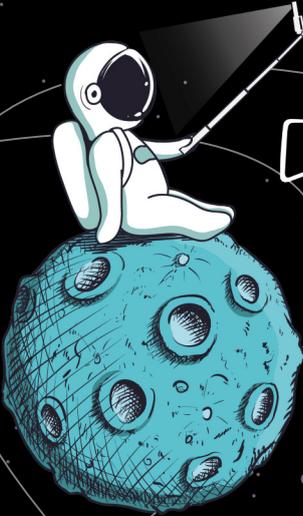


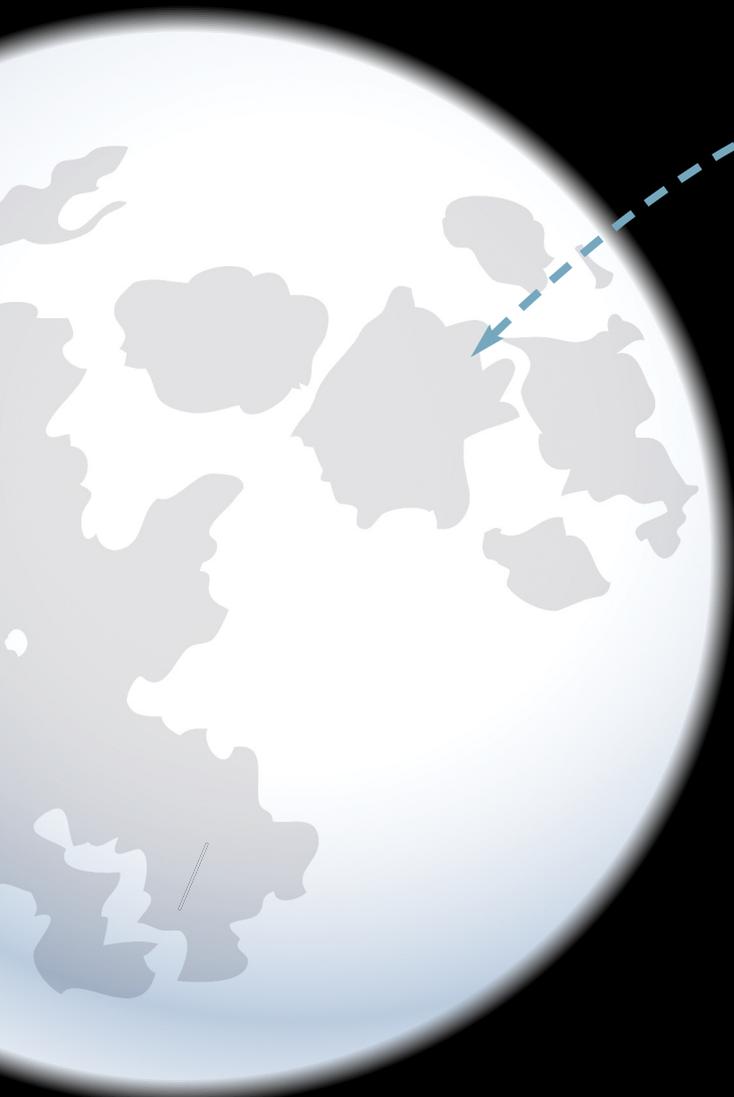
www.onthemoonagain.org

**SORTEZ VOS TELESCOPES
ET VISEZ LA LUNE!**



**ON THE
MOON
AGAIN!**

**RENDEZ-VOUS LES
12 ET 13 JUILLET 2019**



Présentation générale de la Lune

La Lune est l'unique satellite naturel de la Terre. Avec un diamètre de 3 474 km, sa distance moyenne la séparant de la Terre est de 381 500 km. La Lune est le premier et, à ce jour, le seul corps planétaire non terrestre visité par l'Homme. Le premier à y avoir marché est l'astronaute américain Neil Armstrong le 21 juillet 1969, il y a 50 ans. Après lui, onze autres hommes ont foulé le sol de la Lune, tous des astronautes américains du programme Apollo.

