

La Bactérie qui tuera la TERRE

« L' HOMME »

Georges « *Philippe* » Ballin

Copyright Georges Ballin 2024

www.BallinEdition.com

La Bactérie qui tuera la TERRE :

« L'HOMME »

de

-Georges « *Philippe* » ballin

Préambule

Oui l' Homme a évolué depuis un certain nombre d' années, mais a t' il évolué dans la bonne direction, avec bon sens et charisme, il y a de quoi se poser la question aujourd'hui.

Il suffit d'écouter et voir ce qu'il se passe autour de nous, pour s' apercevoir que l'Homme en général ne vie qu'au prix de ses bas instincts de pouvoir, de mort, de cupidité, d' égoïsme et j' en passe. La liste serait trop longue à énumérer.

L'Homme, dit moderne, a tout simplement oublier d' où il venait et surtout comment il est parvenu à ce stade d' évolution par rapport à l'animal en général, et à ses cousins les plus proches, les singes !

En tenant compte de tout ce qui compose le règne animal, insectes y compris. Il faut également tenir compte du règne végétal, qui lui aussi a évolué de façon exponentielle.

Pour arriver au stade actuel, l' Homme a mis des millions d'années et subit des métamorphoses importantes.

On pourrait presque croire, au vu de tout ce qui

se passe dans le Monde, que l' Homme a perdu la mémoire tout simplement, ironiquement qu' il a la mémoire d' un poisson rouge. Tout le monde sait, je pense, que lorsqu' un poisson rouge a fait le tour de son bocal, il a oublié tout ce qu' il a vu ou entendu !!

Je me suis donc permis de vous faire connaître, en quelques chapitres, l' histoire du Monde, de notre Gallaxie, de la naissance du Système Solaire, depuis sa création, soit un peu plus de 5 milliards d'années .

Chapitre /1

Formation du Système solaire

La **formation et l'évolution du Système solaire**, le système planétaire qui abrite la Terre, sont déterminées par un modèle aujourd'hui très largement accepté et connu sous le nom d'« hypothèse de la nébuleuse solaire ». Ce modèle a été développé au XVIII^e siècle par Emanuel Swedenborg, Emmanuel Kant et Pierre-Simon de Laplace. Les développements consécutifs à cette hypothèse ont fait intervenir une grande variété de disciplines scientifiques comprenant l'astronomie, la physique, la géologie et la planétologie. Depuis le début de la conquête de l'espace dans les années 1950 et à la suite de la découverte des exoplanètes dans les années 1990, les modèles ont été remis en cause et affinés pour tenir compte des nouvelles observations.

Selon les estimations issues de ce modèle, le Système solaire a commencé d'exister il y a 4,55 à 4,56 milliards d'années avec l'effondrement gravitationnel d'une petite partie d'un nuage moléculaire géant. La plus grande partie de la masse

du nuage initial s'est effondrée au centre de cette zone, formant le Soleil, alors que ses restes épars ont formé le disque protoplanétaire sur la base duquel se sont formés les planètes, les lunes, les astéroïdes et les autres petits corps du Système solaire.

Le Système solaire a considérablement évolué depuis sa formation initiale. Nombre de lunes se sont formées à partir du disque gazeux et des poussières encerclant leurs planètes associées, alors qu'on suppose que d'autres ont été formées indépendamment puis capturées par une planète. Enfin, d'autres encore, comme le satellite naturel de la Terre, la Lune, seraient (très probablement) le résultat de collisions cataclysmiques. Des collisions entre des corps ont eu lieu continuellement jusqu'à nos jours et ont joué un rôle central dans l'évolution du Système solaire. Les positions des planètes ont sensiblement glissé, et certaines planètes ont échangé leurs places¹. On suppose maintenant que cette migration planétaire a été le principal moteur de l'évolution du jeune Système solaire. Dans environ 5 milliards d'années, le Soleil se refroidira et s'étendra bien au-delà de son diamètre actuel, pour devenir une géante rouge. Il éjectera alors ses couches supérieures selon le schéma

des nébuleuses planétaires, et laissera derrière lui un cadavre stellaire : une naine blanche. Dans un futur lointain, l'attraction gravitationnelle d'étoiles passant dans le voisinage arrachera alors progressivement le cortège des planètes de l'ancien système à son étoile. Certaines planètes seront détruites alors que d'autres seront éjectées dans l'espace. Au bout de plusieurs milliers de milliards d'années, il est probable que le Soleil, devenu une naine noire, sera seul et glacé, sans aucun corps gravitant dans son orbite.

