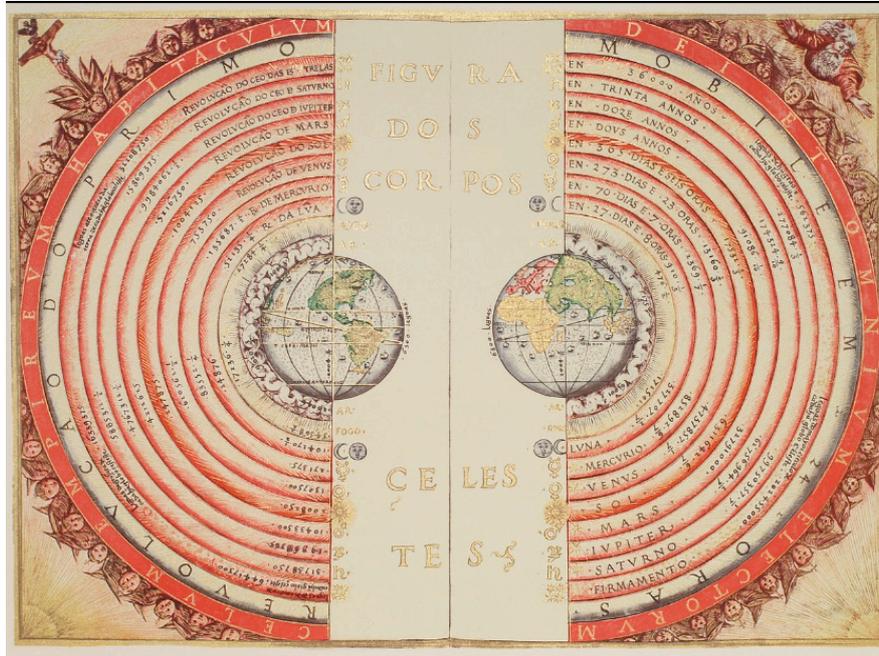


Diversité, universalité ?

Ci dessous une carte établie par Bartolomeu Velho, cartographe et cosmographe portugais du 16^{ème} siècle, mort à Nantes en 1568 sous le règne de Charles IX, époque de la réforme, de la contre réforme et des guerres de religion. Cette carte est sûrement une des meilleures représentations que l'on se faisait du monde au 16^{ème} siècle.



C'est une des premières à apparaître lorsque, dans un moteur de recherche, on clique sur géocentrisme ; il est intéressant d'en regarder les détails : la Terre est le centre de l'univers, autour d'elle 7 astres gravitent en 24 heures : la Lune - Mercure - Venus - le Soleil - Mars - Jupiter et Saturne, entourés par le firmament ; au delà se trouve le royaume de « Dieu et de tous les élus de l'empire céleste » « habitaculum dei et omnium electorum celum empireum ».

À noter que les astres ont une période d'autant plus longue qu'ils sont éloignés : 30 ans pour Saturne, 12 pour Jupiter, 365 jours et 7 heures pour le Soleil, 27 jours et 8 heures pour la Lune, 273 jours et 23 heures pour Vénus, 70 jours et 7 heures pour Mercure. Toutes les orbites sont circulaires témoins de la perfection de l'œuvre divine (ne figurent pas les épicycles), quant au firmament il tourne en 36 000 ans ce qui, si l'on y réfléchit, devrait correspondre à la précession des équinoxes (évaluée aujourd'hui à 25 760 années). Il est bon de rappeler qu'à l'époque on ne disposait ni de lunette ni de télescope et que les observations se faisaient à l'œil nu !

Il fallut des siècles et des siècles...

pour passer de cette **conception géocentrique** - la terre est le centre de l'univers - soutenue dès l'antiquité par Aristote, reprise par Hipparque et Ptolémée, **érigée en dogme par les scolastiques dès le 12^{ème} siècle...** à l'**héliocentrisme de Copernic** (1473 -1543) pour qui le soleil était le centre - concept repris et complété par Galilée et Kepler pour qui les orbites étaient elliptiques, les périodes réglées selon des lois tandis qu'à la même époque Giordano Bruno, génie visionnaire, soutenait le concept **d'universalité des mondes** : autant d'étoiles autant de soleil autant de systèmes planétaires.

