

L'incroyable aventure de la Terre

Alain Riazuelo
Institut d'astrophysique de Paris
riazuelo@iap.fr

Société astronomique de Montgeron, 16 décembre 2023



La Terre a une histoire

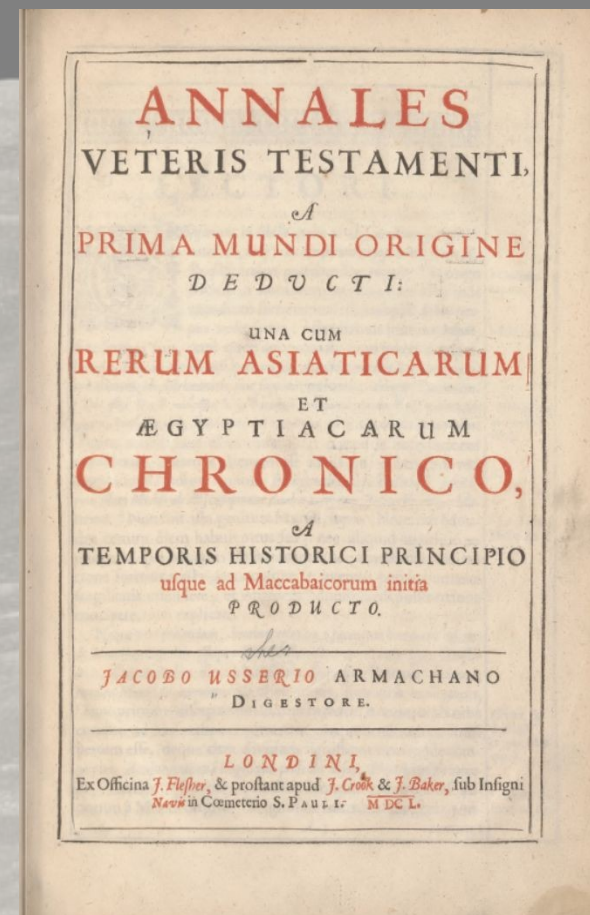
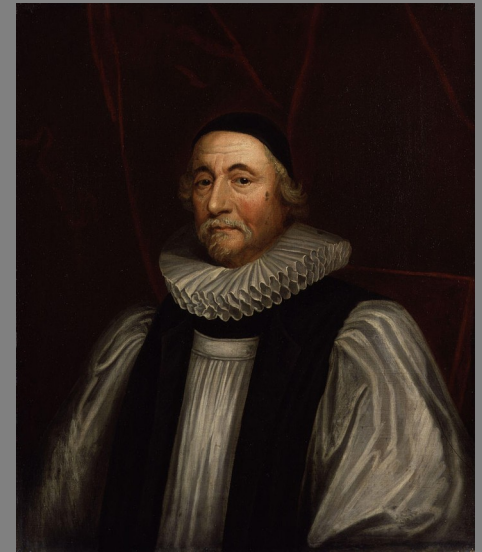
- Des nombreuses formations géologiques indiquent que (au moins) sa surface évolue
- La Terre a une histoire
- Du temps de Newton, on considère que la chronologie déterminée par la Bible...

- Abbé Ussher (c. 1581-1656) :

La Terre est apparue le dimanche 23 octobre de l'an – 4004 en milieu de journée

$$\Delta t / t \sim 0,000002 \%$$

- (Note : Kepler : –3993, Newton : –3998)



Par quel raisonnement ?

- Travail honnête de généalogiste
- « Tous les jours qu'Adam vécut furent de neuf cent trente ans; puis il mourut. » (Genèse 5:5)
- « Adam, âgé de cent trente ans, engendra un fils à sa ressemblance, selon son image, et il lui donna le nom de Seth. » (Genèse 5:3)
- « Seth, âgé de cent cinq ans, engendra Enosch. » (Genèse 5:6)
- « Seth vécut, après la naissance d'Enosch, huit cent sept ans; et il engendra des fils et des filles » (Genèse 5:7)
- [...] « Kénan, âgé de soixante-dix ans, engendra Mahalaleel. Kénan vécut, après la naissance de Mahalaleel, huit cent quarante ans; et il engendra des fils et des filles. » (Genèse 5:12-13)
- [...]
- Déluge → l'essence divine des humains se tarit et ils vivent moins longtemps, en ayant des bébés plus tôt
- Etc... jusqu'à divers personnages historiques (rois babyloniens, roi David) → utilisation de sources non bibliques
- « Vérification » : Pierre (3.8): « Mais il est une chose, bien-aimés, que vous ne devez pas ignorer, c'est que devant le seigneur, un jour est comme mille ans et mille ans comme un jour » → 6 000 ans à peu près

Par quel raisonnement ?

- Le moment du début de l'année dépend des civilisations : Occident → solstice d'hiver ; Empire romain → équinoxe de printemps ; tradition juive → équinoxe d'automne
- Ussher → aux alentours de l'équinoxe d'automne, mais quel jour exactement ?
- Ussher → un dimanche (puisque le 7^e jour de la création est celui où Dieu se repose)
- À l'époque : calendrier julien, soit une année tropique = 365,25 j
- En réalité : une année tropique = 365,2425 j, soit un décalage de 3 jours tous les quatre siècles
- Ussher conserve le calendrier julien, en vigueur 1500 ans avant lui, et calcule que l'équinoxe d'automne a eu lieu à l'époque vers la fin octobre → il choisit le dimanche le plus proche de la date calculée → 23 octobre
- « Dieu appela la lumière jour, et il appela les ténèbres nuit. Ainsi, il y eut un soir, et il y eut un matin : ce fut le premier jour. » (Genèse 1:8) → le décompte des « jours » de la création se termine à la fin du matin, donc le premier jour commence aussi à cet horaire-là → midi !

Fin XVIII^e : approche expérimentale

- Buffon (1707-1788) : puits de mine, volcanisme : L'intérieur de la Terre est chaud
→ la Terre se refroidit
- Expériences sur le taux de refroidissement de sphères métalliques de taille variable
- Approximation ~~linéaire~~ : une sphère de N demi-pouces de diamètre se refroidit en environ $54 N - 15$ minutes
- Extrapolation à la Terre, de 6370 km de rayon, soit 941 461 920 demi-pouces
- Âge : 74 000 ans (« officiel »), > 10 millions d'années (non publié)



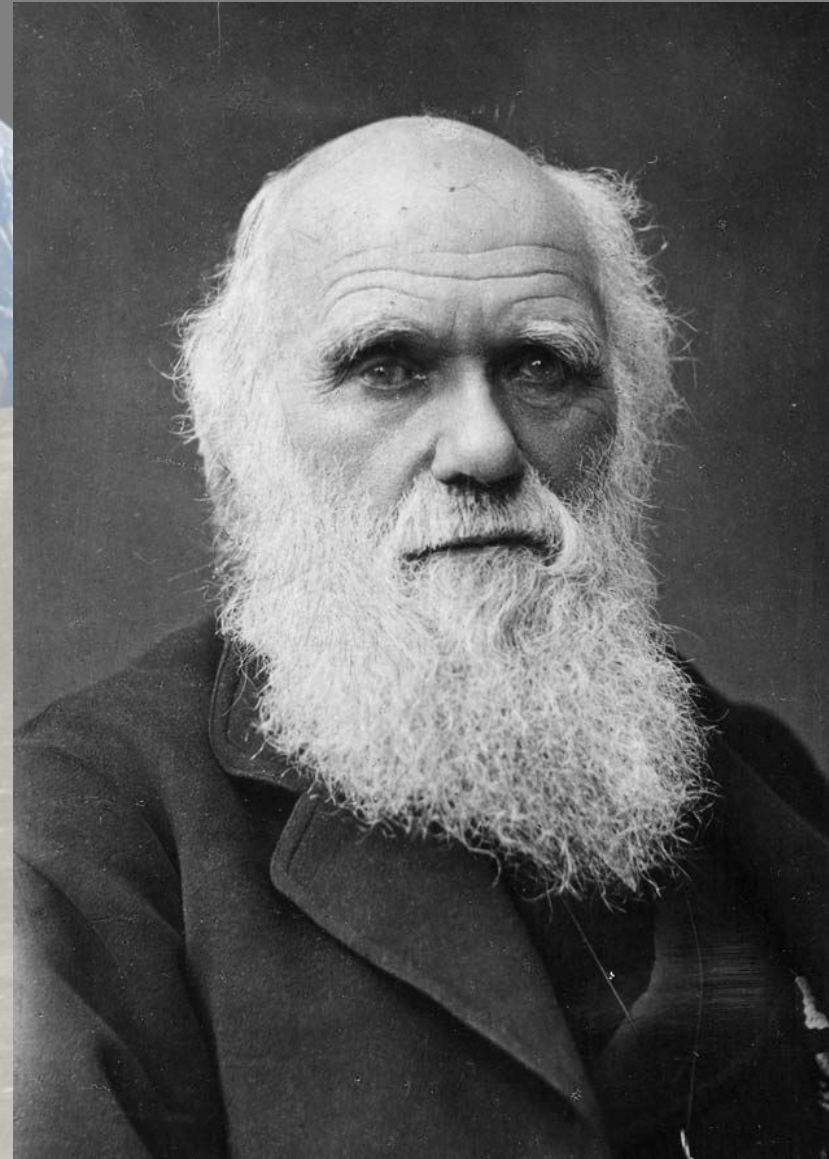
Et comme N est toujours = 941 461 920 demi-pouces, nous aurons $54 N - 15 = 508 389 436 62$ minutes, c'est-à-dire, quatre-vingt-seize mille six cents soixante-dix ans & cent trente-deux jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la Terre au point de la température actuelle.

Fin XIX^e : approche géologique...

- Épaisseur de certains dépôts sédimentaires (plusieurs km d'épaisseur) / taux de sédimentation (quelques mm / an) → âge sédimentaire de plusieurs dizaines/centaines de millions d'années
- Le sel des océans est apporté par l'érosion des roches par les rivières !
- Or les rivières sont très peu salées...
- ... donc il faut un temps considérable pour saliniser les océans !

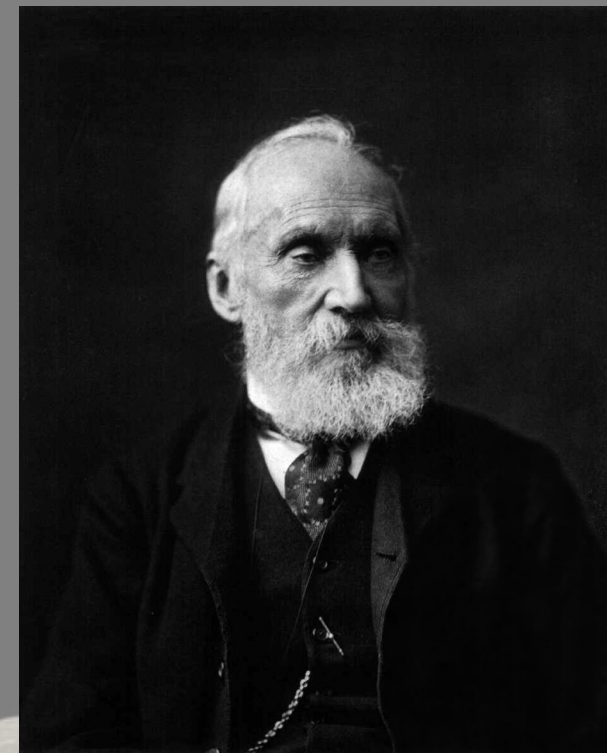
Fin XIX^e : approche géologique... et naturaliste

- Charles Darwin (1809-1882) :
- Les fossiles montrent que les espèces évoluent
- On ne voit pas d'espèces évoluer à l'échelle humaine ou même historique
- Donc l'évolution est très lente
- Il est nécessaire que la Terre soit très vieille... et viable depuis très longtemps



