

Johannes KEPLER (1571 - 1630)

1. Le "Mystère Cosmographique"

Nicolas Dupont, animateur du cercle Orion (à Laxou) de la Société Lorraine d'Astronomie, nous transmet une question "peut-être naïve posée par un jeune membre du cercle : comment Kepler a-t-il découvert et démontré sa première loi ? "

Cette question n'est pas naïve du tout. Surtout pour nous, enseignants. Connaître, faire connaître les lois physiques et leurs applications, c'est important. Mais faire comprendre comment on a pu les découvrir, ne l'est-ce pas autant ? Vieux débat : enseigner de bonnes recettes avec la meilleure manière de s'en servir ou (pas forcément exclusif) apprendre à réfléchir en essayant de comprendre comment d'autres ont cherché, échoué souvent, réussi parfois... En tout cas, s'il est un sujet vraiment indiqué pour fertiliser l'enseignement par l'histoire des sciences, c'est bien celui de Kepler. Essayons donc de le présenter dans cette perspective.

Comme le dit fort justement Pierre Costabel dans son excellente notice de l'Encyclopaedia Universalis (tome 9, p.647), Kepler "confia au livre imprimé les méandres de ses démarches. Il fut, et il est, presque illisible." Ayons donc recours, pour le connaître et le comprendre, à des médiateurs en qui nous puissions avoir confiance. Par exemple, cette courte notice de Costabel qui, en deux pages situe l'homme et son oeuvre. Le livre classique d'Alexandre Koyré, "La Révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli" (éd. Hermann, 1961) consacre 360 pages sur les 524 du livre à Kepler, analysant ses démarches successives en détail ; pour moi, c'est l'ouvrage de référence. Mais je joins, pour mieux saisir certains aspects étranges de la pensée de Kepler, le livre de Gérard Simon, "Kepler, astronome astrologue" (éd. Gallimard, 1979, 488 p) dont l'intérêt a déjà été signalé ici (Cf CC n° 4).

La Société Astronomique de France a édité, pour le quatrième centenaire de Kepler une brochure de 132 pages contenant entre autres des articles de P.Costabel et de Gérard Simon ainsi que "La genèse des lois de Kepler" par P.Russo et "La méthode de Kepler est-elle une non-méthode ?" par J-C.Pecker. Il faut aussi citer les histoires de l'astronomie, celle de Pannekoek en particulier ainsi que l'Histoire Générale des Sciences(tome 2).

Enfin le livre de Arthur Koestler, "Les Somnambules" (éd Calmann-Lévy, 1960, 582 p) est à lire, même s'il faut faire des réserves sur certains excès du style baroque de l'auteur. Mais la lecture est facile et spécialement sur Kepler assez passionnante.

Encore n'ai-je rien dit d'une foule d'ouvrages en anglais ou en allemand sur un sujet qui a intéressé astronomes, historiens et philosophes de tous les pays. Essayons pourtant de ne pas crouler sous la documentation pour dégager l'essentiel d'une oeuvre qui marque la naissance de l'astronomie moderne. Comme nous aurons à nous reporter constamment à la pensée de Kepler, à le citer souvent, je le désignerai par K ; personne ne devra y voir blasphème... ou plagiat.

Avant K

=====
K est né en 1571 à Weil, dans le Württemberg. Se destinant au pastorat, il vient étudier la théologie à l'université de Tübingen. Il y suit l'enseignement de Michael Mästlin qui l'initie aux conceptions de Copernic. K les compare à celles de Ptolémée et il est aussitôt acquis à l'héliocentrisme. On peut même dire : "K est le premier grand esprit pour qui l'héliocentrisme est une affaire réglée. De terme de la recherche comme il l'était pour Copernic, il est devenu point de départ ; et de ce fait des questions/jusqu'alors à peine évoquées se trouvent posées en toute clarté." (G.Simon, op cité p.238)

Reportons-nous donc un moment, pour mieux apprécier l'originalité de la pensée de K, sur les idées de ses prédécesseurs. Chez tous, il y a le respect d'un a priori