Conditions d'observation les 12/13 juillet

Les 12 et 13 juillet 2019, la Lune est gibbeuse croissante (la Pleine Lune se produisant le 16 juillet 2019). Non loin de la Lune, vers le Sud, on trouvera sans difficulté la planète Jupiter. La planète Saturne est quant à elle un peu plus éloignée.



La Lune à Paris le 12 juillet 2019



La Lune à Paris le 13 juillet 2019

Le couple Terre-Lune

Le couple Terre-Lune est extrêmement complexe. Il dépend de nombreux facteurs astrophysiques. Ainsi, la Terre effectue un tour sur elle-même en 23 heures 56 minutes et 4,1 secondes, et tourne autour du Soleil en 365,256 jours à une distance moyenne de 149 597 870 kilomètres. Sa masse est de $5,95 \cdot 10^{24}$ kg et son diamètre de 12 846 km. Son orbite autour du Soleil est quasi-circulaire (l'excentricité de celle-ci étant très faible). La Lune met quant à elle 27,322 jours pour accomplir une révolution autour de la Terre : c'est le mois lunaire sidéral, autrement dit le temps mis pour effectuer une révolution complète et donc retrouver la même position par rapport aux étoiles. La durée du mois synodique (le temps mis pour retrouver la même position de l'axe Terre-Lune par rapport au Soleil), et qui sépare donc deux nouvelles lunes, est de 29,531 jours. C'est la durée courante que l'on utilise pour exprimer le cycle lunaire. L'orbite lunaire est une ellipse de « rayon moyen » 384 392 km, distance qui oscille entre 356 410 km au périégée (point le plus proche de la Terre) et 406.680 km à l'apogée (point le plus éloigné de la Terre). La masse de la Lune est de $7,35 \cdot 10^{22}$ kg et son diamètre est de 3 472 km. Le Soleil a un diamètre équatorial de 1 392 000 km et une masse = $1,99 \cdot 10^{30}$ kg. Pendant qu'elle effectue une révolution entière autour de la Terre (le mois sidéral), la Lune effectue exactement une rotation sur elle-même, ce qui explique pourquoi la Lune présente toujours la même face à la Terre. Ce phénomène est connu sous le nom de rotation "synchrone". C'est l'effet de marée (terrestre et océanique) qui stabilisa progressivement la Lune dans cette position. La Terre et la Lune décrivent une orbite autour d'un centre de masse commun situé dans les profondeurs terrestres. Le barycentre de ce couple se situe à environ 4 650 km de centre de la Terre.



ON THE
MON
AGAIN!



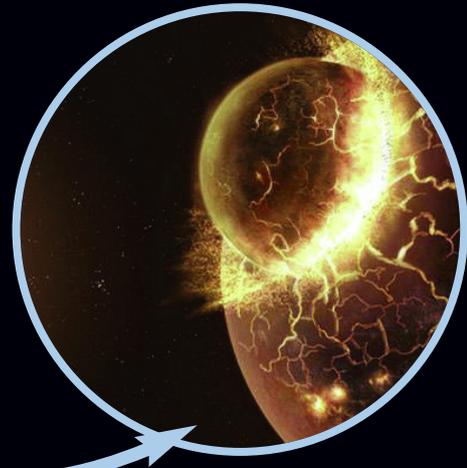
LE CIEL
12 ET 13 JUILLET
A 23h30



© SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

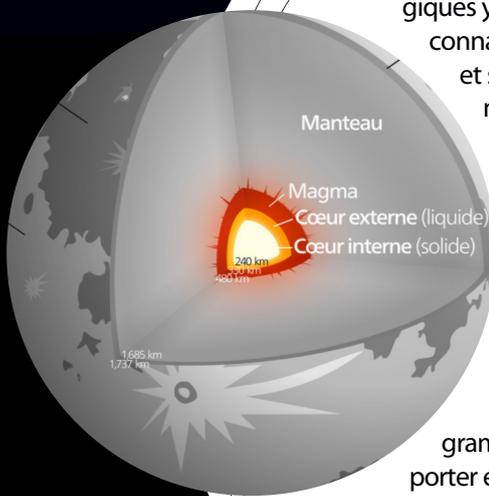
Histoire de la formation

De nombreuses théories et hypothèses ont été élaborées pour tenter d'expliquer la formation de la Lune. Depuis les missions Apollo et les retours d'échantillons sur la Terre, l'hypothèse la plus partagée par la communauté scientifique est celle d'une collision entre la jeune Terre et un corps planétoïde (protoplanète) de la taille de Mars nommé Théia. Cet impact se serait produit 100 millions d'années après la naissance du Système solaire, soit il y a 4,468 milliards d'années. Cette hypothèse propose que la Lune a été créée à partir de la matière éjectée par la collision. Ainsi, la Lune serait en grande partie constituée de matière terrestre "ré-arrangée".