MAIS... Fin XIX^e : Débat majeur sur l'âge de la Terre et du Soleil

- Argument astronomique et chimique
- Lois de Newton → masse du Soleil $\sim 2 \times 10^{30}$ kg
- Distance du Soleil + « actinométrie » → Puissance rayonnée $\sim 4 \times 10^{26}$ W
- → Le Soleil doit rayonner 0,2 W / t pour se maintenir en température
- Réactions chimiques : 50 **MJ** / kg (gaz naturel)
- Espérance de vie : (50 MJ / kg) / (0,2 W / t) $\sim 250 \times 10^9$ secondes, soit... moins de 10 000 ans ! → TRÈS insuffisant
- William Thomson (1824-1907) : La contraction gravitationnelle du Soleil permet de dégager bien plus d'énergie : un objet se crashant à la surface du Soleil le fait à $v \sim 600$ km/s, et libère $v^2 / 2$ d'énergie par unité de masse, soit 180 **GJ** / kg
- Espérance de vie ~ 100 millions d'années → En contradiction avec les estimations (basses) géologiques
- En réalité, les estimations de Thomson autorisent une Terre plus vieille, mais... **Thomson n'aime pas Darwin** et prend volontairement l'estimation basse de ses chiffres



« Les mathématiques peuvent être comparées à un moulin d'un travail exquis... ce que vous obtenez dépend de ce que vous y mettez ; et comme le plus grand moulin du monde n'extrairait pas de farine de blé des morues, des pages de formules n'obtiendront pas un résultat définitif à partir de données peu fiables. »
Th. Huxley, « le bouledogue de Darwin »

La solution : il existe une source d'énergie extraordinairement efficace mais jusque là inconnue : l'énergie nucléaire

- La radioactivité (Becquerel, 1896), et l'énergie nucléaire (coll., 1930) ont un rendement énergétique par unité de masse bien meilleur :

$$E / m \sim 0,007 c^2 \rightarrow 630 \text{ TJ / kg}$$

(au lieu de 50 MJ / kg)

D'où $t \sim 100$ milliards d'années

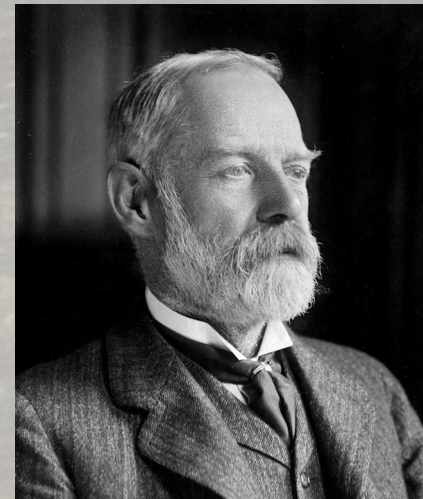
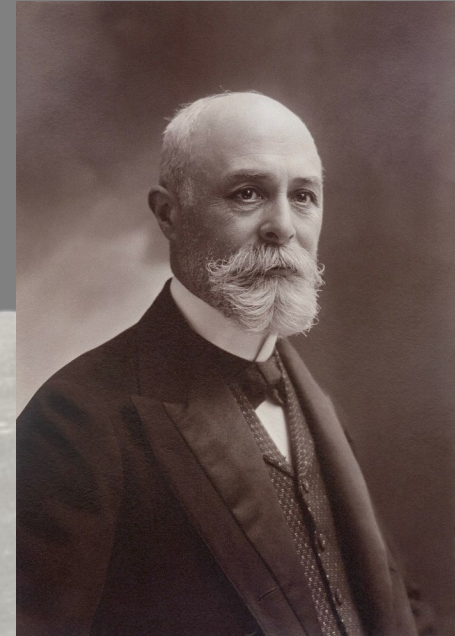
- La jolie petite histoire dans l'histoire : l'astrophysicien qui le premier fait le lien entre radioactivité et révision de la longévité du Soleil n'est autre que Georges Darwin... fils de Charles Darwin !

Radio-activity and the Age of the Sun.

Knowing, as we now do, that an atom of matter is capable of containing an enormous store of energy in itself, I think we have no right to assume that the sun is incapable of liberating atomic energy to a degree at least comparable with that which it would do if made of radium. Accordingly, I see no reason for doubting the possibility of augmenting the estimate of solar heat as derived from the theory of gravitation by some such factor as ten or twenty.

Cambridge, September 20.

G. H. DARWIN.



À l'issue, ce sont les géologues qui sont pris de vertige...

« Il y a, entre les résultats fournis par les trois procédés de la méthode radioactive, un accord qui, sans être parfait, ne laisse pas d'être impressionnant. Barrell en a tiré, en 1917, un tableau de durées probables que je résumerai en ces trois lignes

- L'ensemble du Quaternaire et du Tertiaire aurait duré de 33 à 63 millions d'années
- Le Mésozoïque, de 135 à 180 millions d'années
- Le Paléozoïque (sans remonter au delà du Cambrien), de 360 à 540 millions d'années.

Tout cela est vraisemblable, et cependant très incertain. Retenons simplement que les évaluations auxquelles on se tenait il y a vingt ans doivent être fortement majorées. Les temps géologiques comprennent probablement quelques centaines de millions d'années, et non pas seulement quelques dizaines de millions. »

Pierre Termier, « À la gloire de la Terre », 1919

Quant aux temps qui ont précédé la Vie et que j'appelle les temps cosmiques, rien, absolument, ne nous donne la moindre idée de leur durée formidable.

Je m'arrête sur ce nouvel et dernier aveu d'ignorance. Lentement, comme les six autres, notre septième énigme, l'énigme de la Durée, s'enfonce dans la brume et se dérobe à nos regards. Il serait vain, infiniment vain, de l'interroger davantage.



Mais indépendamment de son âge, quelle est l'histoire de la Terre ?

- Buffon est le premier à se livrer à une ébauche de scénario
- Quelques remarques
- Toutes les planètes orbitent autour du Soleil dans le même sens
- ... et suivant des plans quasi confondus
- Très peu probable ($< 1 / 1\,000\,000\,000$) si toutes les planètes s'étaient formées indépendamment les unes des autres
- → Les planètes ont une origine commune !
- Par quel processus ?
- Du temps de Buffon, le Système solaire, c'est :
 1. Le Soleil
 2. Les planètes
 3. Les comètes → possible (et unique) élément perturbateur envisageable



Un indice (trompeur) pour Buffon : la Grande Comète de 1680

- En décembre 1680, Gottfried Kirch découvre une comète particulièrement spectaculaire
- Visible en plein jour, elle passe à moins de 1 million de km du Soleil le 18 décembre, et atteint son pic de luminosité le 29
- Pour Buffon, une telle résistance ne peut être le fait que d'un astre extraordinairement dense, donc très massif : il estime que la comète fait peut-être 10 % de la masse du Soleil
- Si dans les temps historiques une comète s'est approchée à moins de 1 000 000 de km du Soleil, rien n'empêche qu'une collision avec un astre comparable ait eu lieu par le passé !
- Peut-être les planètes sont-elles les débris d'une telle collision...



Buffon reste un homme prudent...

- Le scénario scientifique présente le risque de froisser les autorités religieuses.
- Buffon insiste sur le fait qu'il en réalité l'œuvre de Dieu : Buffon se présente comme un homme de foi et de bonne foi...
- ... dit-il. En privé c'est plutôt : « Il vaut mieux être plat que pendu ».



Exégèse

- Un quart de siècle plus tard, Buffon s'essaie à faire « parler » les textes religieux au sujet de l'histoire de la Terre...

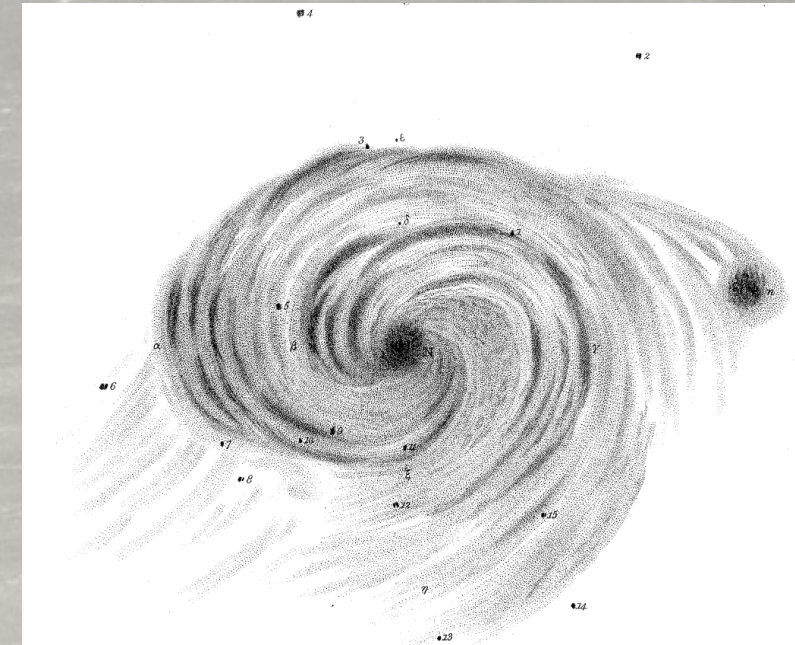
ses opinions. Plus j'ai pénétré dans le sein de la Nature, plus j'ai admiré & profondément respecté son Auteur ; mais un respect aveugle seroit superstition : la vraie religion suppose au contraire un respect éclairé. Voyons donc ; tâchons d'entendre sagement les premiers faits que l'Interprète divin nous a transmis au sujet de la création ; recueillons avec soin ces rayons échappés de la lumière céleste : loin d'offusquer la vérité, ils ne peuvent qu'y ajouter un nouveau degré d'éclat & de splendeur.

« AU COMMENCEMENT DIEU CRÉA LE CIEL ET LA TERRE ».

- « Mais si cette explication, quoique simple & très-claire, paroît insuffisante et même hors de propos à quelques esprits trop strictement attachés à la lettre, je les prie de me juger par l'intention, & de considérer que mon système sur les Époques de la Nature étant purement hypothétique, il ne peut nuire aux vérités révélées, qui sont autant d'axiomes immuables, indépendans de toute hypothèse, & auxquels j'ai soumis & soumetts mes pensées. »

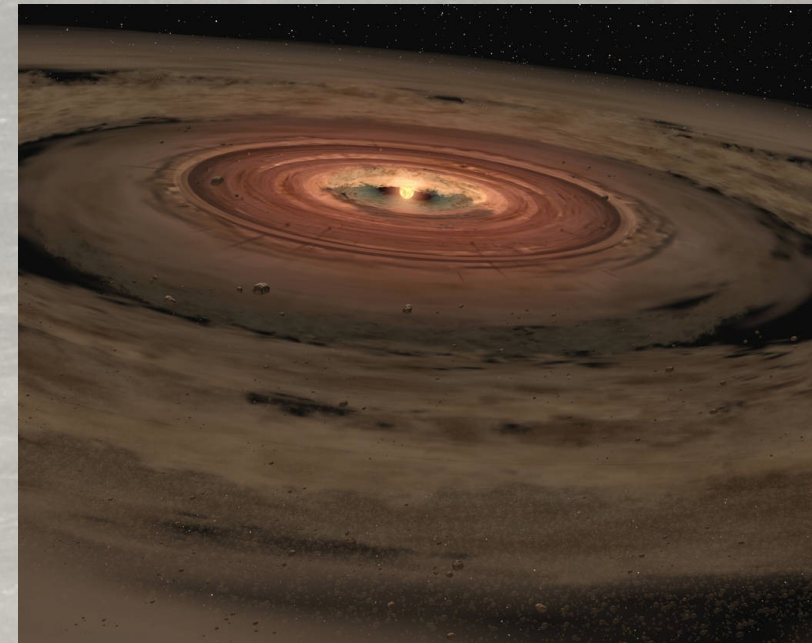
Un second scénario : la « nébuleuse primitive » de Laplace (années 1790)

- Le Soleil est probablement une étoile comme une autre...
- Pour savoir comment le Soleil se forme, il suffit d'observer comment les étoiles se forment.
- Il existe de nombreuses « nébuleuses » dans le ciel, notamment des « nébuleuses spirales » qui semblent être des disques zébrés de bras spiraux.
- Or le Système solaire a approximativement la forme d'un disque !
- Donc peut-être les nébuleuses spirales représentent-elles la phase initiale de la formation simultanée du Soleil et de son cortège planétaire !



