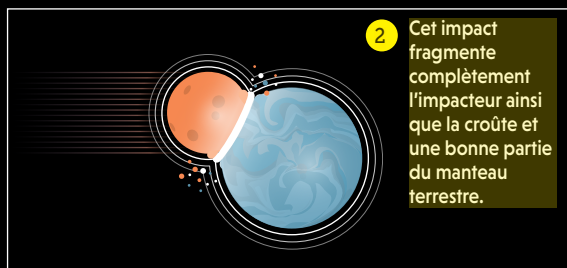
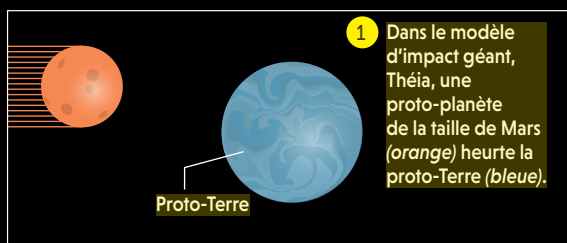


DEUX MODÈLES DE FORMATION DE LA LUNE

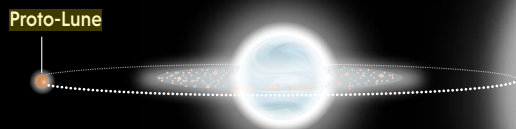
La Lune se serait formée il y a environ 4,5 milliards d'années à la suite d'une collision entre la proto-Terre et une autre protoplanète de la taille de Mars, nommée Théia. L'impact aurait éjecté de la matière de la Terre, qui se serait mélangée avec celle de Théia afin de former la Lune. Toutefois, certaines des propriétés de la Lune, par exemple son extrême pauvreté en éléments volatils en comparaison avec la Terre, s'expliqueraient mieux en supposant la formation d'une synestia, c'est-à-dire d'un nuage annulaire transitoire de débris entourant les noyaux terrestre et lunaire, puis conduisant après un certain tri à l'accrétion de la Terre et de la Lune. Ces deux conceptions dominantes actuellement en planétologie sont détaillées ici.

LE MODÈLE CANONIQUE : CELUI DE L'IMPACT GÉANT

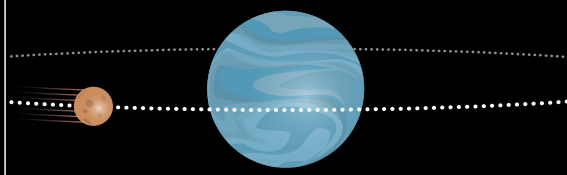
Le modèle de l'impact géant rend compte de nombreuses caractéristiques de la Lune, telles l'existence passée d'un océan magmatique ou son noyau de fer de petite taille.



3 L'impacteur cède à la Terre une grande partie du fer de son noyau, laissant derrière lui un disque constitué par les débris de son manteau.

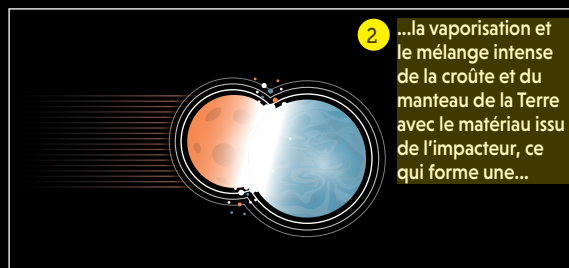


4 La Lune se forme ensuite très vite à partir de ce disque – peut-être en un siècle à peine –, sous la forme d'un océan de magma entourant un petit noyau de fer.

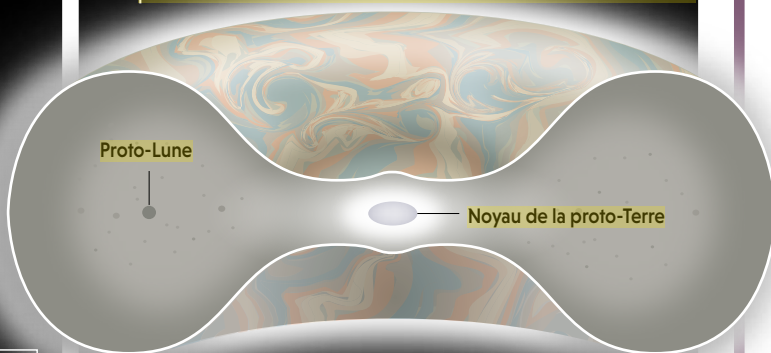


VARIANTE DU MODÈLE CANONIQUE AVEC SYNESTIA

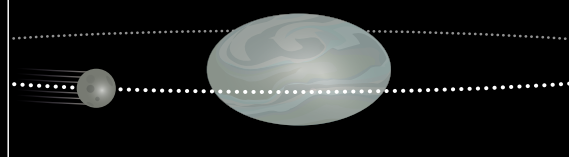
Cette variante du modèle d'impact géant, dans laquelle la Lune se forme, puis mûrit à hautes température et pression, explique mieux certains faits, comme les compositions isotopiques identiques de la Terre et de la Lune ou la rareté des composés volatils sur notre satellite.



