

L'histoire de la conception de l'Univers (partie 3)

Dernier volet de notre aventure dans le cheminement de la découverte de l'Univers et de son fonctionnement par nos ancêtres. La manifestation du divin y est clairement décrit, les lignes qui suivent exposent comment le divin se manifeste dans les grandes découvertes, les grandes avancées « scientifique ». Croire que nous sommes indépendants et non dépendant à Dieu paraît bien inconscient, mais chacun est libre de sa propre expérience.

Un Kepler n'aurait jamais pu réaliser son œuvre si il n'avait pas, en plus de son travail scientifique, été porté à avoir foi en Dieu, à le prier. Il a découvert ces trois lois en prenant pour base une intuition, qui le mena au succès.

Johannes Kepler (27 décembre 1571 – 15 novembre 1630)

Johannes Kepler fut conçu le 16 mai 1571 à 4h37 du matin et mis au monde le 27 décembre 1571 à 2h30 de l'après-midi dans la commune de Weil au sud-ouest de l'Allemagne, après 224 jours, 9 heures et 53 minutes de gestation.

Le cas Johannes Kepler me semble très intéressant pour plusieurs raisons : la première est qu'il fut astrologue et que l'étude de sa vie est très documentée en date d'évènements et d'interprétations d'évènements, la deuxième raison est qu'il avait la foi et qu'il démontra clairement par le cheminement de ses découvertes l'inspiration de la « Divine Providence ».

Kepler s'intéressait à la vision de Copernic concernant la conception de l'Univers, pas pour un goût de l'Astronomie, mais plutôt pour des raisons métaphysiques en lien avec la vision pythagoricienne de la conception de l'Univers. Kepler expose ces raisons dans la préface du *Mystérieum* : l'essentiel est que le Soleil doit être au centre de l'Univers parce qu'il est le symbole de Dieu le Père, la source de la lumière et de la chaleur, le générateur de la force qui meut les planètes sur leurs orbites, et parce qu'un univers héliocentrique est plus simple, plus satisfaisant au point de vue géométrique.

L'aventure commença par la manifestation d'une intuition le 9 juillet 1595. Ce jour-ci il était en train de donner un cours à sa classe quand il dessinât au tableau noir une figure, une idée le frappa si fort qu'il crut tenir la clef des secrets de la création. En traçant la figure sur ce fameux tableau¹, Kepler remarqua que leurs rapports étaient les mêmes que ceux des orbites de Saturne et Jupiter.

Pour Kepler, l'Univers est construit sur des figures symétriques – triangle, carré, pentagone, etc. – qui forment pour ainsi dire le squelette invisible². « On peut construire dans un plan autant de polygones réguliers que l'on veut ; mais dans l'espace à trois dimensions on ne peut construire qu'un nombre limité de solides réguliers. « Ces solides parfaits »³, dont

¹ un triangle contenu dans un cercle et contenant un cercle en son centre.

² Cette idée est entièrement fautive, mais c'est elle qui conduisit Kepler à la découverte de ces lois, et à l'éveil de la cosmologie moderne.

³ Appelé aussi solides « pythagoriciens » ou « platoniciens ». Etant parfaitement symétrique, chacun d'eux peut être inscrit dans une sphère de sorte que tous les sommets en touchent la surface. De même, le solide peut être circonscrit à la sphère, qui touchera le centre de chacune de ses faces.

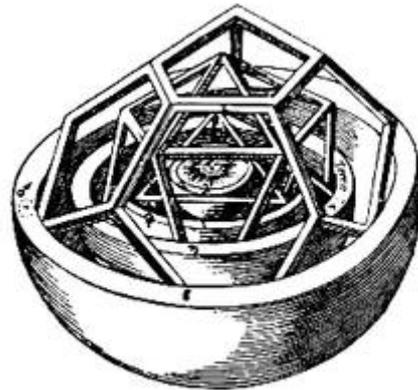
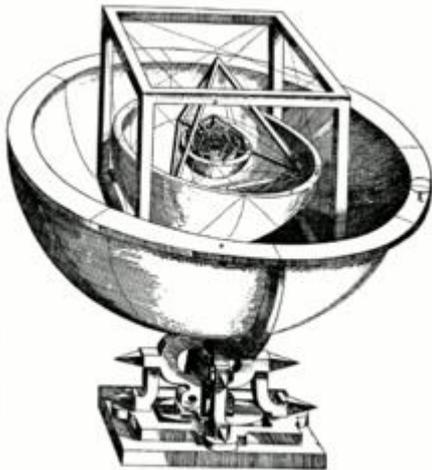


toutes les faces sont identiques, sont : le tétraèdre (pyramide) délimité par quatre triangles équilatéraux, le cube, l'octaèdre à huit triangles équilatéraux, le dodécaèdre (à douze pentagones) et l'icosaèdre (vingt triangles équilatéraux). »



D'après le cheminement de Kepler, comme il n'existe que cinq solides parfaits, et cinq intervalles entre les planètes ; comment croire que ce fut par hasard, et non par décision divine ? On comprenait aussitôt pourquoi il y avait six planètes « et non pas vingt ou cent ». On comprenait la raison des distances entre les orbites. Ces dernières devaient être espacées de façon à s'ajuster exactement dans les intervalles, comme une charpente invisible. Et voici qu'elles s'ajustaient en effet, ou du moins elles semblaient s'ajuster, à peu près.