Un second scénario : la « nébuleuse primitive » de Laplace (années 1790)

- Idée directrice : la matière avant la naissance du Soleil est Le Soleil est probablement une étoile comme une autre...
- Sous l'effet de la force de gravitation, la zone se contracte, et la matière spirale vers le centre.
- Ce qui spirale vers le centre donnera naissance à l'étoile, mais est dotée d'une rotation trop importante.
- Une partie de la matière sera éjectée et se condensera en planètes.



Un second scénario, qui est un tournant conceptuel

- Napoléon : « Vous ne parlez pas une seule fois de l'existence de Dieu ! »
- Laplace : « Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse »

« Cette hypothèse, Sire, explique en effet tout, mais ne permet de prédire rien. En tant que savant, je me dois de vous fournir des travaux permettant des prédictions. »

- ... et de fait c'est à cette époque, sous le pontificat de Pie VII que l'Église reconnaît que les textes « sacrés » ne sont pas en mesure de parler de l'origine du monde.

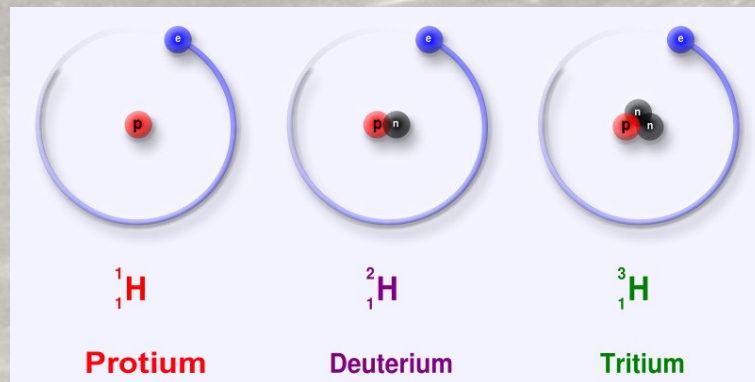


Guerre d'influence

- Les deux scénarios (Buffon et Laplace) vont être repris dans le courant du XIX^e siècle par les deux grandes puissances qui dominent alors le monde : l'Angleterre (Buffon) et la France (Laplace)
- Ils vont peu à peu être perfectionnés... tout en étant terriblement naïfs comparé à la complexité que l'on connaît désormais du processus.
- Mais c'est désormais un sujet exclusivement scientifique... quoique pas complètement dénué de préjugés

Le verdict

- Dans les années 1930, deux arguments achèvent de discréditer l'hypothèse catastrophiste de Buffon :
- Un filament de matière arraché au Soleil suite à une collision est très chaud : sa pression le dissipe dans l'espace bien avant que la gravité ne le condense en planètes (Spitzer, 1939)
- L'hydrogène existe sous deux formes : hydrogène « normal » (ou protium) et deutérium. Or ce dernier est très fragile et détruit à l'intérieur du Soleil. La découverte de deutérium présent à l'état de trace dans l'eau terrestre indique que la Terre est issue d'un milieu froid et non chaud (Urey, 1932).



Maternités stellaires

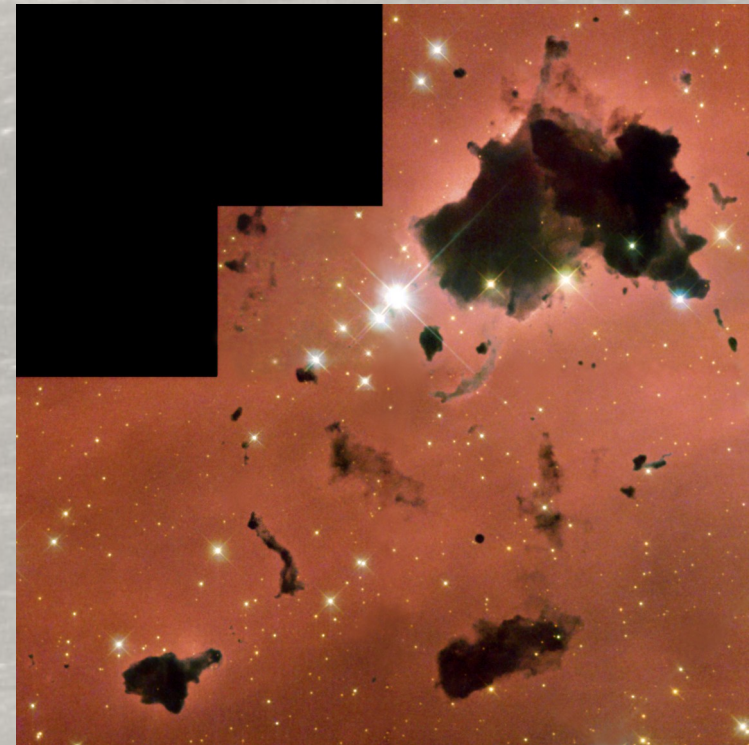
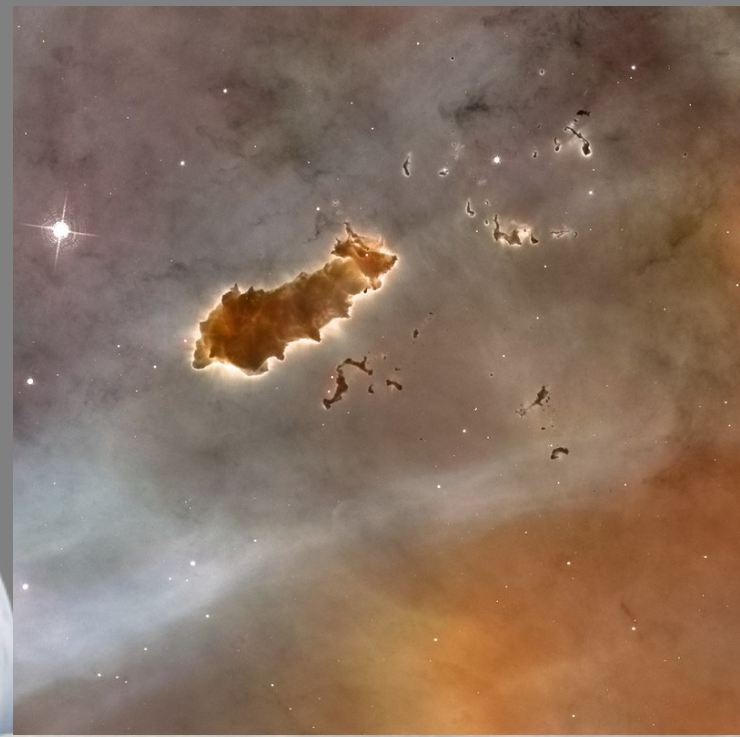
- À partir de ce moment, comprendre la formation des planètes, c'est d'abord comprendre celle des étoiles.
- Les étoiles naissent-elles solitaires ? Dès 1796, Laplace a un doute
- Dans les années 1950, on démontre que ce n'est effectivement pas le cas : les naissances se font à la fois en groupe, et de façon simultanée
- Les zones de formation d'étoiles sont de vastes nuages de gaz, très massifs, illuminées de l'intérieur par les spécimen les plus massifs déjà formés



Maternités stellaires

De nombreuses difficultés surgissent :

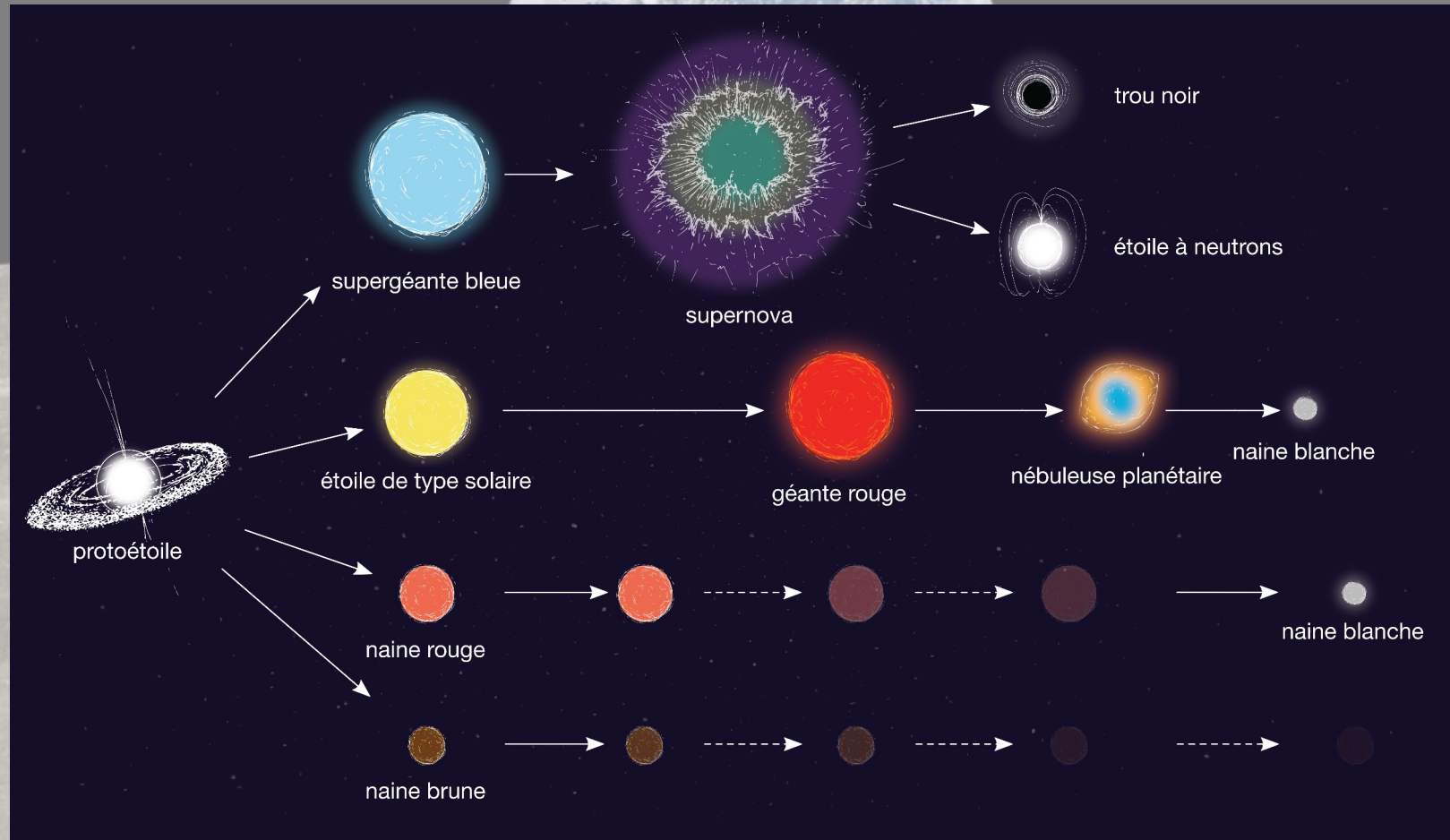
- les étoiles naissantes sont cachées par le gaz qui les alimente.
- Il est difficile de comptabiliser les étoiles en train de naître, et donc de connaître le rythme de leur formation et leur distribution en masse
- Le ciel que nous voyons avec nos yeux est à cet égard très trompeur : on n'y voit qu'une infime partie des étoiles, celles qui sont anormalement brillantes



D'où vient la matière ?

