

Le fait que le Système solaire soit plan est hérité du fait que le disque de gaz et de poussières à son origine a spontanément évolué par dissipation pour devenir plan.

L'examen de systèmes planétaire autour d'autres étoiles montre que notre Système solaire est unique et tout à fait spécial, suite à une suite d'événements aléatoires très peu probables.

Les planètes géantes comme Jupiter se sont formées en un million d'années, tandis que les planètes rocheuses comme la Terre se sont formées en entre 10 à 100 millions d'années dans un environnement sans gaz par la lente accrétion des planétésimaux à cette distance du Soleil. Il ne faut pas parler des planètes gazeuses en général, mais des planètes géantes. En effet Uranus et Neptune sont des planètes glacées pratiquement dépourvues d'hydrogène et d'hélium (environ quelques masses terrestres de ces gaz). Les collisions de planétésimaux de plus en plus gros au fur et à mesure de la formation du Système solaire ont renversé Uranus sur le côté, fait tourner Vénus en sens inverse, enlevé le manteau silicaté de Mercure, fait pencher Neptune et amené la Lune autour de la Terre par impact d'une planète de la taille de Mars. La preuve principale que la Lune vient d'un tel impact, est qu'elle n'a pratiquement pas de noyau de fer. Tout le fer est en effet rentré dans la Terre lors de l'impact, comme le confirment les modèles. Cela se voit par la faible densité de la Lune. La Lune stabilise l'obliquité de la Terre et régule ainsi le climat. Elle est ainsi nécessaire pour l'apparition d'une vie évoluée.

Le fait que les orbites soient approximativement circulaires provient sans doute de l'interaction avec les planétésimaux et le gaz, ou du fait que l'orbite initiale circulaire de Jupiter a imposé la circularité à tout le système.

La phase initiale T Tauri violente du Soleil disperse le gaz en moins de 1 million d'années. Jupiter doit donc se former en moins de temps. Le fait que Jupiter se soit formé avant les planètes rocheuses est prouvé également par le fait qu'il a empêché la formation d'une planète au niveau de la ceinture d'astéroïdes. Il a en effet empêché l'accrétion de ces astéroïdes pour former une planète de la taille de Mars.

On peut penser que les noyaux glacés de Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune se sont formés à des distances voisines du Soleil (la limite de neige). Jupiter, le plus près du Soleil, donc captant le plus de gaz, aurait alors éjecté les autres planètes géantes très tôt vers des zones plus éloignées contenant moins de gaz. Uranus et Neptune n'arrivant pratiquement pas à capter de gaz de la nébuleuse.

Les planètes géantes ont un cœur rocheux d'environ 10 à 15 masses terrestres. Cela implique la formation de ces planètes en deux temps.

Au début, il se forme la ligne de neige à environ 8 fois la distance de la Terre au Soleil (8 U.A.) Il s'agit d'une coquille sphérique de ce rayon où la vapeur d'eau est suffisamment loin de la chaleur du Soleil pour se condenser en glace, produisant une augmentation de la densité de la nébuleuse par environ un facteur 5. En effet, la vapeur d'eau qui se condense à cet endroit, donne de la glace suffisamment lourde pour ne pas être éjectée par le vent solaire. Cette glace capte alors la vapeur d'eau qui continue à être éjectée par le vent solaire de la zone intérieure à cette coquille. Cette coquille forme alors une espèce de couvercle captant et bloquant à cet endroit tous les matériaux éjectés par le Soleil.

Les calculs montrent que, à cet endroit, un noyau d'une masse d'environ 10 fois la masse de la Terre se forme en 300 000 ans. Il peut alors accréter gravitationnellement l'hydrogène et l'hélium de la nébuleuse, avant que ces gaz ne soient chassés en environ un million d'années par le vent solaire.

Par action gravitationnelle, Jupiter éjecte alors à de grandes distances les planétésimaux dans cette zone. D'autres sont absorbés. L'éjection de ces planétésimaux, par conservation de l'énergie, fait migrer Jupiter vers

le Soleil jusqu'à sa position actuelle à 5 fois la distance de la Terre au Soleil. Les planétésimaux qui ne sont pas éjectés, sont placés tout de même dans des orbites excentriques et inclinés, les empêchant de se rassembler en planètes.

L'eau de la Terre provient de la collision tardive de planétésimaux riches en glace venant de la limite de neige. La composition de l'eau terrestre en deutérium ne correspond pas à celle de comètes montrant que l'eau terrestre ne provient pas pour sa plus grande part des comètes. Vénus, plus près du Soleil que la Terre, ne reçut que quelques gouttes de cette averse. Vénus n'a donc jamais eu d'eau en quantité.

La rareté du Système solaire provient déjà de la taille adéquate du Soleil, de la densité adéquate de la nébuleuse également.

Si Jupiter s'était formé plus tôt, dans une nébuleuse plus épaisse, il aurait migré rapidement beaucoup plus près du Soleil empêchant la formation des planètes terrestres. S'il s'était formé plus lentement dans une nébuleuse moins dense, il aurait été plus petit, captant beaucoup moins de gaz avant que la nébuleuse ne se dissipe en un million d'années sous l'action du vent solaire. Il n'aurait pas pu alors servir de bouclier pour protéger la Terre de l'impact de comètes ou météorites destructrices. De plus il aurait été moins efficace pour rendre les orbites des planètes circulaires, malgré le désordre créé par les impacts de planétésimaux de grandes tailles.

Référence :

Solar System Evolution A New Perspective second edition

Stuart Ross Taylor

Cambridge