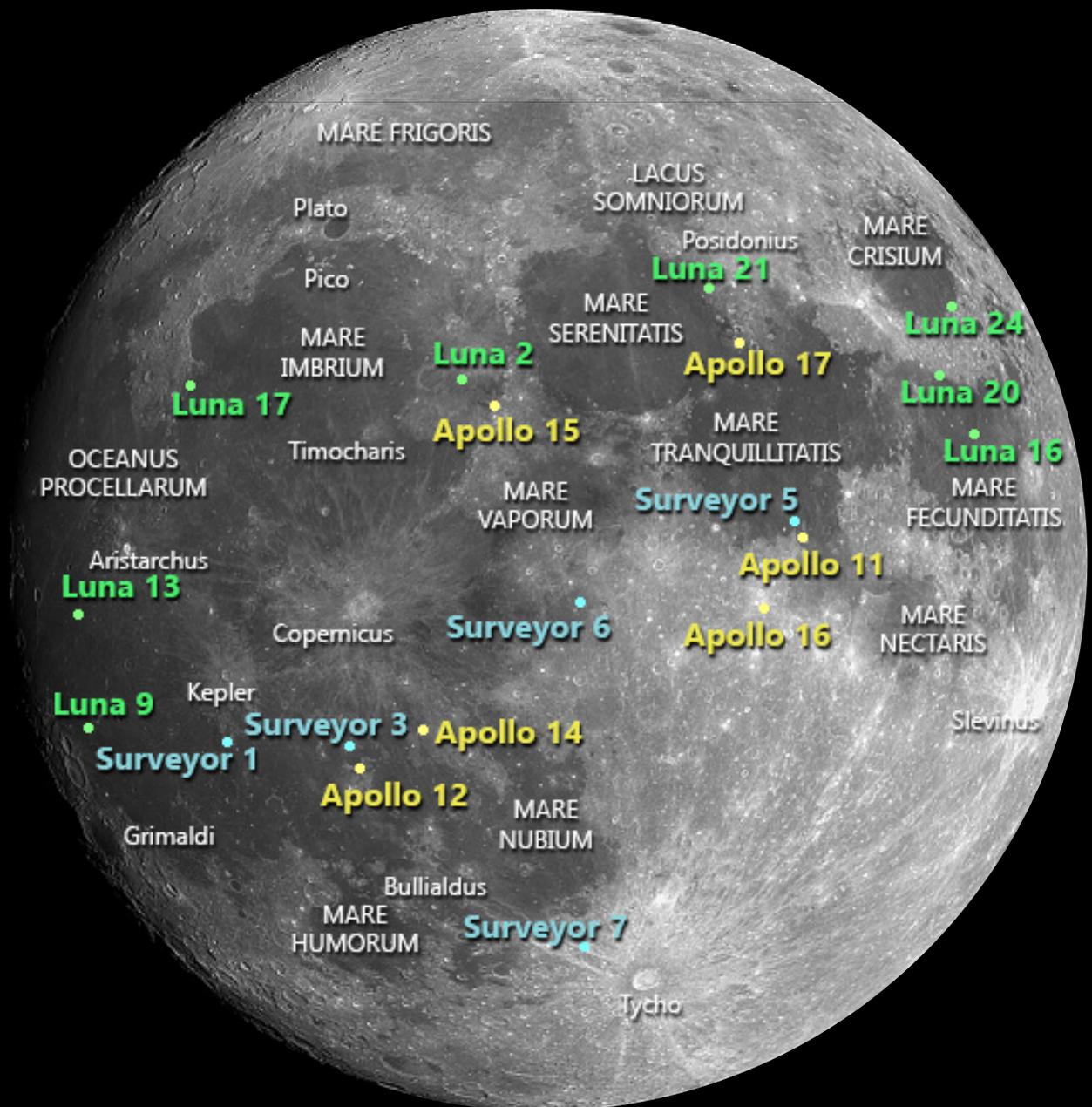


Géologie

La géologie de la Lune est une géologie très différente de celle de la Terre. La Lune n'ayant ni atmosphère, ni hydrosphère, ni biosphère, l'érosion due aux phénomènes météorologiques y est absente. La tectonique des plaques, telle qu'on la connaît sur la Terre, n'y a pas d'équivalent ; la gravité y est faible et son sol se refroidit plus rapidement du fait de l'absence d'atmosphère jouant un rôle tampon thermo-régulateur. Comme la Terre, la Lune est un astre différencié, avec une croûte, un manteau et un noyau. La surface lunaire résulte d'une géomorphologie complexe combinant différents processus, comme les impacts météoritiques et le volcanisme. Les études géologiques de la Lune sont basées sur la combinaison d'observations télescopiques depuis la Terre, de mesures en orbite par des engins spatiaux automatiques, des analyses des échantillons de roches lunaires et des données géophysiques. Six sites d'atterrissages ont été visités au cours des missions du programme Apollo entre 1969 et 