Dans l'orbite, ou sphère, de Saturne Kepler inscrivait un cube ; et dans le cube une autre sphère : celle de Jupiter. Puis venait le tétraèdre dans lequel s'inscrivait la sphère de Mars. Entre les sphères de Mars et de la Terre on insérait le dodécaèdre ; entre la Terre et Vénus l'icosaèdre ; entre Vénus et Mercure l'octaèdre. *Eurêka*. Le jeune Kepler, maître de l'école protestante de Graz, avait résolu le mystère de l'Univers.



Suite à cette découverte, Kepler entrepris la vérification des proportions de son modèle de l'Univers à l'aide de données d'observations. Il chercha à justifier que l'intervalle présent dans son modèle correspondait à la distance qui séparait les planètes du Soleil⁴. Kepler se

⁴ Les planètes ne décrivant pas autour du Soleil des cercles, mais des orbites ovales (que la première Loi de Kepler devait plus tard identifier comme ellipses), la distance de chaque planète au Soleil varie dans certaines limites. Cette variation (ou excentricité), Kepler en tient compte en allouant à chaque planète une coquille sphérique, assez épaisse pour accommoder l'orbite ovale entre ses parois. La paroi inférieure représente la distance minimale au Soleil, la paroi extérieure la distance maximale. Oh ne considère pas les sphères comme

rendit vite compte que la vérification ne tenait pas la route. L'ajustement se faisait à peu près pour les orbites de Mars, de la Terre et de Vénus, mais nullement pour Jupiter et Mercure. Kepler se débarrassa de Jupiter en remarquant de façon désarmante que « l'on ne s'étonnera pas de cela, considérant la grande distance. Pour Mercure, il décida de tricher carrément.

Kepler se mit ensuite à chercher un rapport mathématique entre la distance d'une planète au Soleil et le temps nécessaire à sa révolution complète⁵. Sa réponse fut qu'il doit exister une *force émanant du Soleil* et qui fait se mouvoir les planètes sur leurs orbites. Les planètes extérieures sont plus lentes parce que cette force motrice diminue proportionnellement à la distance « comme la force de la lumière ».

En 1600, c'est par hasard, en écrivant un traité sur une éclipse de Soleil envoyé à l'archiduc Ferdinand, qu'il découvrit qu'il existait une « force de la Terre ». Cette « force de la Terre » influençait le mouvement de la Lune, et en proportion de la distance. Comme il avait déjà attribué une force matérielle au Soleil pour expliquer les mouvements des planètes, la Lune dépendant d'une force terrestre analogue lui faisait faire un pas de plus vers l'idée de la gravitation universelle.

De ces deux recherches, Kepler publia en 1609 *magnum opus*. Ce livre contient les deux premières lois planétaires :

1. Les planètes décrivent autour du Soleil, non point des cercles, mais des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers ;
2. Les planètes ne se déplacent pas sur leurs orbites à une vitesse uniforme, mais d'une manière telle que le rayon vecteur qui joint le Soleil à la planète balaie des aires égales en des temps égaux.

Le 1^{er} janvier 1600, Kepler se rendit dans la ville de Graz à Prague pour rencontrer Tycho Brahe⁶. Kepler fut chargé par ce dernier de prendre la relève de son chef assistant Longomontanus au sujet de l'étude de l'orbite de Mars. Enthousiaste, Kepler espérait mettre huit jours pour résoudre ce mystère. Il mit près de huit années pour en venir à bout.⁷ La méthode traditionnelle ayant échoué, il se déchargeât petit à petit des croyances anciennes concernant la nature de l'Univers. Il arriva à la conclusion que les planètes étaient soumises à deux influences contraires : la force du Soleil, et une autre force située dans la planète elle-même⁸. Cette recherche sur l'orbite de Mars est la clé de voute, la pièce du puzzle qui réunit tous les idées de Kepler pour n'en former qu'une seule.

Deuxième Loi de Kepler

physiquement réelles, ce ne sont que les limites de l'espace attribué à chaque orbite. L'épaisseur des coquilles et les intervalles qui les séparent se trouvaient dans les chiffres de Copernic.

