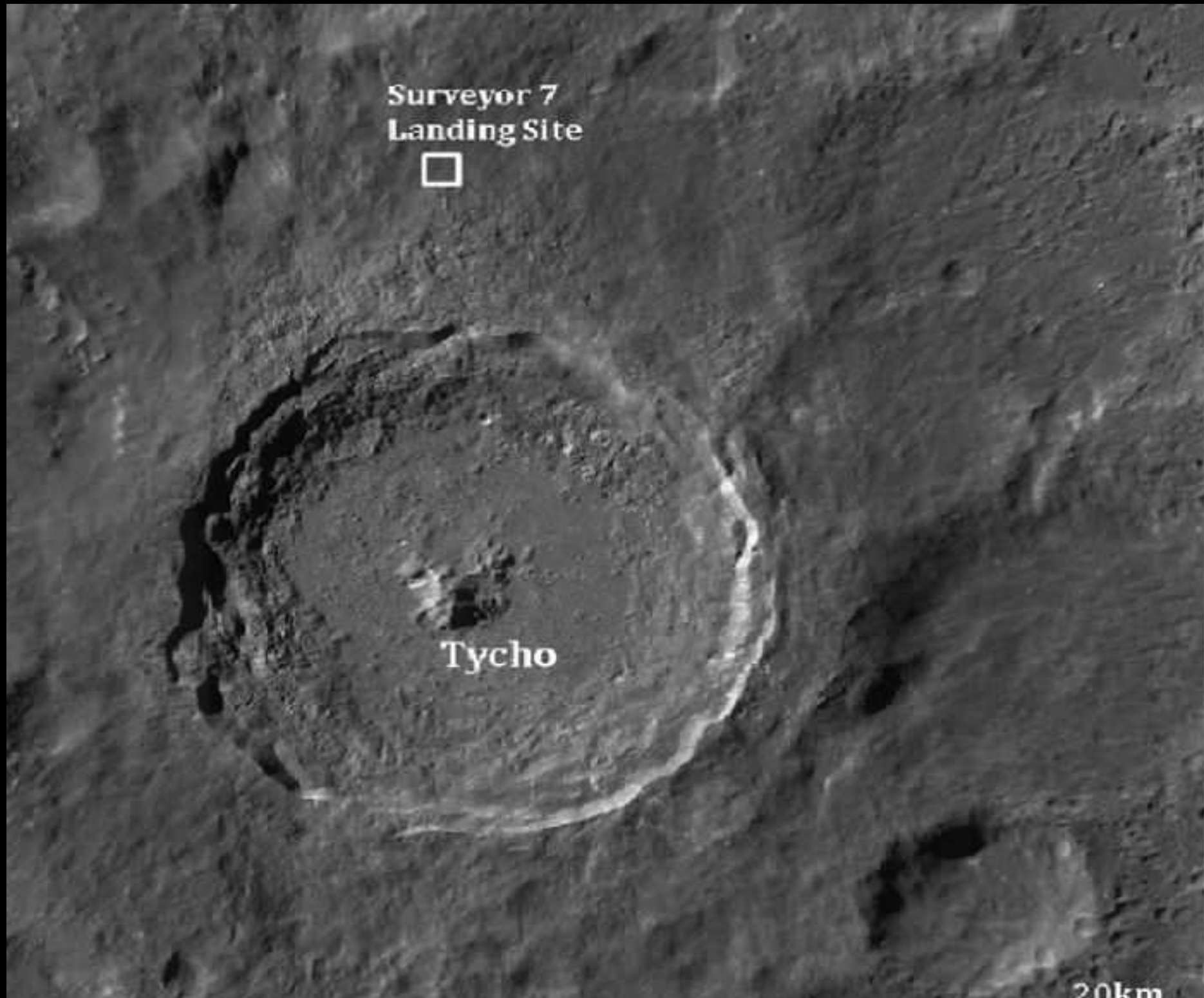


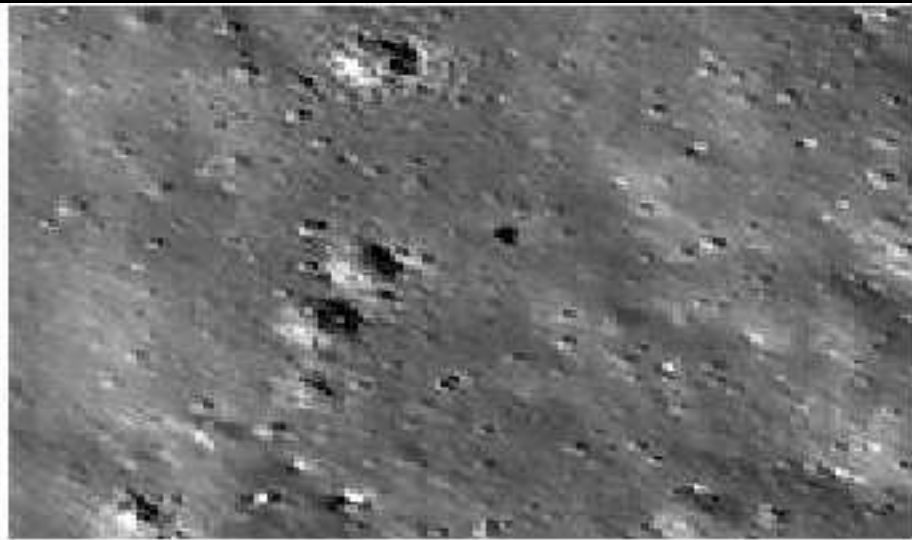
Surveyor 7
Landing Site



Tycho

20km





Fin du Programme S U R V E Y O R

En 1965, les responsables du programme Surveyor envisagent de reintegrer a partir de la cinquieme mission les instruments scientifiques qui ont ete elimines a cause des problemes rencontres au cours du developpement de l'etage Centaur.