Notes :

De revolutionibus orbium coelestium (des révolutions des orbes célestes) est achevé vers 1530 ; En 1533, l'hypothèse héliocentrique de Copernic s'est répandue jusqu'au Pape Clément VII. Vers 1540 Rheticus en publie une analyse et ce n'est toutefois qu'en 1543, peu avant la mort de Copernic, que l'ouvrage paraît chez un imprimeur luthérien de Nuremberg qui, afin d'en réduire l'impact, y ajoutera un préambule sans l'avis de l'auteur. Bien que chanoine, Copernic ne fût jamais inquiété par les églises de son vivant et il fallut attendre 1616 pour que De

revolutionibus orbium coelestium soit mis à l'index, Galilée ayant apporté dès 1610 des arguments observationnels en faveur de l'héliocentrisme.

Cette **révolution** conceptuelle qualifiée de **copernicienne**, a longtemps été considérée comme **hérétique** par le Saint office de l'église catholique et romaine. Elle valut aux écrits de Copernic et de Galilée d'être mis à l'index dès 1616, à Galilée un procès et une condamnation en 1633 (réclusion perpétuelle commuée en assignation à résidence jusqu'à la fin de ses jours) ; il fallut attendre les années 1820-1830 pour que l'église se rallie définitivement à l'héliocentrisme.

Notes :

1. Luther initie la réforme dès 1515 ; il est excommunié en 1521. Un concile se réunit à Trente en 1545 afin d'organiser la contre réforme ; les guerres de religion font rage (le massacre de la Saint Barthélémy date d'Août 1572) culminant dans la guerre de 30 ans qui déchire l'Europe de 1618 à 1648.
2. Il faudra attendre 1757 pour que les livres de Copernic et Galilée, mis à l'index en 1616, en soient retirés, près de quatre siècles pour qu'en juillet 1981 le pape Jean-Paul II, réunisse une commission spéciale « pour l'étude de la controverse ptoléméo-copernicienne » qui, après plus de 10 ans de travaux, finit par revenir sur la condamnation de Galilée.

Des siècles et des siècles pour aboutir à un consensus...

Consensus sur le système solaire, avec notre étoile qui concentre 99,86 % de la masse d'un système passé de six à huit planètes avec : Uranus première planète découverte au télescope par William Herschel en 1781, Neptune par Le Verrier et Adams en 1846 à partir de calculs basés sur la physique de Newton. Huit planètes : 4 internes petites, rocheuses dites telluriques dont la terre et 4 externes géantes, semi-géantes, gazeuses et de glace avec entre le système interne et le système externe, entre Mars et Jupiter, la ceinture principale d'astéroïdes et au delà de Neptune, des corps dits trans-neptuniens formant la ceinture de Kuiper, au sein de laquelle se trouve Pluton découverte en 1930, un temps considérée comme la 9^e planète déclassée en planète naine en 2006.

Consensus, sur le mode de formation du système solaire, mise sur le compte de l'effondrement d'un immense nuage de gaz et de poussières, évoqué en premier par Emmanuel Kant (philosophe certes, mais aussi fervent lecteur de Newton ayant dès 1755 écrit une « théorie du ciel »), formalisée dans son traité de mécanique céleste, fin 18^{ème} début 19^{ème}, par Pierre Simon de Laplace, grand mathématicien, physicien, astrophysicien.

Actuellement on pense que ce sont les ondes de choc générées par une supernova qui, entraînant la déstabilisation du nuage de gaz et de poussières, conduisent à son effondrement gravitationnel (conditions formalisées par James Jean au tout début du 20^{ème} siècle) avec formation d'une proto-étoile entourée d'un disque protoplanétaire en rotation. C'est à partir de ce disque protoplanétaire en rotation - où s'exercent gravitation, lois de conservation du mouvement angulaire, frottements entre gaz et poussières, entre poussières et poussières - que vont se former les planètes selon un processus d'accrétion. L'accrétion se sont des poussières, de moins d'un micromètre qui s'agglomèrent se collent les unes aux autres pour former des grains millimétriques, des cailloux centimétriques pour aboutir à des planétésimaux de plusieurs kilomètres qui finiront, sous l'effet de la gravitation, par former des protoplanètes puis des planètes accrétant toujours plus de matière sauf lorsqu'elles entrent en collision et se pulvérisent sans pouvoir s'accréter.

A noter que ce concept théorique est maintenant confirmé par des observations en particulier la visualisation directe de disques protoplanétaires de systèmes extrasolaires tel celui photographié en 2014 avec le VLA (very large array) télescope Alma de l'ASE installé sur les hauts plateaux du Chili.

Consensus sur la structuration de l'univers où la Terre n'est qu'une petite planète, élément d'un système centré par le Soleil, Soleil qui n'est qu'une petite étoile parmi des milliards d'autres au sein de la voie lactée, voie lactée qui n'est qu'une galaxie parmi des milliards d'autres, au sein d'un univers sans frontière et en expansion.