1972. Les astronautes ont pu en rapporter environ 385 kg de roches lunaires stockés en majorité depuis 1979 au Lunar Sample Laboratory Facility à Houston. Par ailleurs, trois missions de l'Union soviétique via le programme automatique Luna permirent également le retour de quelques 326 gr de sol lunaire sur la Terre. La Lune est le seul corps extraterrestre pour lequel l'Homme dispose d'échantillons dont on connaît l'origine géologique. Cependant, plusieurs questions sur les caractéristiques géologiques de la Lune restent sans réponse.



ON THE MOON AGAIN!



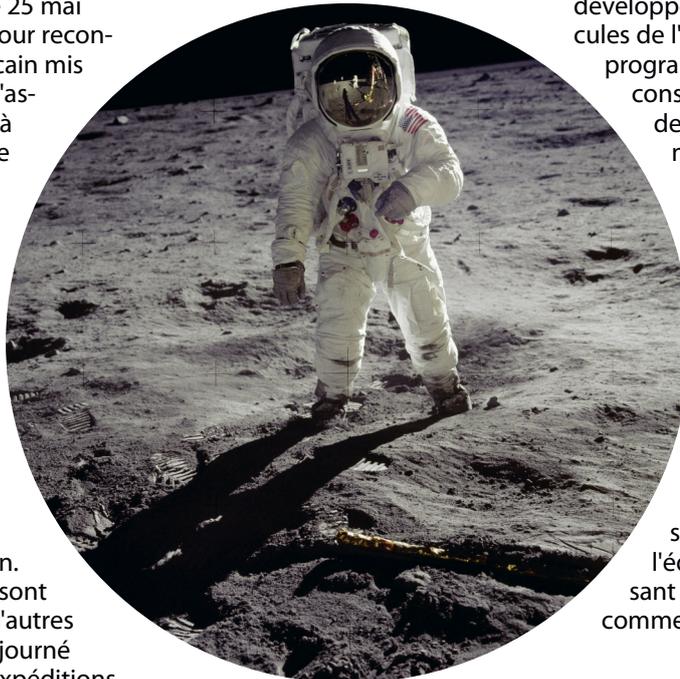
Les missions Apollo

Le programme Apollo est le programme spatial de la NASA mené durant la période 1961-1975 qui a permis aux États-Unis d'envoyer pour la première fois des hommes sur la Lune. Il est lancé par le président John F. Kennedy le 25 mai 1961, essentiellement pour reconquérir le prestige américain mis à mal par les succès de l'astronautique soviétique, à une époque où la guerre froide entre les deux superpuissances battait son plein.