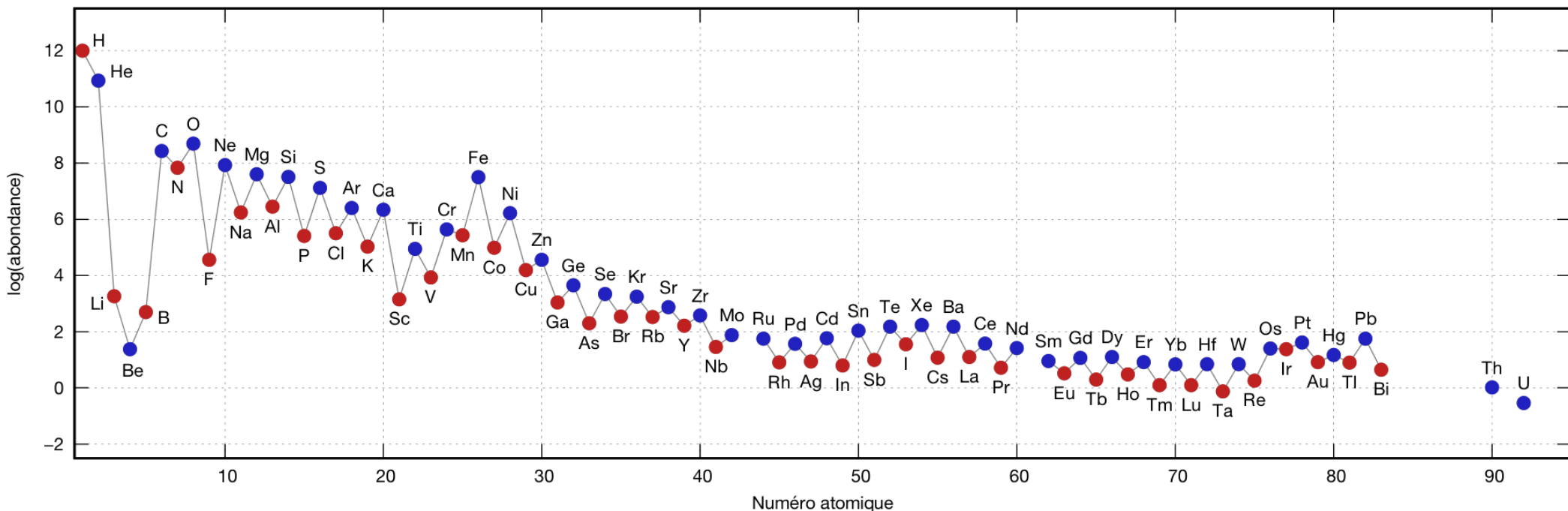
Dans le même temps, on comprend que la composition de l'Univers varie avec le temps :

- À l'issue du Big Bang, l'Univers ne contient que de l'hydrogène et de l'hélium
- Ces sont les étoiles qui, des centaines de millions d'années plus tard forment tout le reste !
- ... et le rendent ensuite au milieu interstellaire
- La Terre n'aurait jamais pu se former juste après le Big Bang



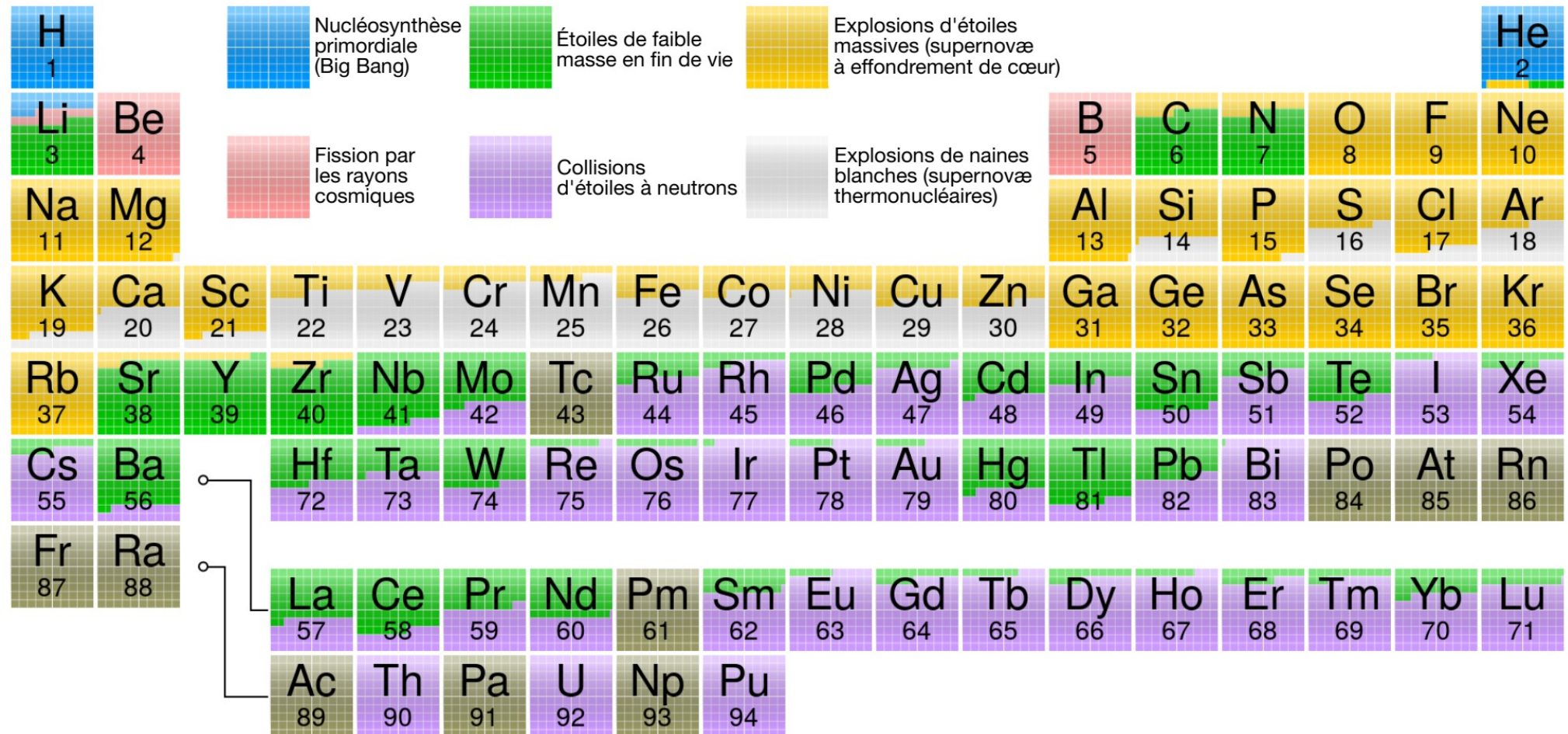
Une synthèse complexe...

- La nucléosynthèse est très lente et très inégalitaire : moins de 2 % de la matière en masse n'est pas composée d'hydrogène ou d'hélium
- Et les 2 % en question se répartissent de façon très inhomogène entre l'ensemble des autres éléments
- De façon schématique, plus les atomes sont gros, plus ils sont rares
- Leur abondance sur Terre est en prime modulée par d'autres facteurs...



... et multifactorielle

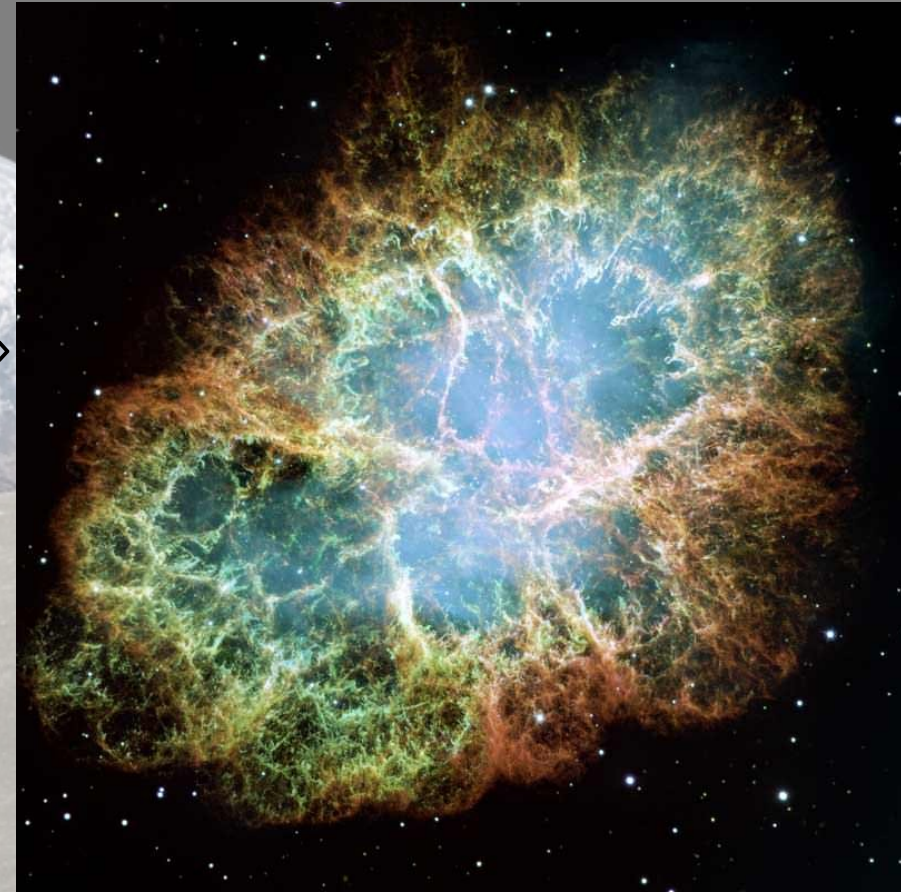
- Pour couronner le tout, les éléments ne sont pas tous formés par les mêmes processus
- Il en existe six en tout, qui se répartissent différemment selon les éléments concernés
- Combien d'étoiles en tout ont formé la matière dont la Terre est composée ? Impossible de savoir mais potentiellement des centaines... de milliers (au minimum).