Histoire de la théorie actuelle

Pierre-Simon de Laplace, l'un des fondateurs de l'hypothèse de la nébuleuse solaire.

Les idées relatives aux origines et au devenir du monde sont rapportées dans les plus anciens écrits connus. Néanmoins, comme l'existence du Système solaire tel qu'il est défini actuellement n'était pas encore connue, la formation et l'évolution du monde n'y faisaient pas référence. Le premier pas qui ouvrit la porte à une explication rationnelle fut l'acceptation de l'héliocentrisme, qui plaçait le Soleil au centre du

système et la Terre en orbite autour de lui. Si cette conception était connue des précurseurs, comme Aristarque de Samos dès 280 av. J.-C., elle resta en gestation pendant des siècles, et elle ne fut largement acceptée qu'à la fin du XVIII^e siècle. Le terme « Système solaire », à proprement parler, fut utilisé pour la première fois en 1704.

Emmanuel Kant en 1755 et, indépendamment, Pierre-Simon de Laplace au XVIII^e siècle ont les premiers formulé l'hypothèse de la nébuleuse solaire. Cette hypothèse est l'embryon de la théorie standard actuellement associée à la formation du Système solaire. La critique la plus importante de cette hypothèse fut son apparente incapacité à expliquer le manque relatif de moment cinétique du Soleil par rapport aux planètes. Toutefois, depuis le début des années 1980 l'observation et l'étude de jeunes étoiles ont montré qu'elles étaient entourées par des disques froids de poussières et de gaz, exactement comme le prédit l'hypothèse de la nébuleuse solaire, ce qui lui valut un regain de crédit.

Déterminer quelle sera l'évolution à venir du Soleil, principal acteur du Système solaire, nécessite de

comprendre d'où il puise son énergie. La validation par Arthur Eddington du principe de relativité d'Albert Einstein nous apprend que l'énergie du Soleil provient des réactions de fusions nucléaires qui s'opèrent en son cœur. En 1935, Eddington poursuit ce raisonnement et suggère que d'autres éléments pourraient aussi s'être formés au sein des étoiles. Fred Hoyle élabore sur ces bases et explique que les étoiles évoluées qui sont appelées géantes rouges créent un grand nombre d'éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium en leur sein. Quand une géante rouge éjecte finalement ses couches externes, les éléments qu'elle y a accumulés sont libérés et peuvent être réintégrés dans la formation de nouveaux systèmes stellaires.

Le modèle actuel de formation des planètes du Système solaire, par accréation de planétésimaux, est développé dans les années 1960 par l'astrophysicien russe Viktor Safronov.

Datation

En utilisant la datation radioactive, les scientifiques évaluent l'âge du Système solaire à environ 4,6

milliards d'années. Des grains de zircon terrestres inclus dans des roches plus récentes qu'eux ont été datés de plus de 4,2 milliards d'années, voire jusqu'à 4,4. Les plus anciennes roches terrestres ont un âge d'environ 4 milliards d'années. Des roches de cette ancienneté sont rares, car la croûte terrestre est constamment modelée par l'érosion, le volcanisme et la tectonique des plaques. Pour estimer l'âge du Système solaire, les scientifiques doivent utiliser des météorites qui se sont formées au début de la condensation de la nébuleuse solaire. Les plus anciennes météorites, telle la météorite de Canyon Diablo, ont 4,6 milliards d'années ; par conséquent, le Système solaire doit au moins avoir cet âge. La condensation du Système solaire à partir de la nébuleuse primitive serait survenue en 10 millions d'années au plus.

Formation

Nébuleuse pré-solaire

Illustration des étapes clefs préalable à la formation
du Système solaire.

Cette illustration est construite à partir de photos issues d'évènements similaires à ceux discutés, mais observés ailleurs dans l'Univers.