Le programme avait pour objectif de poser un homme sur la Lune avant la fin de la décennie. Le 21 juillet 1969, cet objectif était atteint par deux des trois membres d'équipage de la mission Apollo 11, Neil Armstrong et Buzz Aldrin. Cinq autres missions se sont posées par la suite sur d'autres sites lunaires et y ont séjourné jusqu'à trois jours. Ces expéditions ont permis de rapporter 385 kg de roche lunaire et de mettre en place plusieurs batteries d'instruments scientifiques. Les astronautes ont effectué des observations in situ au cours d'excursions sur le sol lunaire d'une durée pouvant atteindre huit heures, assistés à partir d'Apollo 15 par un véhicule tout-terrain, le jeep lunaire. Aucun vol orbital américain n'avait encore été réalisé en mai 1961. Pour remplir l'objectif fixé par le président, la NASA lança plusieurs programmes destinés à préparer les futures expéditions lunaires : le programme Gemini pour mettre au point les techniques de vol spatial et des programmes de reconnaissance (programme Surveyor, Ranger...) pour, entre autres, cartographier les zones d'atterrissage

et déterminer la consistance du sol lunaire. Pour atteindre la Lune, les responsables finirent par se rallier à la méthode audacieuse du rendez-vous en orbite lunaire, qui

nécessitait de disposer de deux vaisseaux spatiaux dont le module lunaire destiné à l'atterrissage sur la Lune. La fusée géante de 3 000 tonnes Saturn V, capable de placer en orbite basse 140 tonnes, fut développée pour lancer les véhicules de l'expédition lunaire. Le programme drainera un budget considérable (169 milliards de dollars US actuels) et mobilisera jusqu'à 400 000 personnes. Deux accidents graves sont survenus au cours du projet : l'incendie au sol du vaisseau spatial Apollo 1 dont l'équipage périt brûlé et qui entraîna un report de près de deux ans du calendrier et l'explosion d'un réservoir à oxygène du vaisseau spatial Apollo 13 dont l'équipage survécut en utilisant le module lunaire comme vaisseau de secours.



LES MISSIONS SOVIÉTIQUES LUNA

Le programme automatique Luna regroupe toutes les missions spatiales lancées par l'Union soviétique vers la Lune entre 1959 et 1976. Vingt-quatre sondes spatiales font officiellement partie de ce programme mais il y en eut en réalité 45 en tout. Quinze de ces missions ont atteint leurs objectifs. Dès le début, les considérations politiques visant à démontrer la supériorité du savoir-faire soviétique sur celui des États-Unis ont eu le pas sur les motivations scientifiques. Lorsque les enjeux de la course à l'espace disparaissent, le programme Luna prend fin tandis que les États-Unis orientent leur programme d'exploration principalement vers Mars et les planètes externes du système solaire.

Le programme Luna est à l'origine d'un grand nombre de premières techniques dans l'exploration spatiale. Luna 1 lancé en 1959 est le premier engin spatial à s'affranchir de l'attraction terrestre tandis que Luna 2 (1959) est le premier objet artificiel à atteindre le sol lunaire. Luna 3 réalise la première photographie de la face cachée de la Lune (1959). Luna 9 (1966) est la première sonde à se poser en douceur sur la Lune, tandis que Luna 16 (1970) est le premier robot à ramener un échantillon lunaire sur Terre. Les missions Luna 17 (1970) et 21 (1973) emportent les premières astromobiles (rovers) qui vont parcourir plusieurs dizaines de kilomètres à la surface de la Lune. Sur le plan scientifique, même si beaucoup de questions importantes restent sans réponse à la fin du programme, le programme Luna comme les programmes homologues américains (Programme Surveyor et Lunar Orbiter ainsi que le programme Apollo) ont beaucoup fait progresser notre connaissance de la Lune : composition du sol lunaire, topographie de la face cachée de la Lune, champ gravitationnel lunaire, évolution de la distance Terre-Lune, températures et niveaux de radiation...