... et donc, selon l'expression consacrée

« The nitrogen in our DNA,
the calcium in our teeth,
the iron in our blood,
the carbon in our apple pies
were made in the interiors of collapsing stars. »
« We are made of starstuff »

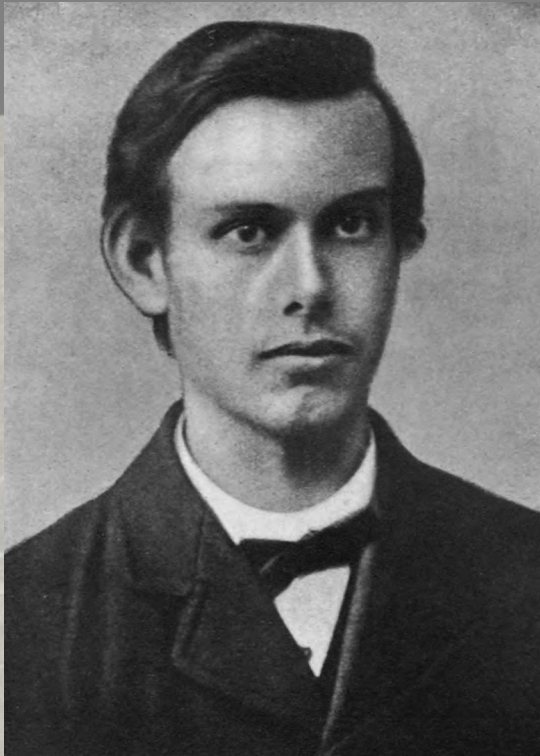
Carl Sagan, c. 1980



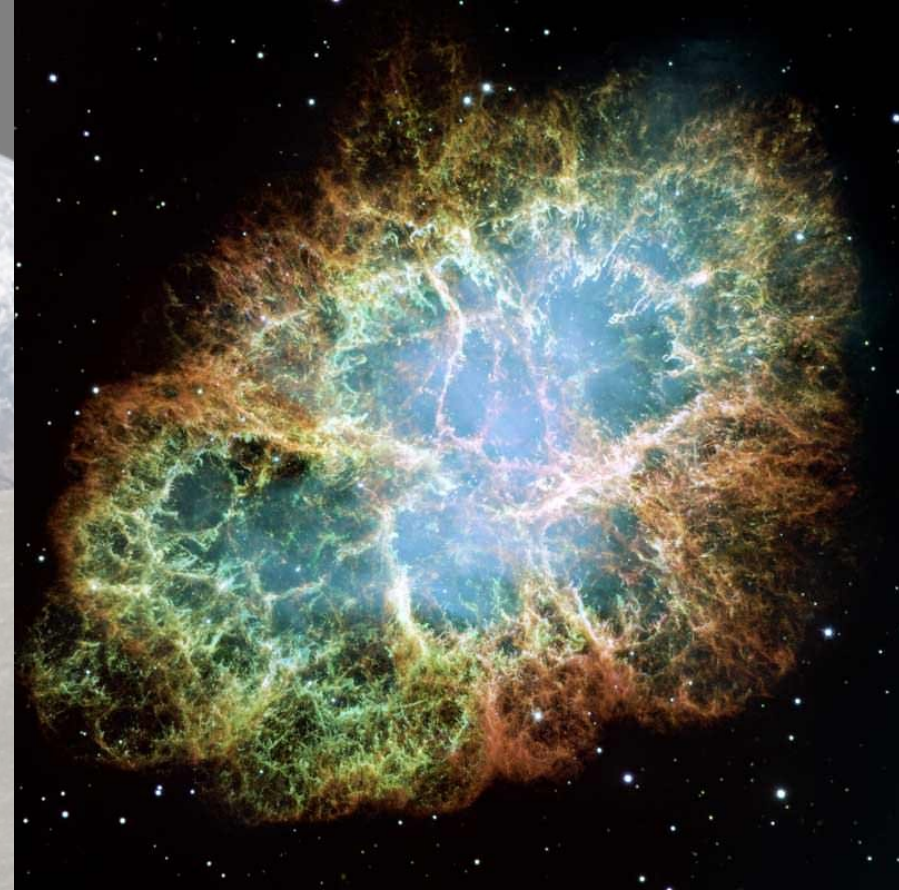
- Par la suite, starstuff → stardust = « poussières d'étoiles »

Vu par un poète, par anticipation...

« Toutes choses
Proches ou lointaines,
Secrètement
Sont reliées les unes aux autres,
Et vous ne pouvez toucher une fleur
Sans déranger une étoile. »



Francis Thomson
(1859-1907)



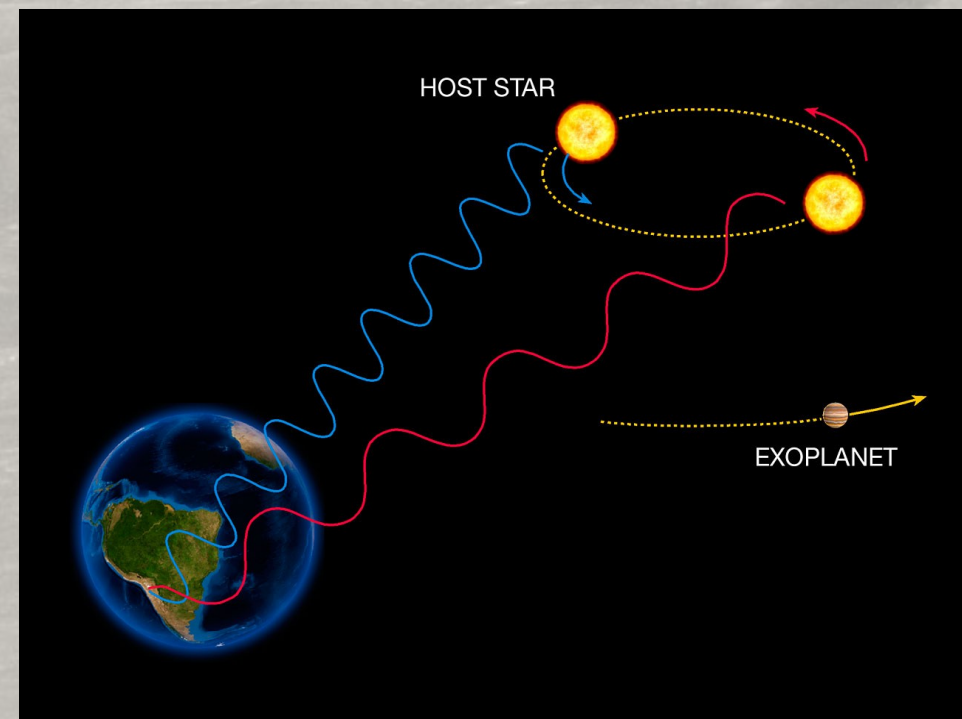
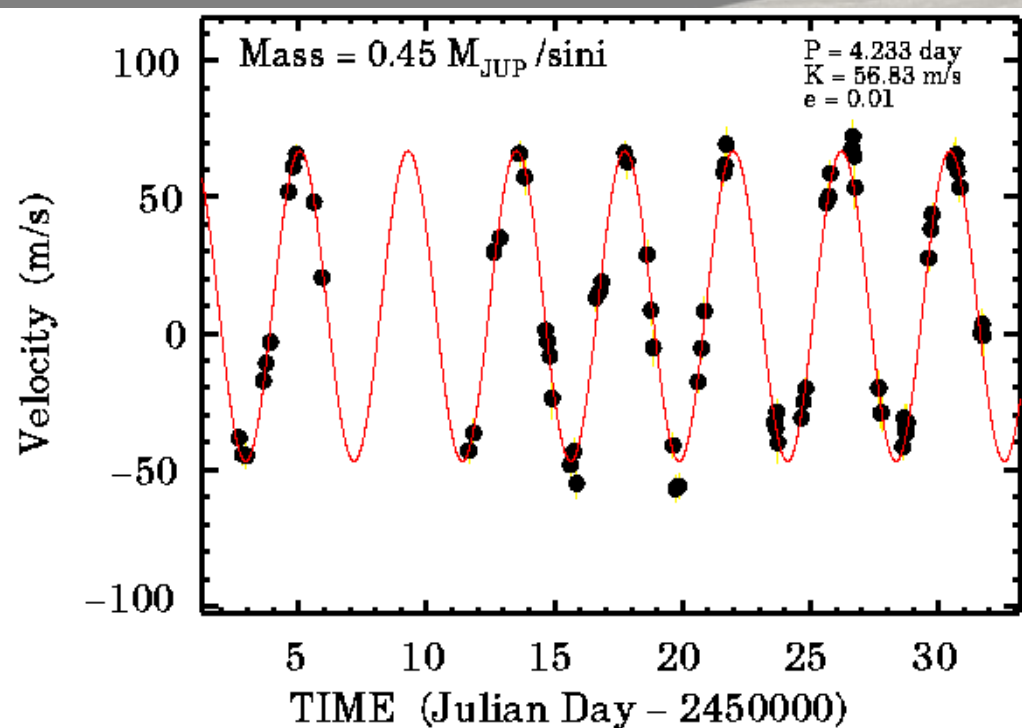
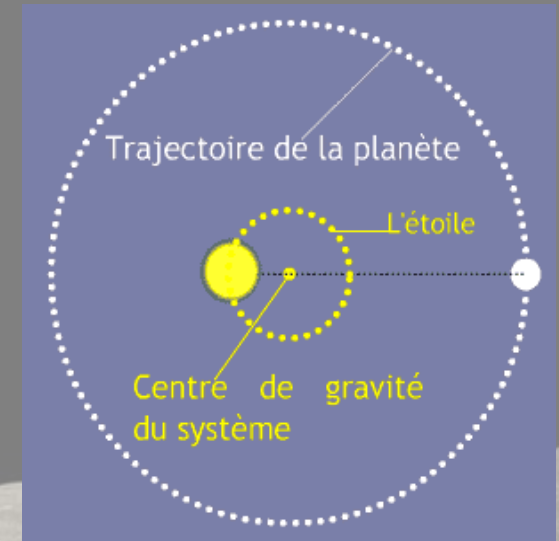
La possibilité d'autres planètes

- « Il est donc d'innombrables soleils et un nombre infini de terres tournant autour de ces soleils, à l'instar des sept « terres » que nous voyons tourner autour du Soleil qui nous est proche. » (Giordano Bruno, 1548-1600)
- Affirmation hérétique à l'époque : pour les autorités religieuses chrétiennes, l'Univers se réduit au Système solaire, créé par Dieu et pour nous et nous seuls
- Bruno rétorque qu'un Dieu infiniment puissant serait bien peu ambitieux de ne créer qu'une Terre alors qu'il pourrait en créer une infinité...
- ... mais il faudra attendre 400 ans pour en être certain



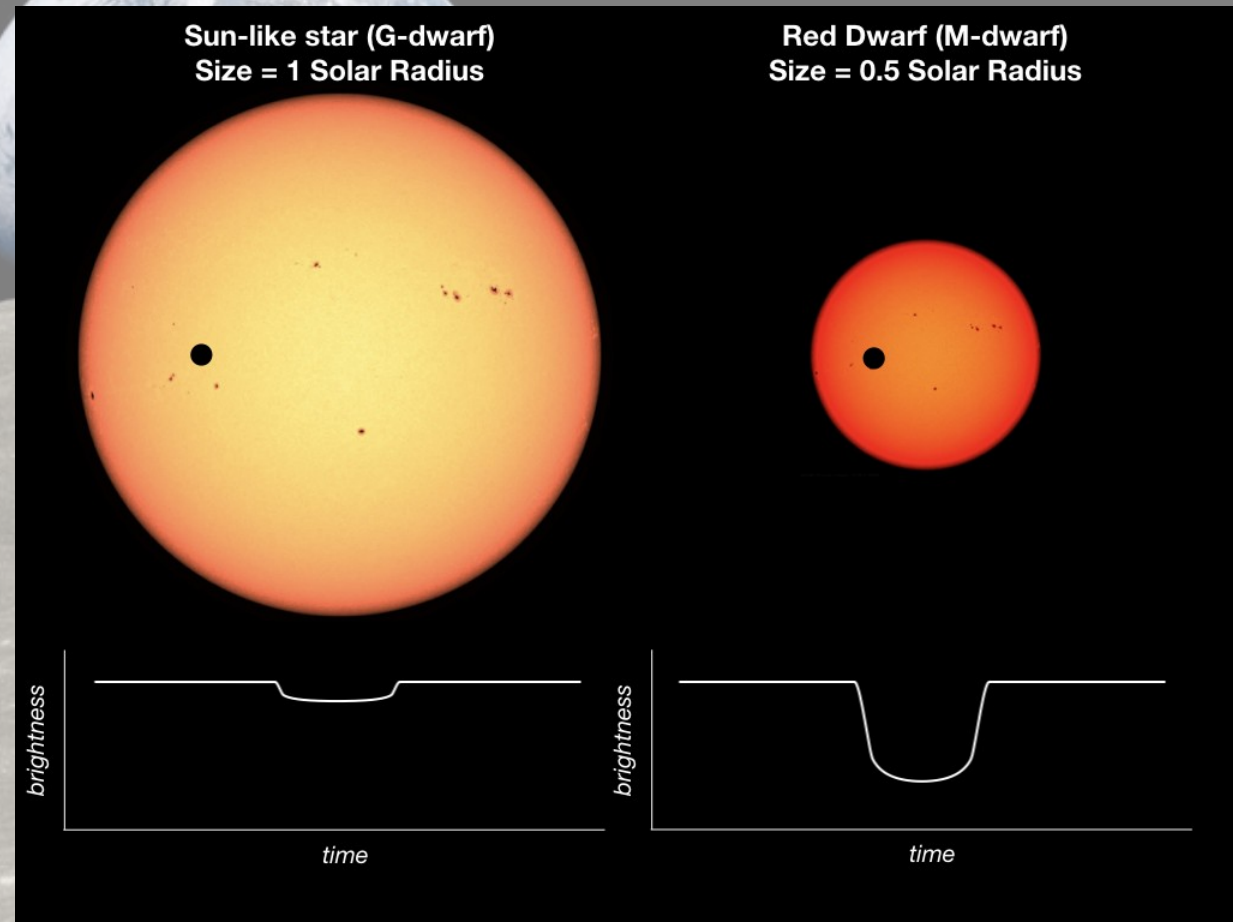
La possibilité d'autres planètes

- Détecter des exoplanètes par imagerie directe est en pratique impossible
- Donc les astronomes vont envisager des méthodes indirectes
- La plus simple conceptuellement est celle des vitesses radiales