qui leur paraît nécessaire : les mouvements célestes sont circulaires et uniformes. Chez Ptolémée, aussi bien que chez Hipparque avant lui, ces mouvements ont lieu autour de la Terre. Chez Copernic, autour du Soleil. Faisons-nous à cette idée que la façon d'argumenter en 1543 n'est pas la nôtre : "Tout d'abord il nous faut remarquer que le monde est sphérique, soit parce que cette forme est la plus parfaite de toutes, totalité n'ayant besoin d'aucune jointure ; soit parce qu'elle est la forme ayant la capacité la plus grande, qui convient le mieux à tout contenir et tout embrasser ; soit aussi parce que toutes les parties séparées du monde, je veux dire le soleil, la lune et les étoiles, sont vues sous cette forme ; soit parce que toutes choses tendent à se limiter ainsi comme il apparaît dans les gouttes d'eau et d'autres corps liquides, lorsqu'ils tendent à se limiter par eux-mêmes. C'est pourquoi personne ne mettra en doute que cette forme n'appartienne aux corps divins." (Copernic, "Des révolutions des orbes célestes", chapitre 1) . Et plus loin : "Nous allons rappeler maintenant que le mouvement des corps célestes est circulaire. En effet, la mobilité de la sphère est de tourner en rond ; par cet acte même, tandis qu'elle se meut uniformément en elle-même, elle exprime sa forme, celle du corps le plus simple où l'on ne peut trouver ni commencement ni fin, ni distinguer l'un de l'autre." (idem, chapitre 4).

Ce beau principe du mouvement circulaire et uniforme posé, il faut dépenser des trésors d'imagination pour rendre compte des phénomènes qui ont l'audace de ne pas obéir aux contraintes qu'on leur impose. La circularité n'est pas mise en doute, l'observation n'en fournit pas les moyens. Mais la non uniformité des mouvements est constatée. Alors Hipparque a imaginé d'excentrer les orbites : le Soleil décrit un cercle autour de la Terre qui n'en occupe pas le centre ; l'excentricité est le rapport des distances au centre de la Terre et du Soleil. Ptolémée perfectionne : le rayon qui tourne uniformément joint le Soleil au point équant, symétrique de la Terre par rapport au centre du cercle orbite.

Si Copernic inverse les rôles en faisant décrire les orbites des planètes autour du Soleil, en plaçant donc la Terre à sa modeste place de troisième planète du Système, il respecte toujours le principe des orbites circulaires décrites uniformément ce qui l'amène à reprendre à Ptolémée avec l'excentricité l'idée des épicycles. Tel est le système du monde encore bien compliqué que K apprend de Mästlin à Tübingen et dont il comprendra bien les avantages comme nous le verrons plus loin.

Pour compléter ce rapide tableau de l'astronomie avant K, il faut encore citer, en contraste, les noms de Rheticus et de Tycho Brahé. Georg Joachim von Lauchen (1514-1576), le jeune mathématicien de Wittenberg surnommé Rheticus, est célèbre pour avoir publié "Narratio prima" peu après sa rencontre avec Copernic dont les idées l'avait enthousiasmé ; ce qui décida enfin Copernic à rendre publiques ses conceptions et son grand ouvrage cité plus haut. Ajoutons à la gloire de Rhéticus cette idée qui devait plaire à K : il y a six planètes et six est le premier entier parfait (égal à la somme de ses diviseurs propres $6 = 1 + 2 + 3$). On doit aussi à Rheticus une table des sinus de $10''$ en $10''$ à quinze décimales et la notion de cosinus (1551). Bref, Rheticus est un théoricien.

Tycho Brahé (1546-1601) se méfie au contraire de toute théorie. Mais c'est un observateur hors pair dont la rencontre avec K fut providentielle. Tycho bénéficia longtemps de la protection très effective et de l'aide matérielle du roi Frédéric de Danemark. Grâce à quoi il put construire un grand observatoire, Uraniborg, et accumuler pendant plus de vingt cinq ans des données précieuses sur les mouvements des planètes. Il repéra en particulier dix oppositions de Mars qui furent plus tard fort utiles à K. Tycho inventa de multiples appareils de mesure, tous, évidemment, à alidades, ce qui ne l'empêche pas d'atteindre la précision de la minute d'angle. Le 11 novembre 1572, il observe une "étoile nouvelle", une nova, dans Cassiopée, qu'il note plus brillante que Vénus. Le roi Frédéric étant mort, ses héritiers coupent les vivres à Tycho qui se réfugie auprès

de l'Empereur Rodolphe à Prague où il rencontrera K.

Le Mystère Cosmographique

===== Revenons à K lui-même, un peu en arrière dans le temps. En 1594, K est nommé mathématicien des États de Styrie et professeur à l'école protestante de Graz. Charges qui, heureusement pour nous, lui laissent beaucoup de temps libre pour méditer sur la structure du monde. Il écrit alors le Mysterium Cosmographicum (MC) qui paraît en 1596 grâce à Mästlin.