3 ...synestia, c'est-à-dire un nuage torique de vapeur et de fragments de roche dans lequel la Lune s'accrète et mûrit en quelques décennies. La plupart des éléments volatils restent dans la vapeur, puis tombent sur Terre au fur et à mesure du refroidissement.



4 Le mélange intime des matières provenant des deux corps dans la synestia expliquerait les compositions isotopiques identiques de la Terre et de la Lune.





Ramassé sur la Lune par les astronautes James Irwin et David Scott sur les bords du cratère Spurr, le *Genesis rock*, qui est l'échantillon 15415 ramené par la mission *Apollo 15*, est vieux d'environ 4 milliards d'années (d'où son surnom). Il a aidé à élaborer la théorie de la formation de la Lune.

> après l'arrivée des premiers échantillons *Apollo*, deux groupes de chercheurs proposèrent, indépendamment l'un de l'autre, l'idée d'un océan magmatique précoce. Plusieurs autres types de données géochimiques ou géophysiques appuient par ailleurs ce modèle d'un océan de magma, qui est toujours en cours d'élaboration aujourd'hui.

L'une des découvertes met toutefois le modèle de l'impact géant au défi. À deux reprises, en 2001 et 2012, des chercheurs ont constaté, en se servant d'un procédé nommé fluoration au laser, que les concentrations isotopiques de l'oxygène et du titane dans les échantillons de roches lunaires sont presque

Des échantillons de pierres lunaires encore sous scellés attendent d'être analysés

identiques à celles des roches terrestres. Cela pose un problème: si la Lune s'est bien formée par mélange de matériaux provenant de la Terre et de Théia, comment les compositions isotopiques en titane et oxygène peuvent-elles être les mêmes dans les deux corps? Cette observation a inspiré de nouvelles propositions quant à la formation de la Lune, dont le modèle à synestia (voir l'encadré page ci-contre).

Les recherches sur les roches lunaires ramenées par *Apollo* nous ont aussi renseignés sur les autres corps planétaires. Le résultat le plus notable de ces avancées est sans doute la mise au point du « modèle de Nice » (ainsi nommé parce qu'il a été conçu à l'Observatoire de la Côte d'Azur, à Nice).

Selon ce modèle de l'évolution du Système solaire, les planètes gazeuses extérieures – Saturne, Uranus et Neptune – se seraient initialement formées plus près du Soleil et à proximité les unes des autres. Puis, quelques centaines de millions d'années plus tard, leurs trajectoires seraient devenues instables, et, sous l'influence d'une incursion de Jupiter vers le Système solaire interne, elles auraient très vite migré vers leurs orbites actuelles, à grande distance du Soleil. Ce mouvement aurait attiré vers l'intérieur du Système solaire de très nombreux matériaux de la ceinture de Kuiper, cette zone située entre 30 et 55 unités astronomiques du Soleil et peuplée de très nombreux petits corps. Ces millions de résidus des premiers moments de la formation du Système solaire seraient alors entrés en collision avec les planètes et leurs lunes, entraînant un chaos général dont témoigne la face grêlée de la Lune.

UN CURIEUX SCÉNARIO

Un tel scénario semble tiré par les cheveux, mais il explique avec élégance un certain nombre d'observations sur notre voisinage cosmique. Après avoir daté les échantillons d'*Apollo* et analysé les cratères d'impact, les chercheurs ont par exemple conclu que le nombre d'impacts a connu un pic, dû à un « Grand bombardement tardif » qui se serait produit environ 700 millions d'années après la formation des planètes. On ne savait pas expliquer ce soudain bombardement intense des planètes telluriques, mais le modèle de Nice a fourni une explication en prédisant l'attraction massive de corps de la ceinture de Kuiper vers l'intérieur du Système solaire exactement à l'époque du chaos dont témoigne la face grêlée de la Lune.

En plus de nous renseigner sur l'évolution du Système solaire, les échantillons lunaires nous ont aussi permis d'étudier l'évolution chimique des surfaces planétaires. Le processus dit de l'« érosion spatiale » explique de quelle façon les corps dépourvus d'atmosphère s'érodent. L'étude des échantillons prélevés à la surface de la Lune par les missions *Apollo* a montré qu'ils sont composés d'agglomérations de verre fondu et de fragments minéraux créés par l'impact de microscopiques poussières. Ces agglomérats, qui se forment avec le temps, peuvent constituer de 60 à 70% des échantillons de régolite mature. De minuscules perles de fer élémentaire sont aussi produites au cours de l'érosion spatiale et s'accumulent sur >