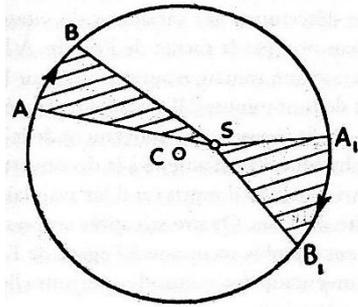
⁵ A ce moment Kepler n'essaye plus seulement de décrire les mouvements célestes en termes géométriques, mais de leur attribuer une cause physique. Ici, l'Astronomie et la Physique se réunissent après un divorce de deux mille ans. Cela ouvrira la porte : aux trois Lois de Kepler et aux fondements de l'univers de Newton.

⁶ Quelques lignes lui sont consacrées plus loin.

⁷ Kepler écrivit à propos de sa découverte sur Mars : « Je crois devoir à la Divine Providence d'être arrivé juste au moment où Longomontanus s'occupait de Mars. Car seul Mars nous permet de pénétrer les secrets de l'Astronomie qui autrement nous demeureraient toujours cachés. »

⁸ Ces deux forces sont connues aujourd'hui sous le nom de gravitation et inertie. Cette découverte est à l'origine de la découverte de Newton.



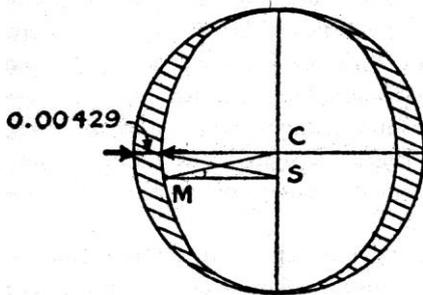


L'aire parcourus par la ligne qui relie planète et Soleil AS – BS mesure le temps qu'il faut à la planète pour aller de A à B ; donc la ligne *balaiera des aires égales en des temps égaux*. C'est la deuxième loi (découverte avant la première), loi immortelle, d'une simplicité étonnante à l'issue d'un labyrinthe épouvantable. Ce qui est surprenant c'est que cette loi est issue de trois méthodes fausses, la Divine Providence avait encore frappée, mais Kepler n'en eut pas connaissance cette fois-ci.

Première loi

Dans un premier temps Kepler essaye d'attribuer une orbite circulaire à Mars, mais cela s'achève par ces mots : « *La conclusion est tout simplement que le trajet de la planète n'est pas un cercle, il s'incurve de deux côtés et s'étale aux autres bouts. Cette courbe s'appelle un ovale. L'orbite n'est pas un cercle, mais une figure ovale.* »

Cette découverte est difficile à accepter par Kepler car cela contredit l'harmonie des Sphères qui est à l'origine de tout le pèlerinage.



Il entama de nombreux calculs sans parvenir à résoudre les problèmes géométriques de son ovale. La Divine Providence vient encore à lui pour révéler la solution. Après avoir passé plusieurs mois à calculer l'orbite de Mars en faisant abstraction de l'ellipse⁹, cette intuition se présenta sous la forme d'un nombre qui s'était fixé dans la mémoire de Kepler : c'était le nombre 0,00429. Quand il eut compris que l'orbite de Mars n'était pas un œuf, Kepler repris

ces calculs et les résultats indiquèrent de nouveau une sorte d'ovale, semblable à un cercle aplati de deux côtés, laissant par conséquent deux étroits croissants ou « lunules » entre le cercle et cette orbite. La largeur du croissant à sa plus grande épaisseur équivalait à 0,00429 du rayon.

Kepler était désormais convaincu que l'orbite devait être une ellipse, parce que d'innombrables positions observées de Mars, qu'il savait presque par cœur, désignaient irrésistiblement cette courbe ; mais il ne se rendait pas encore compte que son équation, qu'il avait découverte à la fois par chance et par intuition, était en réalité une ellipse. Il oublia donc cette équation pour construire une ellipse à l'aide d'une autre méthode géométrique. Et alors seulement il s'aperçut que les deux méthodes donnaient le même résultat.

« *Pourquoi mâcher mes mots ? La vérité de la Nature, que j'avais repoussée et chassée, revint en tapinois par la petite porte en se déguisant pour se faire accepter. C'est-à-dire, je mis de côté l'équation originale et retombai sur les ellipses, croyant que c'était une hypothèse différente, alors que les deux, comme je le prouverai au chapitre suivant, sont une*

⁹ Le plus étonnant est qu'il employait constamment l'ellipse dans ses calculs, mais uniquement comme un moyen de déterminer, par approximation, l'aire de son ovale, courbe qui était devenue une véritable fixation.



seule et même chose... Je faillis devenir fou à chercher une raison expliquant pourquoi la planète préférait une orbite elliptique... Ah ! Quel étourneau j'ai été ! »

La troisième Loi

Cette Loi dit que les carrés des temps des révolutions des planètes sont entre eux comme les cubes de leurs distances moyennes au Soleil.