Selon l'hypothèse de la nébuleuse présolaire, le Système solaire s'est formé à la suite de l'effondrement gravitationnel d'un fragment d'un nuage moléculaire de plusieurs années-lumière de diamètre. Il y a encore quelques décennies, il était communément admis que le Soleil s'était formé dans un environnement relativement isolé, mais l'étude d'anciennes météorites a révélé des traces d'isotopes à demi-vie réduite, tels que le fer 60, qui ne se forme que lors de l'explosion d'étoiles massives à courte durée de vie. Cela révèle qu'une ou plusieurs supernovas se sont produites dans le voisinage du Soleil alors qu'il se formait. Une onde de choc résultant d'une supernova pourrait avoir déclenché la formation du Soleil en créant des régions plus denses au sein du nuage, au point d'initier son effondrement. Parce que seules les étoiles massives à courte durée de vie forment des supernovas, le Soleil serait apparu dans une large région de production d'étoiles massives, sans doute comparable à

la nébuleuse d'Orion. L'étude de la structure de la ceinture de Kuiper et des matériaux inattendus qui s'y trouvent suggère que le Soleil s'est formé parmi un ensemble d'étoiles regroupées dans un diamètre de 6,5 à 19,5 années-lumière et représentant une masse collective équivalente à 3 000 fois celle du Soleil. Différentes simulations d'un Soleil jeune, interagissant avec des étoiles passant à proximité durant les 100 premiers millions d'années de sa vie, produisent des orbites anormales. De telles orbites sont observées dans le Système solaire externe, notamment celles des objets épars.

L'une de ces régions de gaz en effondrement, la « nébuleuse pré-solaire », aurait formé ce qui allait devenir le Système solaire. Cette région avait un diamètre compris entre 7 000 et 20 000 unités astronomiques et une masse juste supérieure à celle du Soleil. Sa composition était sensiblement la même que celle du Soleil actuel. Elle comprenait de l'hydrogène, accompagné d'hélium et de traces de lithium produits par la nucléosynthèse primordiale, formant environ 98 % de sa masse. Les 2 % de la masse restante représentent les éléments plus lourds, créés par nucléosynthèse des générations plus

anciennes d'étoiles. À la fin de leur vie, ces anciennes étoiles avaient expulsé les éléments plus lourds dans le milieu interstellaire et dans la nébuleuse solaire.

À cause de la conservation du moment angulaire, la nébuleuse tournait plus vite à mesure qu'elle s'effondrait. Comme les matériaux au sein de la nébuleuse se condensaient, la fréquence des collisions des atomes qui les composaient augmentait, convertissant leur énergie cinétique en chaleur. Le centre, où la plus grande partie de la masse était collectée, est devenu de plus en plus chaud, bien plus que le disque l'entourant. Sur une période de 100 000 ans, les forces concurrentes de gravité, de pression des gaz, de champs magnétiques et de rotation ont causé la contraction et l'aplatissement de la nébuleuse en un disque protoplanétaire tournant avec un diamètre d'environ 200 au et formant en son centre une proto-étoile chaude et dense (une étoile au sein de laquelle la fusion d'hydrogène ne peut encore débiter).

À ce point de son évolution, le Soleil était vraisemblablement une étoile variable de type T Tauri. Les études des étoiles T Tauri montrent qu'elles sont

souvent accompagnées par des disques de matière pré-planétaire avec des masses de 0,001 à 0,1 masse solaire. Ces disques s'étendent sur plusieurs centaines d'unités astronomiques — le télescope spatial *Hubble* a observé des disques protoplanétaires allant jusqu'à 1 000 au de diamètre dans des régions de formation d'étoiles telles que la nébuleuse d'Orion — et atteignent une température d'un millier de kelvins au plus.

Après 50 millions d'années, la température et la pression au cœur du Soleil sont devenues si élevées que son hydrogène a commencé à fusionner, créant une source d'énergie interne qui s'est opposée à la contraction gravitationnelle jusqu'à ce que l'équilibre hydrostatique soit atteint. Ceci a marqué l'entrée du Soleil dans la première phase de sa vie, connue sous le nom de séquence principale. Les étoiles de la séquence principale tirent leur énergie de la fusion de l'Hydrogène en helium dans leur cœur. Le Soleil reste une étoile de la séquence principale à ce jour.