Une autre méthode, plus efficace : celle des transits

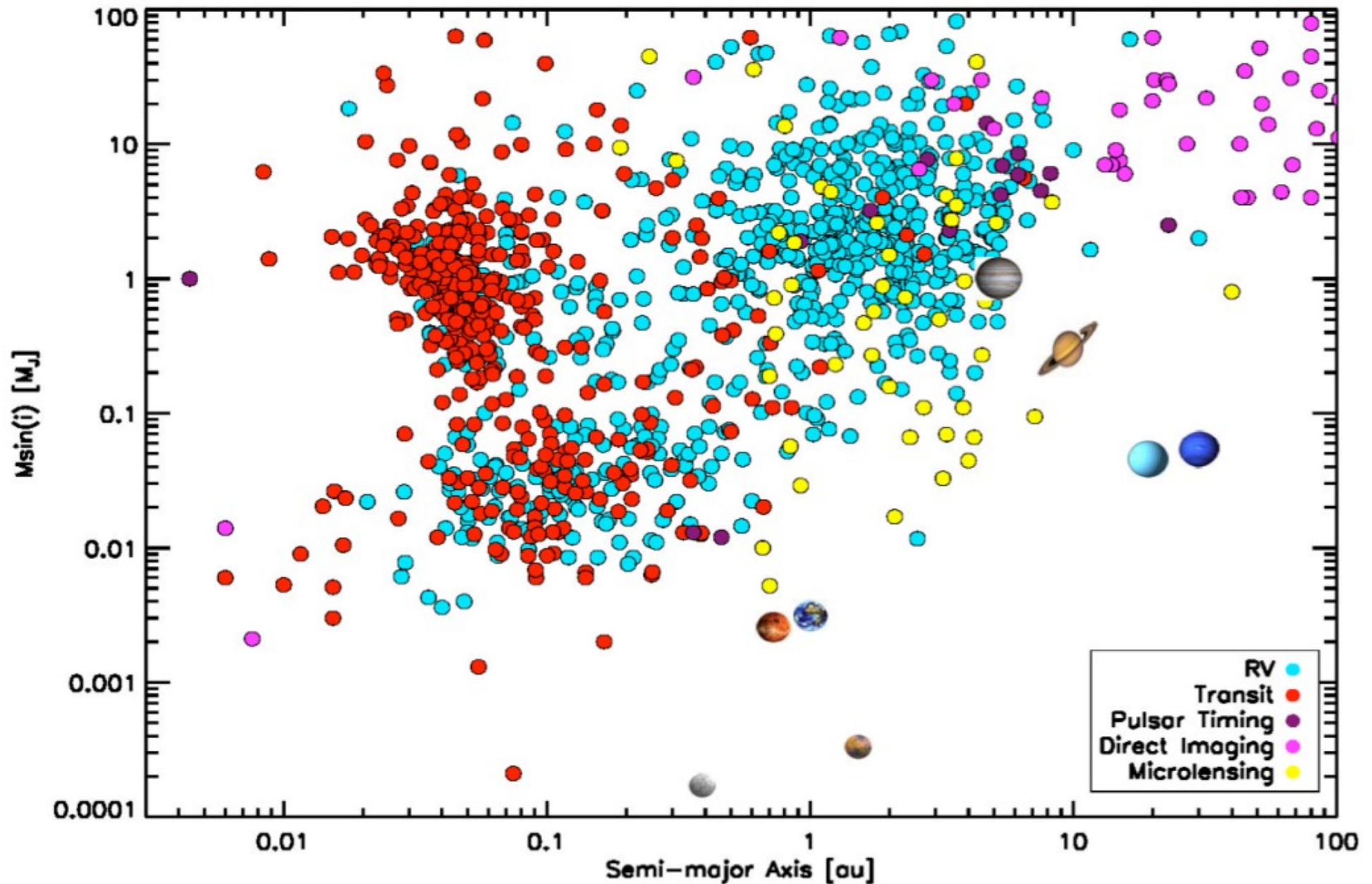
- On observe une région du ciel très riche en étoiles, et on suit l'évolution de leur luminosité
- De temps à autre, une planète passe (= transite) devant le disque de son étoile...
- Le disque est trop petit pour être imagé, mais on peut observer la baisse de luminosité causée par la silhouette de la planète !
- Un système n'est détectable que s'il est vu par la tranche, donc pour chaque système détecté, ce sont des centaines qui ne le sont pas... mais dont on sait qu'ils existent !



Un résultat vertigineux, MAIS...

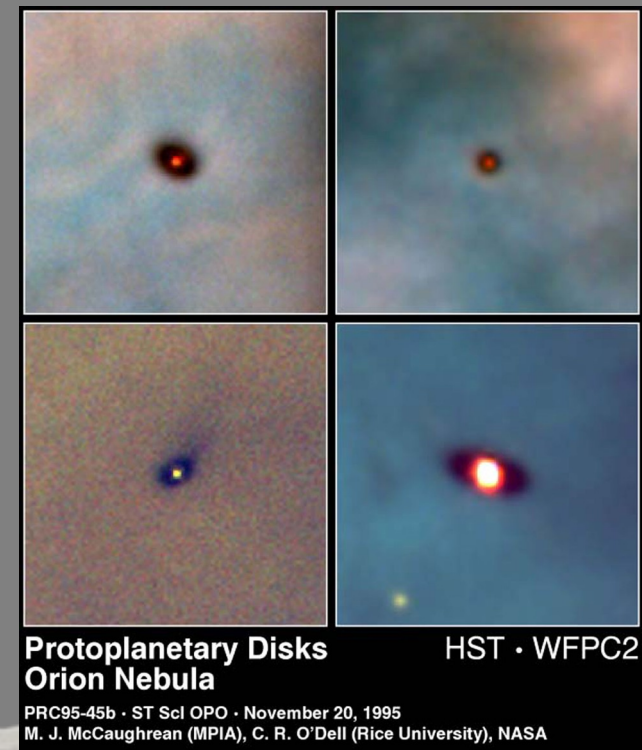
- Même si on ne connaît que quelques milliers de planètes, on sait déjà que :
- **Il existe au moins autant de planètes que d'étoiles dans notre Galaxie...**
- ... et il en est sans doute de même dans toutes les autres galaxies
- MAIS il est impossible aujourd'hui de détecter une jumelle de la Terre autour d'un jumeau du Soleil

Le zoo des exoplanètes (2018)



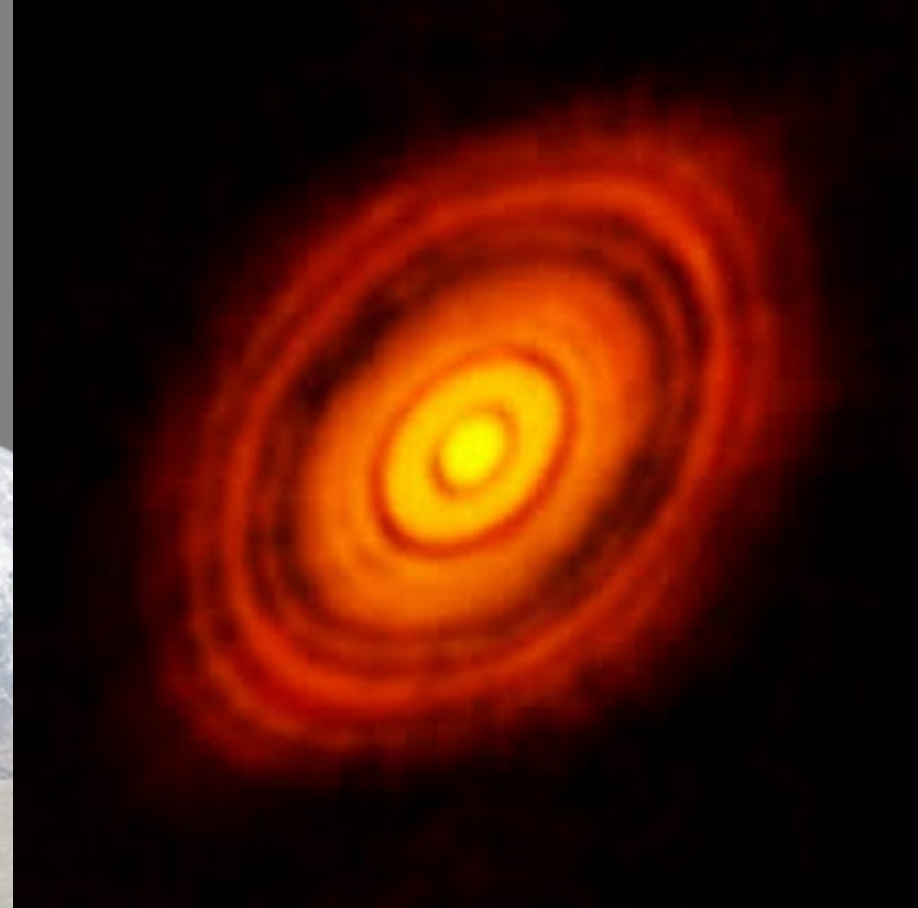
Une formation discrète...

- La matière qui donne naissance à l'étoile finit par s'agencer sous forme de disque
- Le gros de la matière tombe au centre et forme l'étoile
- Mais une petite partie (1%?) reste dans le disque et peut éventuellement former une ou des planètes
- Mais ces disques sont longtemps restés terriblement difficiles à étudier, jusqu'à...