Voici le récit de Kepler sur cette découverte : *« Le 8 mars 1618, si l'on veut des dates précises, la solution me vint à l'idée. Mais j'eus la main malheureuse, et en soumettant cette solution aux calculs je la trouvai fautive. A la fin elle me revint le 15 mai, et par un nouvel assaut vainquit les ténèbres de mon esprit ; elle s'accorda si parfaitement avec les données que m'avaient procurées dix-sept ans de travail sur les observations de Tycho, que d'abord je crus rêver, ou avoir commis une pétition de principe ... »*

Cette Troisième Loi est la pièce nécessaire à Kepler pour comprendre l'Univers, elle permet une relation entre les périodes et les distances des planètes.

Synthèse des découvertes de Kepler

Durant toute sa vie, le fil d'Ariane de Kepler fut son mysticisme pythagoricien, son besoin scientifico-religieux de comprendre un univers harmonieux où règnent soit des cristaux parfaits, soit des accords parfaits. C'est ce fil qui le conduisit, par maints virages brusques, détours, tête-à-queue et culs-de-sac, aux premières lois naturelles exactes, à la réunion de l'Astronomie et de la Physique, à la mathématisation de la Science. Kepler priait en langage mathématique ; il confessa sa foi mystique dans le *Cantique des Cantiques* d'un poète mathématicien :

*Ainsi Dieu lui-même
Trop bon pour demeurer oisif commença à jour au jeu des signatures
Signant son image sur le monde : donc je me risque à penser
Que toute la nature et la beauté des cieux
Sont symbolisées en l'art de géométrie ...
Or Dieu le créateur en jouant
Apprit le jeu à la Nature
Qu'il créa à son image :
Lui enseigna le jeu même
Qu'il jouait...¹⁰*

Tycho Brahe (14 décembre 1546 – 24 octobre 1601)

Il consacra sa vie entière à l'observation des planètes et du ciel. Il s'attela à la tâche fastidieuse du relevé des positions des planètes et à l'établissement d'une carte du ciel des étoiles fixes.

En 1572, il décrivit une nouvelle étoile, *nova*, en prouvant que la *nova* était une véritable étoile et que la comète de 1577 décrivait une orbite bien au-delà de la Lune, il ruina la croyance, déjà ébranlée, à l'immutabilité des cieux et à la solidité des sphères. Enfin le

¹⁰ Tertius interveniens.



système du monde qu'il présenta pour succéder à Copernic, sans avoir une grande valeur scientifique, joua un rôle important au point de vue de l'Histoire.

Isaac Newton (25 décembre 1642 – 20 mars 1727)

Isaac Newton ne laissa pas grands éléments sur le cheminement de ces découvertes. Il est le chaînon manquant pour donner une autre dimension aux découvertes des années précédant sa naissance (les lois de Kepler sur le mouvement des corps célestes, les lois de Galilée sur les mouvements des corps terrestres).

Newton réussit à synthétiser tous les mouvements de l'Univers en quatre Lois :

1. La Loi de l'inertie,
2. La Loi d'Accélération,
3. La Loi d'Action et de Réaction réciproques,
4. La Loi de la Gravitation.

La Loi de l'inertie

« Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état. »

La Loi d'accélération

« Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force motrice ; et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée. »

La Loi d'action et de réaction réciproques

« L'action est toujours égale à la réaction ; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et dans des directions contraires »

La Loi de la gravitation

« L'attraction est proportionnelle aux masses et diminue selon le carré de la distance ».

« Il est inconcevable que la matière brute inanimée, sans la médiation d'autre chose qui ne soit pas matérielle, agisse sur une autre matière sans contact mutuel... Et c'est une des raisons pour lesquelles je désirais que vous ne m'attribussiez point la gravitation innée. Que la gravitation soit innée, inhérente et essentielle à la matière, de sorte qu'un corps puisse agir sur un autre à distance, dans le vide, sans aucune médiation à travers et par laquelle leur action et leur force puissent passer de l'un à l'autre, c'est pour moi une si grande absurdité, que je crois qu'aucun homme doué d'une faculté capable de penser en matière de philosophie, ne pourra jamais y tomber. La gravitation doit être causée par un agent agissant constamment selon certaines lois ; mais quant à savoir si cet agent est matériel ou immatériel, je laisse cela au jugement de mes lecteurs. »

C'est sur les propos d'Isaac Newton que s'arrête notre aventure.

Damien CHARRIER



Bibliographie

KOESTLER, Arthur. 2012. *Les somnambules - Essai sur l'histoire des conceptions de l'Univers.* Paris : Les Belles Lettres, 2012. 978-2-251-20001-9.

l'horizon de demain