Le programme a mis en œuvre des sondes spatiales de différents types (impacteur, orbiteur, atterrisseur, rover, retour d'échantillon). Celles-ci sont de plus en plus sophistiquées au fur et à mesure de l'avancement du programme, avec une masse croissant de 361 kg à près de 6 tonnes pour les rovers et les derniers orbiteurs. Plusieurs lanceurs ont été utilisés mais tous ont souffert de problèmes de fiabilité qui sont à l'origine d'une grande partie des échecs des missions Luna. Depuis la dernière mission du programme Luna en 1976, l'Union soviétique et la Russie (qui a pris le relais du programme spatial soviétique) n'ont plus lancé aucune sonde vers la Lune.

La lune c'est aussi :

Apollo 11

Apollo 11 est une mission du programme spatial américain Apollo au cours de laquelle, pour la première fois dans l'histoire, des hommes se sont posés sur la Lune, le 20 juillet 1969 (21 h 56 à Houston). La NASA, remplit ainsi l'objectif fixé par le président Kennedy. Ce défi est lancé alors que la NASA n'a pas encore placé en orbite un seul astronaute. Le projet aboutit grâce à une mobilisation de moyens humains et financiers considérables.

Apollo 11 est l'aboutissement d'une série de missions qui permettent la mise au point des techniques spatiales nécessaires, des vaisseaux spatiaux et d'un lanceur géant ainsi que la reconnaissance des sites d'atterrissage sur la Lune. C'est la troisième mission habitée à s'approcher de la Lune, après Apollo 8 et Apollo 10, et la cinquième mission avec équipage du programme Apollo. Le vaisseau spatial emportant l'équipage est lancé depuis le centre spatial Kennedy le 16 juillet 1969 par la fusée géante Saturn V développée pour ce programme. Elle emporte Neil Armstrong, commandant de la mission et pilote du module lunaire, Buzz Aldrin, qui accompagne Armstrong sur le sol lunaire, et Michael Collins, pilote du module de commande et de service qui restera en orbite lunaire. Armstrong et Aldrin séjournent 21 heures et 36 minutes à la surface de la Lune et effectuent une sortie extravéhiculaire unique d'une durée de 2 heures et 31 minutes. Après avoir redécollé et réalisé un rendez-vous en orbite lunaire avec le module de commande et de service, le vaisseau Apollo reprend le chemin de la Terre et amerrit sans incident dans l'océan Pacifique à l'issue d'un vol qui aura duré 8 jours, 3 heures et 18 minutes. Au cours de cette mission, 21,7 kg de sol lunaire sont collectés et plusieurs instruments scientifiques sont instal-

lés à la surface de la Lune. Bien que l'objectif scientifique d'Apollo 11 ait été limité par la durée du séjour sur la Lune et la capacité d'emport réduite des vaisseaux spatiaux utilisés, la mission fournit des résultats importants. Son déroulement, en particulier les premiers pas sur la Lune filmés par une caméra vidéo et retransmis en direct, constituent un événement suivi sur toute la planète en mondovision par des centaines de millions de personnes.

Les échantillons lunaires

Les missions Apollo et Luna, et notamment les échantillons qu'elles ont rapporté, ont bouleversé notre compréhension de la genèse de la Lune et des planètes... Ils ont tout d'abord permis de comprendre que les cratères qui sculptent la surface de notre satellite sont les cicatrices de collisions avec d'autres corps planétaires, et non les cratères par où se serait écoulée la lave de gigantesques volcans. Ces cicatrices cosmiques sont visibles à toutes les échelles, depuis les centaines de kilomètres des grands bassins jusqu'aux marques du concassage dans les roches, et jusqu'à la très fine poussière qui forme le sol. Cette poussière est produite par ce qu'on appelle le « jardinage cosmique », c'est à dire les impacts à hyper-vitesse d'objets dont même les plus petits atteignent le sol de ce corps sans atmosphère. Les impacts sont maintenant compris comme un phénomène géologique majeur à l'échelle du Système solaire : la fin de la construction des corps planétaires par le processus d'« accréation », c'est à dire l'accumulation de corps plus petits à la suite de collisions. La Lune elle-même est considérée comme le résultat d'un « impact géant » : la collision avec la Terre de Théia, un corps de la taille de Mars. Cette collision aurait engendré la fusion et l'évaporation de Théia et d'une partie importante de la Terre, formant un