L'ouvrage débute par un exposé des mérites du système de Copernic. 1°) Il explique simplement les particularités des mouvements planétaires, - stations, rétrogradations -, par un facteur unique, le mouvement de la Terre et les positions de celle-ci par rapport aux autres planètes ; 2°) pourquoi les planètes inférieures, Mercure et Vénus, accompagnent toujours le Soleil et ne sont jamais en opposition ; 3°) pourquoi, pour les planètes supérieures, il y a coïncidence entre apogée et conjonction, périégée et opposition ; 4°) pourquoi enfin et surtout, le Soleil joue un si grand rôle dans le système (chez Ptolémée, ce rôle n'est fondé sur rien alors que chez Copernic il l'est dans la structure même du système).

K examine longuement ces avantages en soulignant les imperfections du système de Ptolémée. En passant, tout pythagoricien qu'il soit, il réfute l'idée de Rheticus : "Qu'il n'y a pas de nombre d'une perfection telle que l'on puisse en déduire que le nombre des planètes soit justement tel ou non un autre, ou qu'elles ne soient pas infiniment nombreuses. Car si Rheticus, dans sa Narratio, déduit le nombre des orbes du caractère sacré du nombre six, cette conclusion me paraît peu probable. En effet lorsqu'on parle de la structure de l'Univers, on ne doit pas appuyer sa démonstration sur des nombres qui n'ont reçu une valeur particulière que de choses engendrées après la création du monde." (cité par Koyré, op cité p.139)

Pour expliquer les mouvements, K cherche une relation entre distances au Soleil et forces motrices. Mais il ne connaît (et encore approximativement) que les distances

relatives et, sur les forces, il n'a que des idées a priori. K se lance avec hardiesse dans des recherches infructueuses mais il ne s'en lasse pas. Simplement il écrit : "Je n'en finirais pas si je voulais tout raconter en détail." Ne nous attardons donc pas sur ce sujet pour l'instant, il faudra y revenir quand nous parlerons précisément de la genèse de la deuxième loi.

Par contre, dans le MC, il faut s'attarder sur l'idée géniale qui consiste à faire intervenir les cinq polyèdres réguliers, encore dits platoniciens, dans l'architecture du système du monde. Pour K, Dieu a voulu créer le monde le plus beau. L'atteste la "perfection" de la sphère et de la ligne droite (et du plan). Or ces êtres géométriques se trouvent heureusement combinés dans les polyèdres réguliers inscriptibles dans la sphère et circonscriptibles à elle. De plus leur nombre, cinq, ce qui a été démontré par Euclide, convient d'après K à l'arrangement des six sphères ou orbes portant les orbites des planètes. Relisons plutôt ce que K recommande à son lecteur :

"L'orbe de la Terre est la mesure des autres orbes. Circonscrib lui un Dodécaèdre : la sphère qui l'entoure est celle de Mars ; circonscrib à l'orbe de Mars un Tétraèdre : la sphère qui l'entoure est celle de Jupiter. A l'orbe de Jupiter circonscrib un cube : la sphère qui l'entoure est Saturne. Place maintenant dans l'orbe de la Terre un Icosaèdre ; la sphère qui lui est inscrite est Vénus ; place dans l'orbe de Vénus un Octaèdre : la sphère qui lui est inscrite est Mercure.

Tu as là la raison du nombre des planètes."

(cité par Koyré, op cité p.146)

K reconnaît que la correspondance entre sa construction et les données de l'observation n'est pas parfaite, même si chaque orbe est d'une certaine épaisseur, celle-ci devant être suffisante pour tenir compte des excentricités (l'orbite excentrique reste à l'intérieur de l'orbe). Mais la correspondance paraît à K trop significative pour être accidentelle. Remarquons aussi que, pour K, cette construction des polyèdres ne contredit pas l'objection qu'il

adressait à Rheticus sur le nombre six, car ici il s'agit d'une description de ce monde créé parfait par Dieu en utilisant des objets également créés par le même. Il semble que dans la circonstance K ait été plus platonicien que pythagoricien. Admirons, en tout cas l'ingéniosité de K et retenons l'importance qu'il accorde dès 1596 au calcul des distances des planètes au Soleil, ce qui sera l'essentiel de sa troisième loi, trouvée plus de vingt ans plus tard.