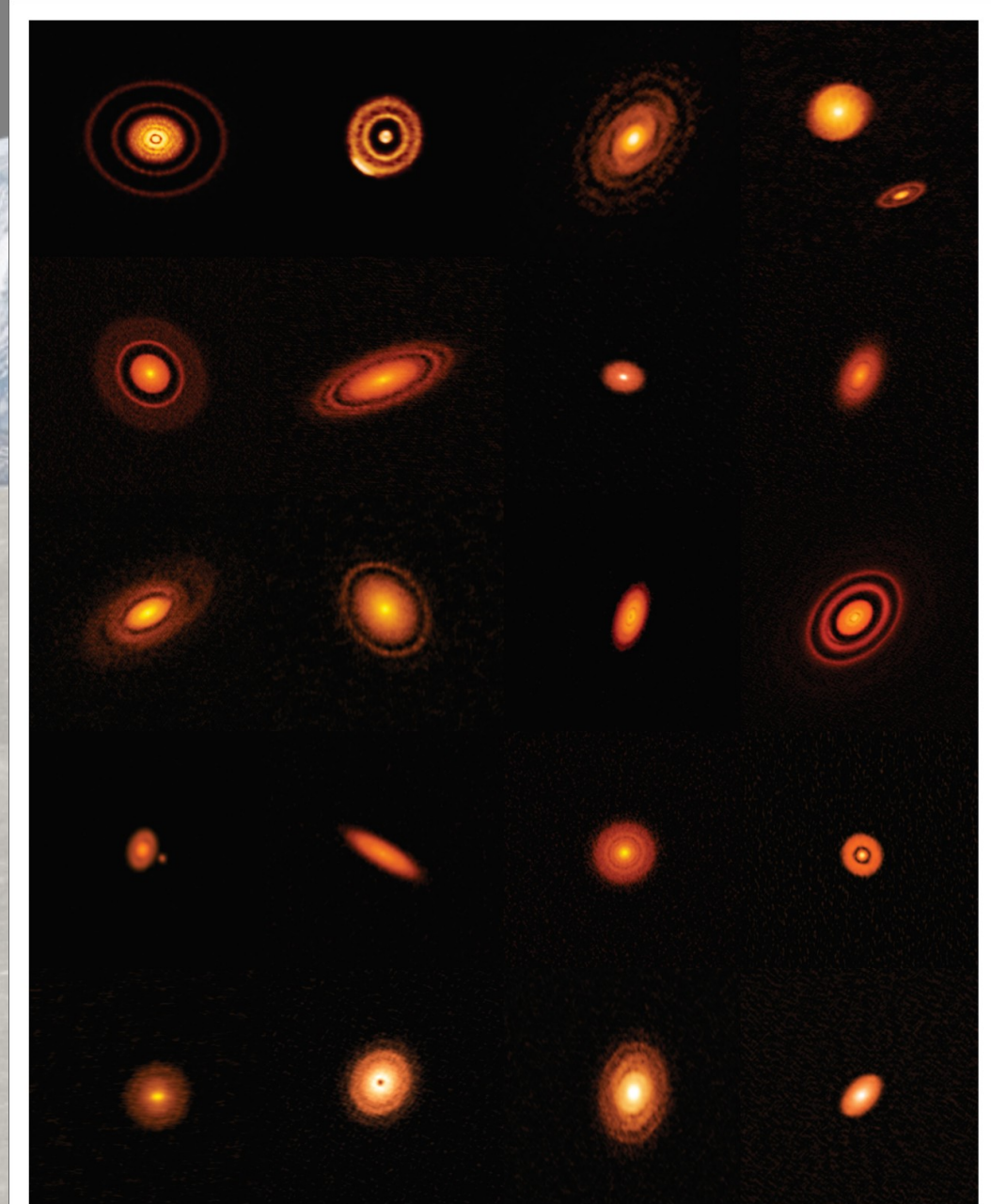
... mais finalement révélée

- Les télescopes optiques sont incapables d'obtenir la finesse d'image nécessaire pour imager ces disques, trop petits et trop opaques
- Mais un réseau de radiotélescope en est capable...
- Et montre des disques creusés de sillons causés par les planètes en formation qui captent la matière présente sur leur orbite



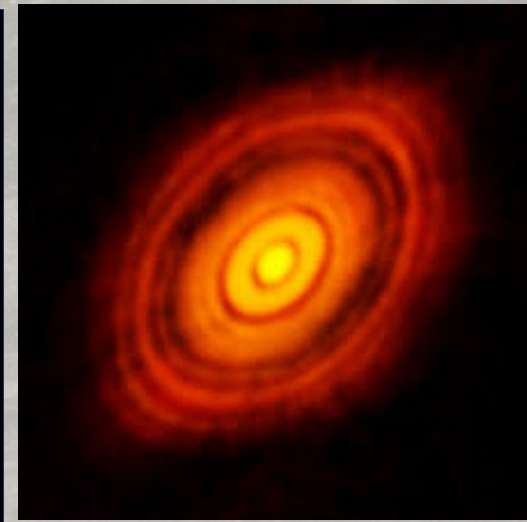
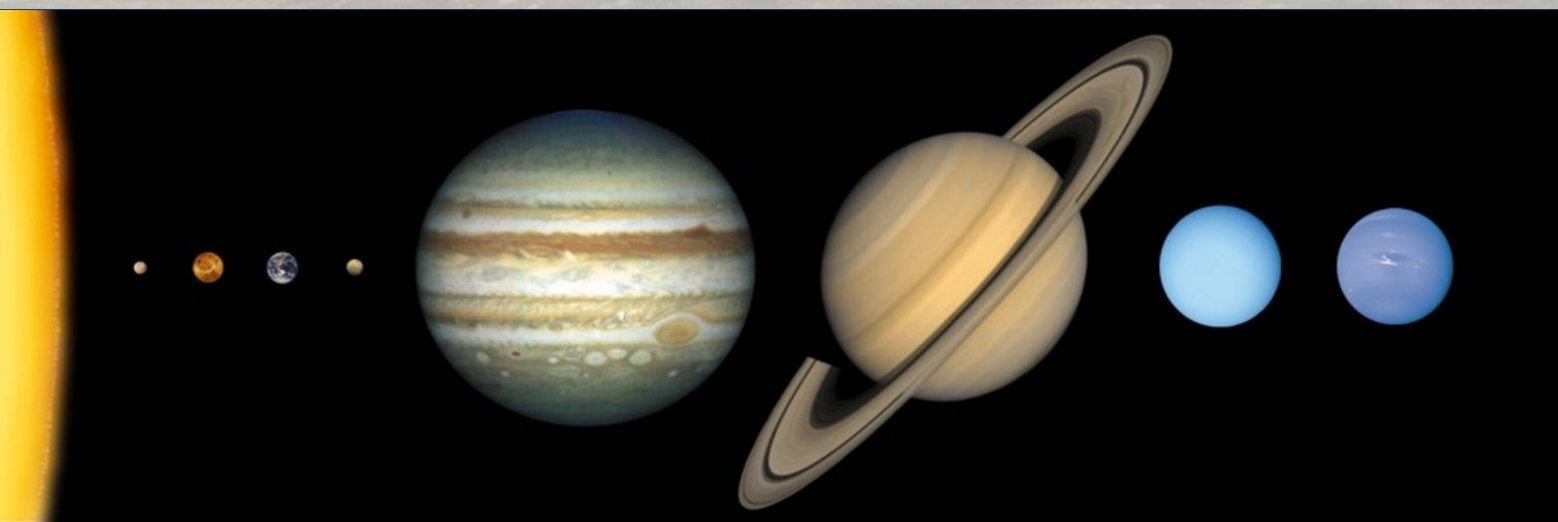
... mais finalement révélée

- Les disques protoplanétaires sont soufflés par leur étoile en moins de 10 millions d'années
- Les planètes ne disposent pas de plus de temps pour commencer à se former !
- Mais il semble qu'en moins de 1 million d'années, la formation est déjà très avancée
- Donc il semble que la formation des planètes sont un **phénomène générique** mais qui peut subir bien des bifurcations



Toutes les planètes ne se forment pas de la même façon !

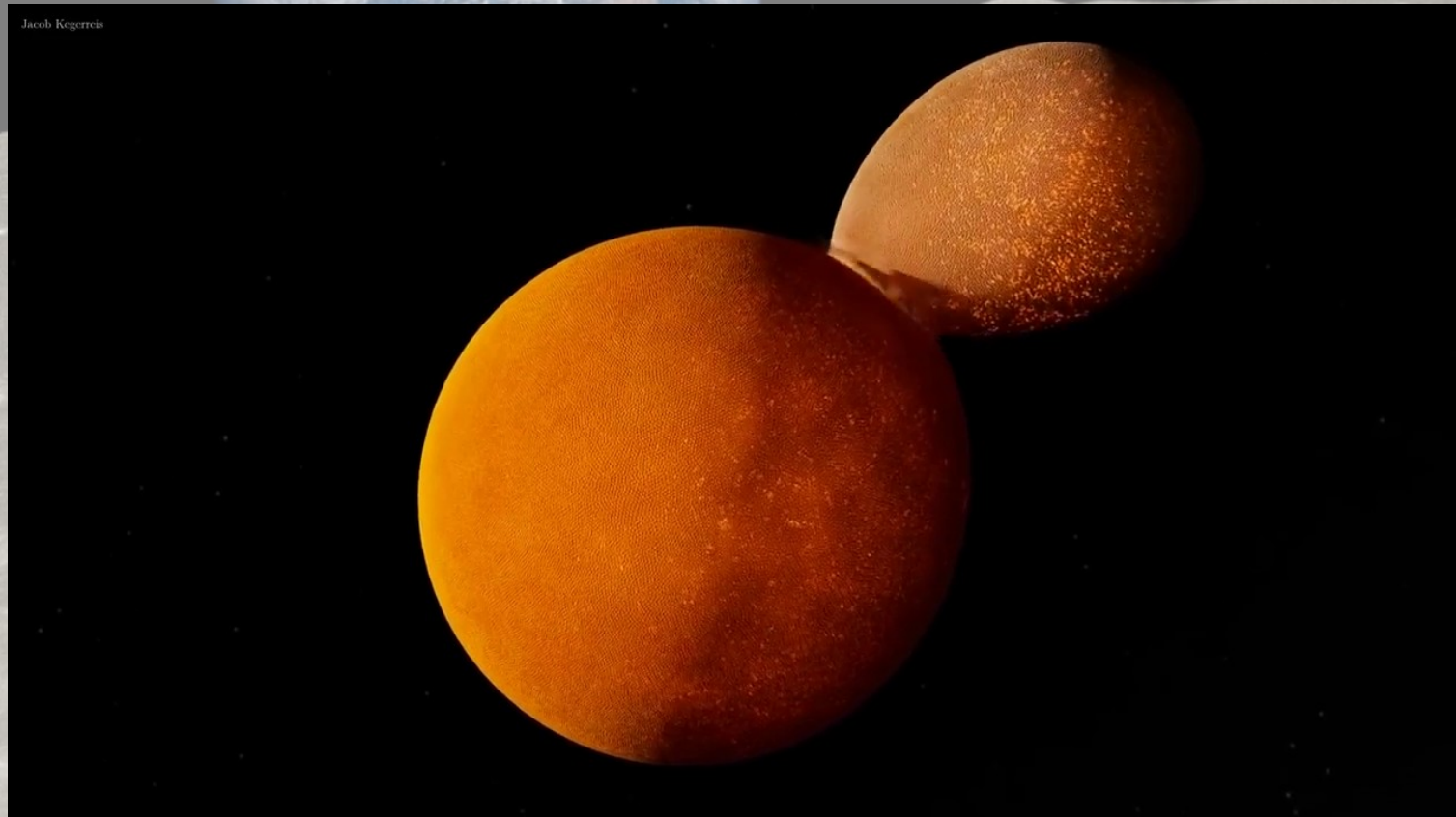
- Les planètes gazeuses se forment rapidement à partir d'un noyau rocheux modeste
- Les planètes rocheuses se forment bien plus lentement, par collisions successives
- Près d'une étoile, il y a peu de gaz, donc seules les planètes rocheuses se forment
- Loin d'une étoile, les distances sont plus grandes, il est difficile de former des planètes rocheuses
- Le Système solaire semble « normal » à cet égard, les planètes rocheuses sont près du Soleil et les planètes gazeuses loin
- Mais la plupart des systèmes exoplanétaires montrent des configurations différentes !
→ les planètes migrent, de bien des façons possibles
- Quelle influence cela a-t-il eu sur l'histoire de la Terre ?



D'où vient la Lune ?

Il existe deux modes de formation pour les planètes

- Les planètes gazeuses forment un petit noyau rocheux qui ensuite accrète (= capte) le gaz du disque
- Les planètes rocheuses se forment par fusion hiérarchique de planétésimaux de plus en plus gros
- On estime que la Terre est issue de la fusion d'une dizaine de planétoïdes de la taille de Mars
- Et qui dit collision, dit parfois débris...
- On estime que la Lune est le résidu de l'ultime collision de la proto Terre et d'un planétoïde baptisé Théia
- Cela s'est probablement produit entre 50 et 100 Ma après le début de la formation de la Terre...
- Et surtout cela explique la similarité des compositions chimiques de la Terre et de la Lune



La Terre est-elle unique ?