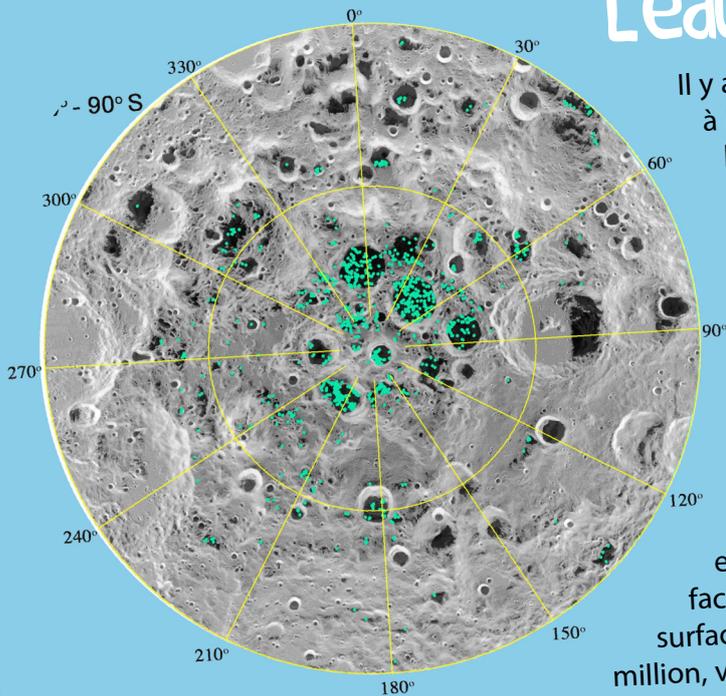
objet très chaud en rotation sur lui-même : une « synestia ». Les matériaux des deux corps se seraient ainsi largement mélangés, une partie de Théia finissant au centre de la Terre, et le reste se mettant en orbite autour d'elle pour ensuite coalescer et former la Lune. Ce modèle, formulé en 1975 par les jeunes astronomes W. K. Hartmann et D. R. Davis, est celui qui explique le mieux les diverses propriétés des roches lunaires, telle que leur chimie pauvre en éléments volatils, ainsi que la très petite taille du noyau de la Lune déterminée grâce aux sismomètres déployés par les astronautes (1% seulement du volume de la Lune, alors que le noyau de la Terre occupe 15% du volume de notre planète).

La face cachée

La face cachée de la Lune est l'hémisphère de la Lune qui se situe en permanence du côté opposé à la Terre, l'autre étant nommé la face visible de la Lune. En effet, un seul et même hémisphère de la Lune est visible depuis la Terre, car la Lune possède une période de rotation égale à sa période de révolution (27,3217 jours), phénomène appelé rotation synchrone. L'autre hémisphère est donc invisible depuis la Terre, et n'a été photographié et cartographié que grâce aux sondes spatiales, la première étant la sonde soviétique Luna 3 en 1959. Les premiers hommes à l'apercevoir directement furent l'équipage de la mission Apollo 8 en orbite autour de la Lune en 1968. Le terrain rugueux est remarquable aussi bien par la multitude de cratères que par sa pauvreté en mers lunaires. Cette face cachée possède également le plus vaste cratère d'impact connu du système solaire : le bassin Pôle Sud-Aitken. Il a été envisagé d'y installer des radiotélescopes gigantesques, avec l'avantage qu'ils y seraient protégés des interférences radio possibles venues de la Terre.



L'eau sur la Lune



Il y a de l'eau sur la Lune. L'eau liquide ne peut persister à la surface et la vapeur d'eau est décomposée par la lumière du Soleil, l'hydrogène résultant étant rapidement perdu dans l'espace. Cependant, la présence de glace d'eau est envisagée dans l'ombre permanente de cratères lunaires polaires depuis les années 1960. Des molécules d'eau ont également été détectées dans la fine atmosphère lunaire. L'eau (H_2O), et le groupe apparenté hydroxyle ($-OH$), peuvent aussi exister dans les minéraux lunaires sous forme de liaisons tels des hydrates et des hydroxydes (plutôt que sous forme libre), et des indices suggèrent fortement que tel est bien le cas en faible concentration sur une grande partie de la surface lunaire. En effet, l'eau adsorbée devrait exister à la surface à des concentrations allant de 10 à 1000 parties par million, voire plus localement.

