L'origine de la Lune : un enfantement terrestre dans la douleur

Il y a 4,55 milliards d'années naissait la Terre, peu de temps après le Soleil, qui venait juste de d'apparaître 50 millions d'années plus tôt, **issu d'un immense nuage moléculaire** froid (-260 °C) composé à 98 % d'hydrogène et d'hélium, et de 2 % de poussières, comme il y en a beaucoup dans la *Voie Lactée*.

Une perturbation extérieure suffit pour déstabiliser un tel nuage, comme le plus souvent une onde de choc, par exemple, due à l'explosion d'une *supernova*. Ce choc entraîne l'**effondrement du nuage sous sa propre gravité**. La matière s'accumule en une sphère de plus en plus dense et chaude, jusqu'à atteindre plus de 10 millions de degrés. Les noyaux d'hydrogène commencent à s'entrechoquer avec une violence telle qu'ils fusionnent pour former des noyaux d'hélium. Le **processus de fusion nucléaire** commence alors. Pour le Soleil, il va durer 10 milliards d'années. Nous n'en sommes qu'à la moitié…

Le système solaire a pratiquement l'âge du Soleil. En effet, se contractant, le Soleil s'est aussi mis en rotation, et le reste du nuage moléculaire s'est aplati pour former un disque. C'est dans ce ***disque protoplanétaire*** (dont la trace actuelle est *l'écliptique*) que d'autres concentrations apparaîtront et donneront naissances aux planètes.



Vue d'artiste de Théia percutant la Terre ©Herman Canellas/ASU

Mais **les débuts du système solaire seront bien instables et chaotiques**. Si le puissant *vent solaire** généré par le Soleil naissant, va "nettoyer" le disque protoplanétaire de ce qui reste de gaz et de poussières, il faudra encore 500 à 700 millions d'années pour que le système solaire trouve enfin sa configuration stable et définitive. **Durant les 100 premiers millions d'années, des dizaines de protoplanètes d'orbites instables, vont s'entrechoquer, et, pour la plupart disparaître ou être absorbées par d'autres.** Les grosses planètes Jupiter et Saturne vont finalement entrer en résonance, créant de la stabilité et éjectant Neptune et Uranus au confins du système.

C'est dans ce grand jeu de quilles que la Lune va se créer. **Une protoplanète de la taille de Mars, appelée *Théia*, va percuter la Terre primitive il y a 4,5 milliards d'années**. Notre Terre n'avait pas alors l'apparence actuelle : c'était une planète incandescente, en fusion, recouverte d'un immense océan de magma dont la température était de plus de 1500 °C. Le choc titanesque a entraîné une température de 5000 à 6000 °C, semblable à celle de la surface du Soleil. **Une partie des deux planètes a été vaporisée en gaz et le manteau terrestre sous-jacent** (solide et ductile) **a fondu sur des centaines de kilomètres de profondeur. La Lune a été arrachée à la Terre.** La composition chimique de ses roches est d'ailleurs pratiquement identique aux roches terrestres. Le choc a pulvérisé des débris terrestres, qui ont d'abord formé un anneau de poussières avant de se ré-agglutiner par gravité pour former la Lune sphérique actuelle.

Mesurer l'âge de la Terre et de la Lune

En 1953 le géochimiste américain **Clair Patterson** obtenait la première **datation isotopique basée sur le rapport uranium/plomb**. Le principe est basé sur le fait que lorsqu'une roche météoritique se solidifie dans l'espace, elle emprisonne des cristaux appelés ***zircons***. Ces cristaux ($ZrSiO_4$) **ne contiennent jamais de *plomb*** car celui-ci n'a ni la bonne taille, ni la bonne charge électrique pour s'intégrer dans la structure rigide du cristal. L'*uranium*, au contraire, a une taille d'atome (rayon ionique) plus proche de celle du *zirconium* et, comme lui, dans le magma primordial en fusion, possède la même charge électrique (4 électrons perdus).

La roche contient ainsi de l'*uranium*, mais en très petite quantité (on peut même parler de "traces"), quelques centièmes de pour-cent que l'on retrouve d'ailleurs dans la croûte terrestre. **C'est cet *uranium* qui va se désintégrer et donner du plomb.** Le fait que présence d'uranium soit faible dans les *zircons* est même une chance, car les bombardements de particules radioactives émis lors de la désintégration ne détruisent pas la structure solide du cristal, ce qui permet la datation plusieurs milliards d'années plus tard.

Donc, au départ, la roche contient 100 % d'*uranium* et 0 % de *plomb*. Or **le noyau d'*uranium* est instable**, car c'est un "géant" agglutinant 238 particules qui ne tiennent, comme pour tout atome, que grâce à la force nucléaire forte, laquelle n'agit qu'à une distance très courte, de l'ordre de grandeur du noyau lui-même. **Le noyau de l'*uranium* est obèse et, pour perdre du poids, il se désintègre petit à petit.** L'*uranium-238* commence par éjecter un petit paquet de 2 protons et 2 neutrons (identique à un noyau d'hélium $^4He^{2+}$, c'est-à-dire une particule alpha). C'est la **radioactivité**. Il se transforme en *thorium*, toujours (mais un peu moins) instable, qui continue le régime minceur en éjectant d'autres protons et neutrons. Puis il se désintègre en *protactinium*, en *radium*, en *polonium*. **14 étapes pour transformer l'*uranium-238* en *plomb* de masse atomique 206, qui, lui, est parfaitement stable**, car sa taille est compatible avec la faible portée de la force nucléaire forte. La réaction de fission en chaîne s'arrête alors. Comme le temps nécessaire pour que la moitié des atomes d'*uranium-238* se transforment en atomes de plomb est de 4,47 milliards d'années, on peut ainsi, en mesurant le rapport plomb/uranium mesurer l'âge de tous les éléments du système solaire.

* Le *"vent solaire"* est un flux permanent de particules (protons, électrons , ..) porteur du champ magnétique interplanétaire.