Cela on le sait suite aux travaux d'Einstein sur la relativité générale, d'Alexander Friedmann et de l'abbé Lemaître, tous premiers à formaliser un univers en expansion à partir d'une singularité initiale (à la base de la théorie, du paradigme du big bang). Edwin Hubble en apporta des preuves observationnelles montrant que l'univers ne se limitait pas à notre galaxie, qu'il était en expansion, les galaxies s'éloignant d'autant plus rapidement qu'elles étaient plus éloignées. Rappelons qu'en 1670 quelques années après la condamnation de Galilée, Blaise Pascal, mystique s'il en est, qualifiait l'univers de « sphère infinie dont le centre est partout la circonférence nulle part » à méditer !

Au total il semble bien, qu'à la fin des années 50...

la communauté scientifique partageait le même point de vue. Il faut se rappeler qu'à cette époque les astronomes ne disposaient que de télescopes terrestres - on croyait voir des canaux, des changements de couleur, voire une végétation saisonnière sur Mars - nombreux étaient ceux qui concevaient les planètes rocheuses à l'image de la terre, les différents satellites du système solaire à l'image de la Lune, la question n'étant pas de savoir s'il y avait ou non de la vie ailleurs que sur Terre, mais quelle forme elle avait pu prendre...

Mais voilà le 4 octobre 1957 la fusée R-7 Semioroka s'ébranle dans le ciel du Kazakhstan ; quelques minutes plus tard Spoutnik est en orbite faisant le tour de la terre en 96 mn. Partout sur notre planète les radioamateurs captent à chacun de ses passages son bip-bip-bip. C'est un triomphe pour les soviétiques qui, devançant les américains, viennent d'inaugurer l'exploration, la conquête spatiale. Il faudra quelques années aux USA pour relever le défi ; 10 ans après que Nikita Khrouchtchev ait nargué le président Eisenhower lui offrant une maquette du Spoutnik à l'occasion de son voyage aux états unis en 1959, les américains faisaient les premiers pas sur la Lune, ramenaient des échantillons du sol lunaire, montaient des missions d'exploration du système solaire, mettaient en place des télescopes spatiaux.

De cette compétition entre l'URSS et les USA (en pleine guerre froide), compétition à laquelle l'Europe et le Japon apporteront par la suite leur contribution - va résulter une moisson de connaissances sur le système solaire mais surtout, maintenant que l'on y voit de plus près...

la prise de conscience de son extraordinaire diversité

En effet, quoi de commun entre : Mercure : petite moins de 2 500 km de rayon (le rayon de la Terre est de 6 370 km), dépourvue d'atmosphère, avec un gros noyau métallique, un champ magnétique réduit à sa plus simple expression et une surface fortement cratérisée, **Venus** d'une taille quasi identique à celle de la Terre, sans satellite, totalement entourée d'une atmosphère épaisse et lourde (la pression barométrique en surface dépasse les 90 atmosphères), où la température de surface dépasse les 400°C, où il pleut de l'acide sulfurique, **Mars** petite, un dixième de masse terrestre, avec deux tout petits satellites, véritable astre mort, dépourvu de champ magnétique, dont l'atmosphère est réduite à quelques millièmes d'atmosphère... **et notre Terre** qui dispose d'une lune particulièrement volumineuse, d'une masse suffisante et d'un bouclier magnétique lui ayant permis de retenir une atmosphère riche en oxygène, avec une couverture nuageuse constante de 40 à 50 %, dont la surface est à 70 % couverte d'océans et « cerise sur le gâteau » où la vie a pu apparaître et s'y développer.

Comment expliquer une telle diversité alors que ces astres se sont formés au même moment il y a 4,5 à 4,6 milliards d'années (on le sait grâce aux datations effectuées sur les prélèvements lunaires, terrestres, et météoritiques), au même endroit - dans la partie interne du disque protoplanétaire - à partir des mêmes matériaux : les constituants dudit disque protoplanétaire - selon les mêmes lois physiques, invariantes par translation du temps et de l'espace.

La distance au Soleil : 58 à 59 millions de kilomètres pour Mercure, 108 pour Venus, 150 pour la terre, soit une unité astronomique (U.A.), 228 environ pour Mars, suffit elle pour expliquer cette diversité ?