Formation des planètes

On suppose que les différentes planètes se sont formées sur la base de la *nébuleuse solaire*, un nuage en forme de disque, fait de gaz et de poussières, n'ayant pas directement été englouti dans la formation du Soleil. Le phénomène, actuellement retenu par la communauté scientifique, selon lequel les planètes se sont formées est nommé l'« accréation ». Selon ce procédé, les planètes naissent des grains de poussière du disque d'accréation en orbite autour de la proto-étoile centrale. À la suite de contacts directs, ces grains s'agrègent en blocs de 1 à 10 kilomètres de diamètre, qui, à leur tour, entrent en collision les uns avec les autres pour former des corps plus importants d'environ 5 km de large, des planétésimaux. Ces derniers s'accroissent graduellement au fur et à mesure de nouvelles collisions, augmentant au taux de quelques centimètres par année durant les quelques millions d'années suivantes

Le Système solaire interne, la région du système à moins de 4 au du Soleil, est trop chaud pour que les molécules volatiles telles que l'eau et le méthane se

condensent. Aussi, les planétésimaux qui s'y forment ne peuvent être constitués que de composants chimiques ayant un haut niveau de sublimation, tels que les métaux (comme le fer, le nickel et l'aluminium) et des roches de silicates. Ces corps rocheux vont devenir les planètes telluriques : Mercure, Vénus, la Terre et Mars. Comme ces composés chimiques sont assez rares dans l'Univers, correspondant seulement à 0,6 % de la masse de la nébuleuse, les planètes telluriques ne connaissent pas une croissance très importante¹¹. L'embryon terrestre grossit d'au plus 0,05 masse terrestre et cesse d'accumuler de la matière 100 000 ans après la formation du Soleil. De nouvelles collisions et la fusion de corps de la taille de quasi-planètes permettent alors aux planètes telluriques de grossir jusqu'à leurs tailles actuelles (voir Planètes telluriques ci-dessous).

Quand les planètes telluriques sont formées, elles continuent d'évoluer dans un disque de gaz et de poussières. Le gaz est partiellement soutenu par les mécanismes de pression et il n'orbite donc pas aussi vite que les planètes autour du Soleil. La résistance induite par le milieu cause un transfert de moment

angulaire et, en conséquence, les planètes émigrent progressivement vers de nouvelles orbites. Les modèles mathématiques montrent que les variations de température dans le disque gouvernent cette vitesse de migration, mais les planètes intérieures ont nettement tendance à se rapprocher davantage du Soleil, alors que le disque se dissipe. Cette migration place finalement les planètes telluriques sur leurs orbites actuelles.

Les planètes gazeuses géantes, nommément Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, se forment plus à l'extérieur, par-delà la ligne des glaces (aussi appelée « ligne de gel »). Cette ligne désigne la limite, entre les orbites de Mars et de Jupiter, où la matière est suffisamment froide pour que ses composés de glace volatile restent à l'état solide. Les glaces qui forment les géantes gazeuses sont plus abondantes que les métaux et les silicates qui forment les planètes telluriques. Ceci permet aux géantes de devenir suffisamment massives pour qu'elles finissent par capturer l'hydrogène et l'hélium, les plus légers mais aussi les plus abondants des éléments de l'Univers. Les planétésimaux formés par-delà la ligne des glaces accumulent jusqu'à plus de quatre masses

terrestres sur une période de trois millions d'années. Aujourd'hui, les quatre géantes gazeuses totalisent quasiment 99 % de toute la masse orbitant autour du Soleil. Les astrophysiciens pensent que ce n'est pas par hasard si Jupiter se trouve juste au-delà de la ligne des glaces. La ligne des glaces accumulerait alors de grosses quantités d'eau par évaporation de glace en chute depuis les régions extérieures. Cela créerait une région de faible pression qui faciliterait l'accélération des particules en orbite à la frontière de cette ligne et interromprait leurs mouvements vers le Soleil. En effet, la ligne des glaces agit comme une barrière qui cause l'accumulation rapide de matériel à environ cinq unités astronomiques du Soleil. Cet excès de matériel se fond en un large embryon d'environ dix masses terrestres, qui commence alors à grossir rapidement en engloutissant l'hydrogène présent dans le disque alentour. L'embryon atteint alors 150 masses terrestres en seulement 1 000 ans, jusqu'à atteindre sa masse nominale, 318 fois celle de la Terre. La masse significativement plus réduite de Saturne s'expliquerait par le fait qu'elle se serait formée quelques millions d'années après Jupiter, alors qu'il y

avait moins de gaz disponible dans son environnement.