Dans le MC, K s'intéresse aussi à l'action animatrice du Soleil. Alors que Copernic se contentait de constater, le Soleil est au centre du monde, K veut trouver une explication, une loi qui rende compte du fait d'observation, cette ronde des planètes autour du Soleil. Il doit y avoir une raison si les planètes vont d'autant moins vite qu'elles sont plus éloignées du Soleil. Il pense par analogie à l'action de la lumière qui s'atténue proportionnellement au carré de la distance. Mais, sans doute parce que toutes les planètes se meuvent sensiblement dans le plan de l'écliptique, au lieu de penser à une telle propagation de l'action animatrice du Soleil dans l'espace, il l'imagine dans un plan et en déduit que son atténuation est proportionnelle à la distance. Nous verrons que c'est en partie grâce à cette affirmation erronée qu'il découvrira la deuxième loi.

Vers les lois

===== Ces longs préliminaires devraient donc nous aider à comprendre les démarches qui vont conduire K à ses grandes découvertes. Ils ont aussi l'avantage de nous faire connaître tout de suite les traits qui sont propres à son génie. Peu d'hommes ont été comme lui imprégnés de tradition, nourris de culture classique et sans doute y a-t-il encore moins de savants qui ont su comme lui bousculer les idées reçues. Esprit à contrastes : sa volonté, par exemple, d'épurer l'astrologie de ce que la tradition y avait accumulé de sornettes (cf le livre de G.Simon); et, en même temps, son goût pour la grande synthèse scientifique. K a vingt cinq ans quand il publie MC, quelle maîtrise, quelle audace et, à bien des égards, quelle intuition !

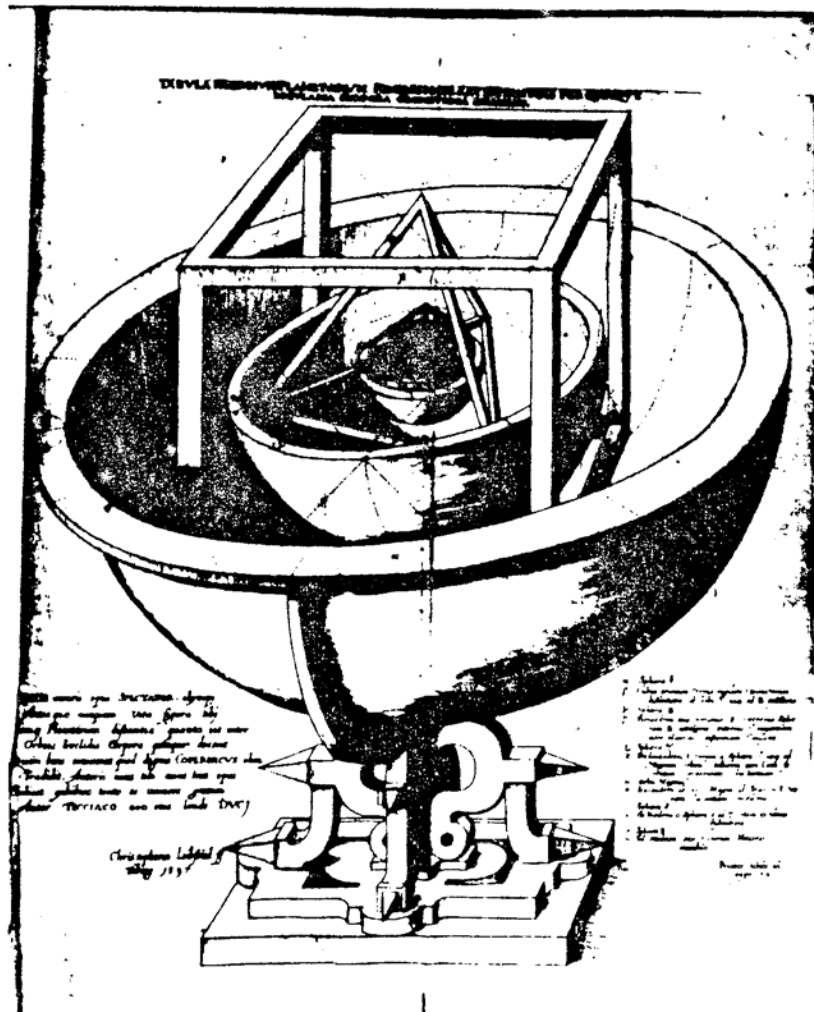


Figure extraite du M.C.

Rien de tout cela ne lui aurait été possible sans deux richesses qui manquèrent à Tycho : une forte culture mathématique, une imagination fertile mais toujours dominée par le souci de tenir compte des faits d'observation. Faut-il alors en conclure déjà que K est un représentant typique de l'esprit scientifique moderne ?

Vous le saurez peut-être en lisant notre prochain épisode "Les deux premières lois" dans le n°11 des Cahiers Clairaut.

K.Mizar