Note :

l'invariance des lois physiques par translation du temps et de l'espace (conservations de l'énergie, du mouvement cinétique, du moment angulaire), furent formalisées par Emmy Noether qu'Albert Einstein considérait comme « le génie mathématique le plus considérable produit depuis que les femmes ont eu accès aux études supérieures ». A noter qu'en 1915 Emmy Noether avait postulé à l'université de Göttingen où elle assurait des cours comme

remplaçante du grand mathématicien David Hilbert. Historiens et philosophes de l'université s'y étaient opposés disant « Que penseront nos soldats, quand ils reviendront à l'université et verront qu'ils doivent apprendre aux pieds d'une femme ? » Hilbert répondit « je ne vois pas pourquoi le sexe de la candidate serait un argument contre son admission comme Privatdozent. Après tout, nous sommes une université, pas des bains publics ! » Il fallut toutefois qu'elle attende 1919 pour obtenir ce poste !

La réponse à cette question ce sont les missions explorant Jupiter qui vont nous l'apporter. Jupiter dispose de 67 satellites dont quatre, les plus gros, ont été découverts en janvier 1610 par Galilée, il les qualifia de « planètes médicéennes » ; il fallait bien flatter le prince Cosme de Médicis s'il voulait retourner en Toscane !

Ces quatre lunes sont à égale distance du soleil, à peu près 700 millions de km, elles ont été formées au même moment, à partir du même matériel, selon le même processus comme Jupiter autour de laquelle elles orbitent ; autant dire que l'on s'attend à ce qu'elles soient identiques.

Or **Io** la plus proche : est couverte de soufre, parsemée de volcans, il s'agit de l'astre le plus éruptif de tout le système solaire, **Europa** sa proche voisine est couverte de glace, parsemée de rainures, tel un glacier avec des crevasses, **Callisto** la plus éloignée est, comme Mercure ou notre Lune, couverte de cratères d'impacts, tandis que **Ganymède**, le plus gros des satellites du système solaire, située entre Europe et Callisto, a une morphologie intermédiaire, en partie couverte de glaces parsemées de rainures telle Europa et de cratères d'impacts comme Callisto.

Force est d'admettre que la formation des planètes au sein du système solaire résulte d'un processus complexe qui **ne se limite pas à un phénomène générique initial** à partir duquel tout s'enclenche, à partir duquel tout est immuablement réglé par des équations (Kepler, Newton, Lagrange, Laplace), mais qu'elle résulte d'une séquence de processus, qui en tant que processus sont génériques, prennent des formes particulières et impriment leurs marques. C'est ainsi qu'une petite modification des conditions initiales et des processus mis en jeu en cours de route, peuvent avoir des conséquences insoupçonnées ; c'est l'effet papillon illustration de la théorie du chaos formalisée fin 19^{ème} début 20^{ème} par Henri Poincaré dans ses travaux concernant le problème à N corps en mécanique céleste.

Ainsi **Io** - proche de Jupiter, en résonance avec Europa et Ganymède, en orbite relativement elliptique, en virage permanent en autour de sa géante gazeuse - subit des forces de marée d'une violence telle que sa surface s'ovalise, son noyau et son manteau s'échauffent au point d'engendrer une activité volcanique et d'en faire l'astre le plus actif du système solaire ; activité volcanique qu'à elle seule son activité interne ne permet pas.

Ainsi la **Terre** ne serait pas la Terre - si elle n'avait une masse suffisante pour, par sa force gravitationnelle, maintenir une atmosphère - si elle n'avait constitué précocement un noyau métallique et un champ magnétique la protégeant du vent solaire - si elle n'était très tôt entrée en collision avec une planète de la taille de Mars, impact géant conduisant à la formation d'une lune qui stabilisa son axe de rotation - si elle n'avait bénéficié d'un grand bombardement lui ayant fourni de l'eau, eau répartie à sa surface après refroidissement du magma - s'il n'y avait eu émergence d'une vie primitive enrichissant son atmosphère en oxygène ; long chemin vers une vie de plus en plus complexe, de mieux en mieux organisé jusqu'à nous la mettions en péril... mais ça c'est une autre affaire !

Voilà où nous en étions à la fin des années 80 au milieu des années 90... chute du mur de Berlin, implosion du bloc soviétique **fin de l'histoire** pour certains analystes, historiens, sociologues ; **sûrement pas pour les astronomes, les astrophysiciens** qui toutefois, avec l'anthropocentrisme qui pour beaucoup les imprègne, ne sont pas loin de penser qu'à quelques nuances près, malgré sa diversité, notre système solaire constitue un modèle, un prototype si ce n'est universel, tout au moins très répandu dans l'univers...

Mais voilà il va y avoir des surprises...