Uranus et Neptune sont supposées s'être formées après Jupiter et Saturne. Le puissant vent solaire a alors soufflé au loin l'essentiel du matériel du disque. En conséquence, les planètes n'ont l'opportunité d'accumuler qu'une petite quantité d'hydrogène et d'hélium — pas plus d'une masse terrestre chacune. Uranus et Neptune sont parfois qualifiées de « *failed cores* », c'est-à-dire de « noyaux ratés ». Le problème central que rencontrent les différentes théories de la formation du Système solaire est associé à l'échelle de temps nécessaire à leur formation. Là où sont situées les planètes, il leur aurait fallu une centaine de millions d'années pour agréger leurs noyaux. Cela signifie qu'Uranus et Neptune se sont probablement formées plus près du Soleil, près de Saturne ou peut-être même entre celle-ci et Jupiter, et qu'elles ont migré, plus tard, vers l'extérieur (voir « Migration planétaire » ci-dessous). Tous les mouvements dans la zone des planétésimaux n'étaient pas nécessairement dirigés vers le Soleil ; les échantillons que la sonde spatiale *Stardust* a rapportés de la comète Wild suggèrent que les matériaux de la prime formation du

Système solaire ont migré depuis les régions les plus chaudes du système vers les régions de la ceinture de Kuiper.

Après environ quatre millions d'années, tout le gaz et toutes les poussières du disque protoplanétaire sont dissipées du fait de l'accrétion sur le Soleil et des vents stellaires du jeune Soleil. Passé ce point, il ne reste que les planétésimaux.

Amas stellaire

D'après des simulations prépubliées en août 2023, « la distribution orbitale des objets du disque épars peut être expliquée si une rencontre stellaire particulièrement rapprochée s'est produite dès le début (par exemple, une naine M d'une masse $\simeq 0,2 M_{\odot}$ approchant du Soleil à $\simeq 200$ au). Pour qu'une telle rencontre se produise avec une probabilité raisonnablement élevée, le Soleil doit s'être formé dans un amas stellaire avec $\eta T \gtrsim 104 \text{ Ma pc}^{-3}$, où η est la densité numérique stellaire [c'est-à-dire le nombre d'étoiles par unité de volume] et T est le temps de séjour du Soleil dans l'amas ».

Évolution ultérieure

Les premières théories de la formation du Système solaire supposaient que les planètes s'étaient formées à proximité de l'endroit où elles orbitent actuellement. Ce point de vue a radicalement changé à la fin du ^{XX}e siècle et au début du ^{XXI}e siècle. Actuellement, on pense que le Système solaire était très différent après sa formation initiale de ce qu'il est aujourd'hui : plusieurs objets au moins aussi massifs que Mercure étaient présents dans le Système solaire interne, la partie externe du système était beaucoup plus compacte qu'elle ne l'est maintenant, et la ceinture de Kuiper était bien plus proche du Soleil.

Au début du ^{XXI}e siècle, il est communément admis au sein de la communauté scientifique que les impacts de météorites se sont produits régulièrement, mais relativement rarement, au cours du développement et de l'évolution du Système solaire. La formation de la Lune, tout comme celle du système Pluton-Charon, est le résultat d'une collision d'objets de la ceinture de Kuiper. D'autres lunes proches des astéroïdes et d'autres objets de la ceinture de Kuiper seraient aussi

le produit des collisions. De tels entre-chocs continuent de se produire, comme l'illustre la collision de la Comète shoemaker-Levy avec Jupiter en juillet 1994, ou l'événement de la Toungouska le 30 juin 1908.

Planètes telluriques

À la fin de l'époque où les planètes se sont formées, le Système solaire était peuplé par 50 à 100 lunes, dont certaines avaient une taille comparable à celle de la protoplanète qui allait former Mars. La poursuite de leur croissance n'a été possible que parce que ces organismes sont entrés en collision et ont fusionné les uns avec les autres, sous l'effet de la gravitation, pendant encore 100 millions d'années. L'une de ces collisions géantes est probablement à l'origine de la formation de la Lune, alors qu'une autre aurait retiré l'enveloppe externe de la jeune Mercure.

Ce modèle ne peut expliquer comment les orbites initiales des protoplanètes telluriques, qui auraient dû être hautement excentriques pour pouvoir entrer en collision, ont produit les orbites quasi circulaires remarquablement stables que les planètes telluriques