Le programme lunaire chinois

La République Populaire de Chine possède de grandes ambitions en matière spatiale, et notamment en ce qui concerne l'exploration de la Lune. Ainsi, le 24 octobre 2007, la sonde spatiale orbitale Chang'e 1 est lancée par une fusée Longue Marche 3A. Elle avait pour objectif de cartographier et modéliser en trois dimensions certaines régions de la Lune. Au total, 1,37 To de données ont été transférées à la Terre au cours de cette mission. Une deuxième sonde orbitale, Chang'e 2, a été lancée le 1er octobre 2010 au moyen d'une fusée Longue Marche 3C. Elle est entrée en orbite le 6 octobre 2010. Une des possibilités prévues était que la sonde se pose sur la Lune à la fin de sa mission, mais elle a été mise sur une orbite de rencontre avec l'astéroïde géocroiseur Toutatis qu'elle rencontra le 13 décembre 2012. Le 1er décembre 2013, la Chine a lancé Chang'e 3 à bord d'une fusée Longue Marche 3B. Contrairement aux deux précédentes sondes, Chang'e 3 emporte un rover en vue d'y atterrir. C'est le premier engin à se poser sur la Lune (le 14 décembre 2013) depuis l'atterrissage de la sonde soviétique Luna 24, qui avait rapporté sur Terre un échantillon de sol en 1976. Chang'e 3

transportait un atterrisseur doté d'instruments scientifiques et un rover lunaire de 140 kg nommé Yutu, capable de se déplacer sur une zone de 3 km² autour de son point d'atterrissage et d'étudier le terrain au cours d'une mission de 3 mois.

La sonde spatiale Chang'e 4 a été construite initialement pour servir de doublure en cas d'échec de Chang'e 3. Compte tenu du succès de cette mission, Chang'e 4 reçut pour objectif d'atterrir sur la face cachée de la Lune et d'explorer sa surface. Un satellite de télécommunications, baptisé Queqiao a été placé quelques mois plus tôt au point de Lagrange L2 du système Terre-Lune pour jouer le rôle de relais, la Lune faisant obstacle aux communications directes entre Chang'e 4 et la Terre. Chang'e 4 a été lancé le 7 décembre 2018 par une fusée Longue Marche 3B et a atterri sur la Lune le 3 janvier 2019 pour mener une exploration avec son rover. Il s'agit du premier atterrissage d'un engin spatial sur cette face de la Lune. Peu après l'atterrissage du module, le rover Yutu 2 a commencé à rouler sur la Lune. Le 13 février 2019, alors que le rover amorce sa deuxième nuit lunaire, il a parcouru 120 m. En mai 2019, alors que le rover amorce sa 5ème nuit lunaire, il a parcouru 190 m.

The title 'ON THE MOON AGAIN!' is written in large, white, blocky letters. The word 'MOON' is split around a central illustration of a blue, cratered moon. An astronaut in a white suit is sitting on top of the moon, holding a long telescope. The background is a dark blue sky with a large, light blue moon in the upper left corner.

ON THE MOON AGAIN!

En juillet 1969, regroupés en famille ou entre amis autour d'une radio ou d'un rare téléviseur, 600 millions de personnes, sur tous les continents, suivaient le premier pas d'un homme sur la Lune. 50 ans plus tard, l'envie nous prend d'éprouver cet enthousiasme pour la Lune dans un mouvement mondial, universel, dépassant toutes les frontières.

Comment ? Rien de plus simple. Nous souhaitons que chacun, petit ou grand, puisse découvrir lors d'un évènement mondial la Lune au travers d'un télescope ou d'une lunette astronomique. Surprenez les passants en leur offrant ce spectacle inattendu.

Vous avez un instrument d'observation, installez le au coin d'une rue, au bord d'une rivière, sur la place d'un village... Rejoignez l'évènement On the Moon Again les 12 et 13 juillet 2019 et invitez les passants à observer la Lune et partager l'émerveillement.

www.onthemoonagain.org



avec le soutien de la
Société Astronomique de France