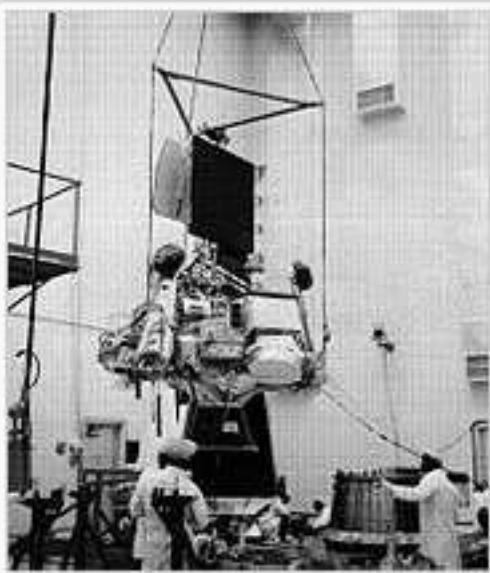
Il est alors prevu que la masse de la sonde soit portee a 1,100 kg. et qu'elle puisse emporter 52 kg. d'instruments scientifiques dont notamment trois cameras, une foreuse, un sismometre, et un detecteur de micrometeorites.

Peu apres le nombre de missions planifie passe de 7 a 10: la premiere sonde scientifique doit desormais etre la huitieme. Fin 1966, les contraintes budgetaires entrainent finalement la suppression des trois dernieres missions mettant fin aux espoirs d'un volet scientifique du programme.

Fin du Programme

En novembre 1969, l'équipage d'Apollo 12 réussit à poser son LEM non loin de Surveyor 3: la camera et la pelle de la sonde sont detachées et sont ramenees sur Terre par l'équipage pour etudier l'effet de leur exposition prolongee au vide de l'espace. La camera est aujourd'hui exposee au National Air and Space Museum de Washington.

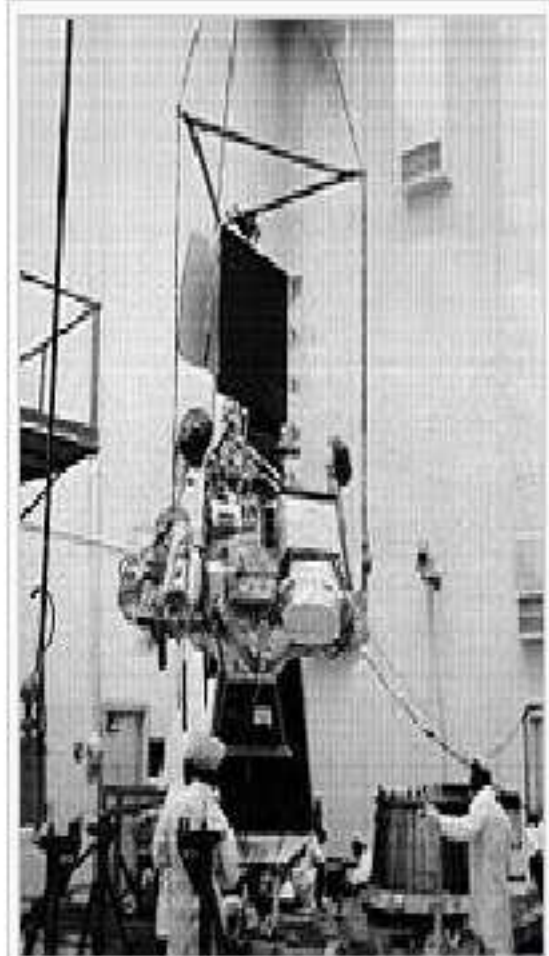
A son achevement, les sommes depensees pour developper les sondes Surveyor s'elevant a 469 millions US\$, soit le quadruple de l'estimation initiale et un montant superieur au cout cumule des deux programmes de sondes spatiales contemporains Ranger (260 millions) et Lunar Orbiter (200 millions). Si ce depassement peut paraitre important, il n'est en realite pas tres eloigne de ce qui est constate sur les 15 programmes spatiaux americains de l'epoque: leur cout est en moyenne multiplie par 3,5 par rapport a l'estimation initiale.



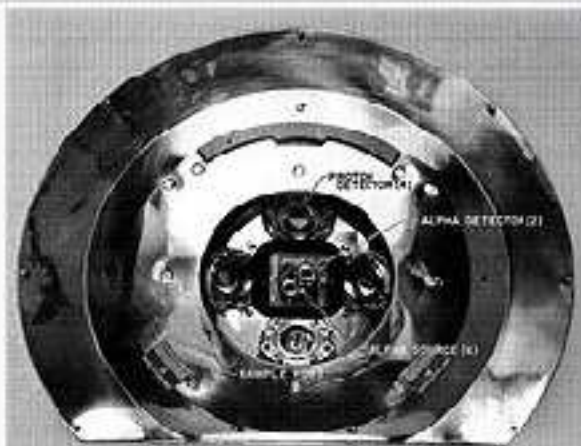
Opérations de préparation de la sonde *Surveyor 5* avant son lancement.



Lancement de *Surveyor 1* par une fusée Atlas-Centaur en 1966.



Opérations de préparation de la sonde *Surveyor 5* avant son lancement.



Émetteur et détecteurs de l'analyseur à particules alpha.



L'analyseur à particules alpha de *Surveyor 3* est abaissé sur le sol lunaire.