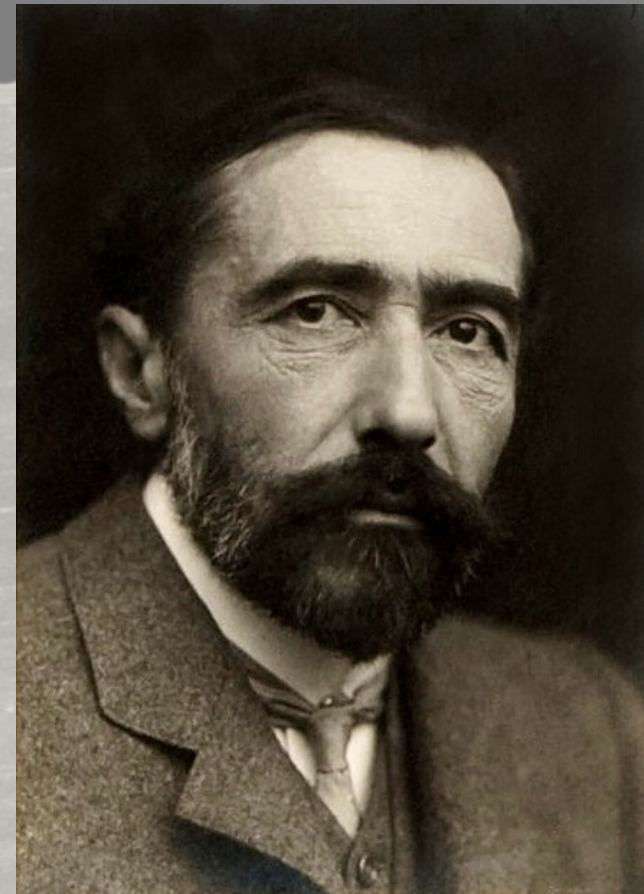
On n'en sait rien !

- Le fait que le Système solaire ait pu se débarrasser de l'immense majorité des débris de sa formation n'est pas évident a priori
- La formation de la Lune nécessite une géométrie improbable
- Le fait que l'orbite de la Terre n'ait pas été perturbée par des phénomènes de migration des planètes géantes n'a rien d'évident...
- ... pas plus que le fait que la Terre soit riche en eau alors que celle-ci a a priori été chassé loin du Soleil longtemps avant la fin de la formation de la Terre
- Quant au fait que ces caractéristiques aient été favorables, voire nécessaires à l'épanouissement de la vie...

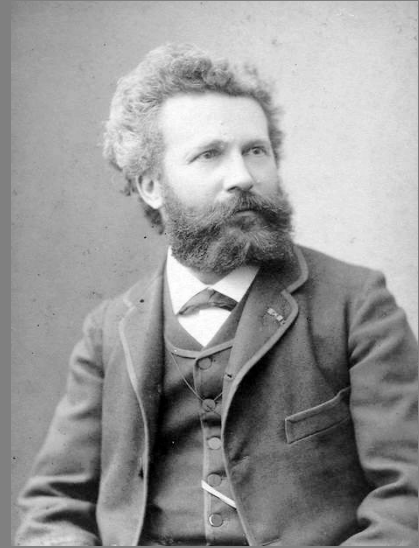
Et après ?

- Dès l'époque de William Thomson, il est clair que le Soleil ne peut briller indéfiniment...
- ... et donc que la vie sur Terre est vouée à disparaître
- « Le sort de l'humanité, condamnée finalement à périr de froid, ne vaut pas la peine qu'on s'en préoccupe. Si vous le prenez à cœur, cela devient une tragédie insupportable. Si vous croyez au progrès, alors vous devez vous lamenter, car la perfection atteinte doit se terminer dans le froid, l'obscurité et le silence. »

J. Conrad



Et après ?



« Du sommet des montagnes, le linceul des neiges descendra sur les hauts plateaux et les vallées, chassant devant lui les civilisations, et masquant pour toujours les villes et les nations qu'il rencontrera sur son passage. La vie et les activités humaines se resserreront insensiblement vers la zone intertropicale. Saint-Pétersbourg, Londres, Paris, Berlin, Vienne, Constantinople, Rome, s'endormiront successivement sous leur suaire éternel. [...] On ne vivra plus, on ne respirera plus, que dans la zone équatoriale, jusqu'au jour où la dernière tribu viendra s'asseoir, déjà morte de froid et faim, sur le rivage de la dernière mer, aux rayons d'un pâle soleil, qui n'éclairera désormais ici-bas qu'un tombeau ambulant tournant autour d'une lumière inutile et d'une chaleur inféconde. Surprise par le froid, la dernière famille humaine a été touchée du doigt de la Mort, et bientôt ses ossements seront ensevelis sous le suaire des glaces éternelles »

C. Flammarion, « Astronomie populaire : description générale du ciel » (E. Flammarion, 1882)

« L'historien de la nature pourrait écrire ceci dans l'avenir : Ci-gît l'humanité tout entière d'un monde qui a vécu ! Ci-gisent tous les rêves de l'ambition, toutes les conquêtes de la gloire guerrière, toutes les affaires retentissantes de la finance, tous les systèmes d'une science imparfaite, et aussi tous les serments des mortelles amours ! Ci-gisent toutes les beautés de la Terre... Mais nulle pierre mortuaire ne marquera la place quand la pauvre planète aura rendu le dernier soupir. »

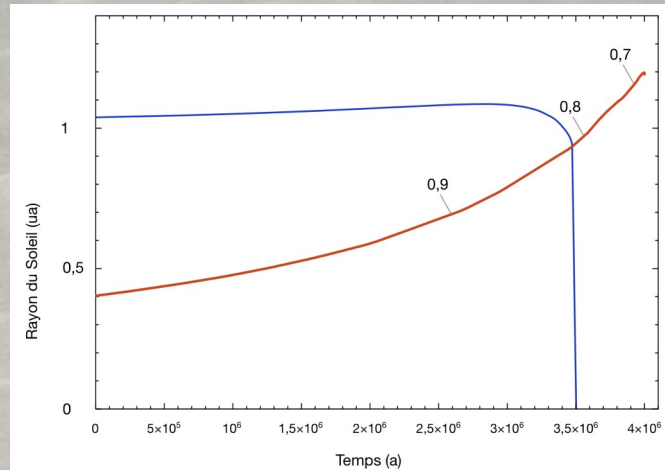
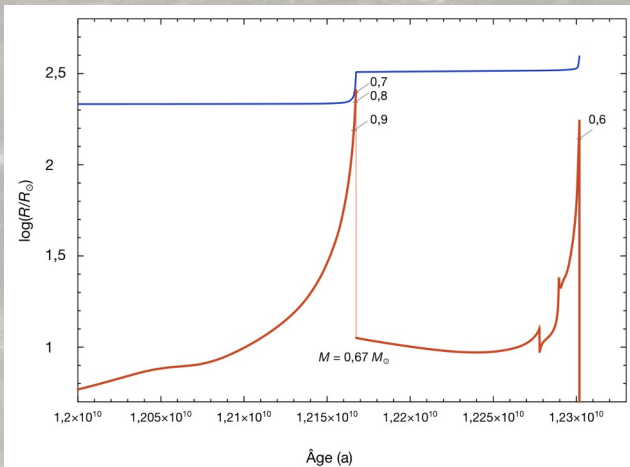
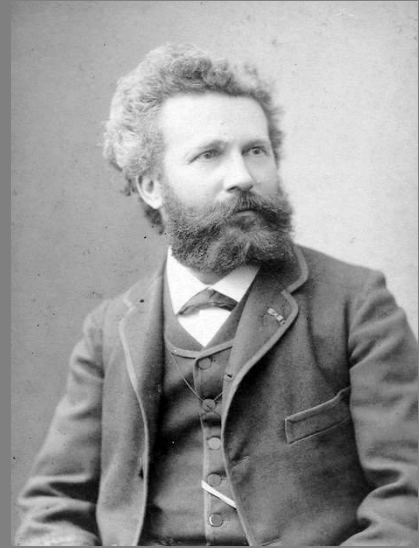
(Voir aussi « Je sais tout » n°1, février 1905, p. 53–62)



SURPRISE PAR LE FROID, LA DERNIÈRE FAMILLE HUMAINE A ÉTÉ TOUCHÉE DU DOIGT DE LA MORT, ET BIENTÔT SES OSSEMENTS SERONT ENSEVELIS SOUS LE SUIRE DES GLACES ÉTERNELLES...

Texte magnifique... mais complètement faux

- Ce n'est pas de froid que la biosphère périra, mais de chaud...
- ... ou de faim, de soif, d'irradiation ou de suffocation :
- Le Soleil brûle ses réserves à un rythme lentement croissant (+5 % / Ga) et deviendra trop chaud d'ici un ou deux milliards d'années...
- ... avant l'ultime coup de grâce dans un peu plus de 7 milliards d'années

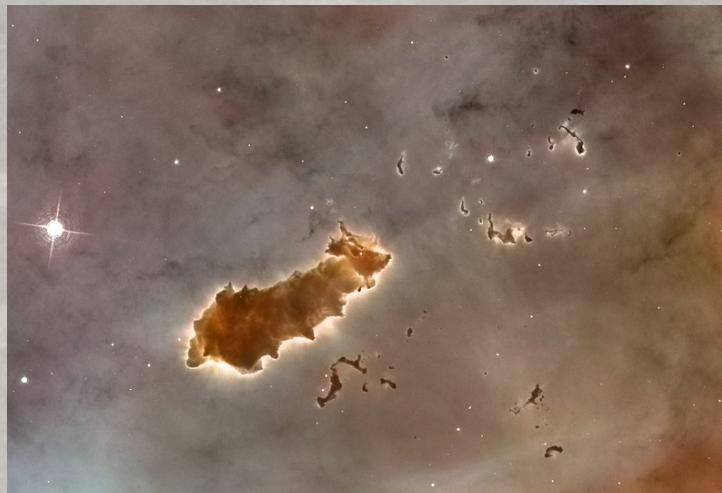
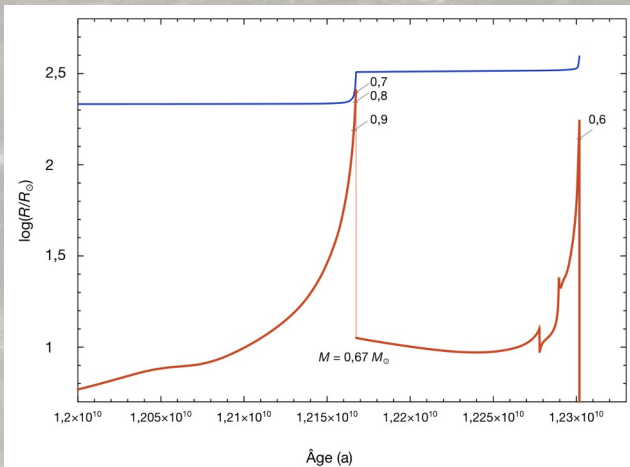


SURPRISE PAR LE FROID, LA DERNIÈRE FAMILLE HUMAINE A ÉTÉ TOUCHÉE DU DOUT DE LA MORT, ET BIEN TÔT SES OSSEMENTS SERONT ENSEVELIS SOUS LE SAIR DES GLACES ÉTERNELLES...

Rêverie cosmique...



- Que restera-t-il de nous quand la Terre sera avalée par le Soleil ?
- Quelques sondes spatiales voguant pour toujours dans l'espace interstellaire...
- Et les atomes dont nous sommes constitués, qui seront partiellement rendus au milieu interstellaire une quinzaine de millions d'années après la fin de notre planète...
- .. et qui participeront peut-être à la formation d'une nouvelle étoile...
- ... entourée dans ce cas de planètes...
- ... dont certaines hébergeront peut-être de la vie
- Et dans ce cas il est à peu près certain que quelques uns de nos atomes feront partie d'une biosphère à venir...



Merci de votre attention !

