



Nicolas COPERNIC

N° 41

Christian SCOTTA



Les Cahiers de la SAN

Nicolas COPERNIC

par Christian Scotta



Cathédrale de Strasbourg

«Qu’y-t-il de plus beau que le ciel qui assurément contient tout ce qui est beau?»¹

Édition 2025

1 Manuscrit du « De Rev », préambule au Ch 1 du livre 1.

Les « **Cahiers de la SAN** » sont édités par la Société d'Astronomie de Nantes,
Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports.

35, boulevard Louis-Millet
44300 NANTES

Tél. 02 40 68 91 20 - E-mail : contact-san@san-fr.com

© 2025 Mis à disposition selon les termes de la licence

CC BY-NC-ND 4.0. Pour consulter une copie de cette licence, rendez-vous sur
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Nicolas COPERNIC

Sa vie, son œuvre.

Né à Thorn, aujourd'hui Torun en 1473, orphelin à 10 ans, il est recueilli par son oncle. Il a 19 ans quand Christophe Colomb découvre l'Amérique (1492) et 42 ans lors de la bataille de Marignan (1515).

De 1491 à 1495, il est étudiant à l'université de Cracovie. Puis, comme de nombreux étudiants assez fortunés pour le faire, il se rend en Italie où il passe près de 10 ans. Il étudie le droit à Bologne (1496), fait un pèlerinage à Rome (1500) et, âgé de 27 ans, y fut, selon Rhéticus, « professeur de mathématiques devant une large audience d'étudiants et un cercle d'hommes éminents et de spécialistes »², étudie la médecine à Padoue (1501) puis termine ses études de droit à Ferrare où il reçoit son doctorat (1503).

Entre temps, il est élu chanoine du diocèse de Warmie (1497), ce qui lui assure un revenu confortable. La capitale de ce diocèse est la ville de Frauenburg, aujourd'hui Frombork (« forteresse de la Vierge »). Il soigne l'évêque Watzerolde, qui est son oncle et son protecteur. Il s'est représenté lui-même dans un autoportrait, un brin de muguet à la main, emblème des guérisseurs. Une copie de ce

2 « Narratio Prima », II

tableau est visible sur l'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg. Il se fixe à Frombork en 1510 et y restera toute sa vie.

Le 9 mars 1497, il observe l'occultation d'Aldébaran (dans le Taureau) par la Lune, en compagnie de l'astronome Domenico Maria Novora.

Il diffuse ses théories dans un petit manuscrit, probablement rédigé vers 1510-1512, le "Commentariolus" ou "le Petit Traité" qui, copié et recopié par ses lecteurs, fait connaître Copernic dans le monde savant. Le 1er mai 1514, Matthias de Miechow, professeur à l'université de Cracovie, signale dans le catalogue de sa bibliothèque « un manuscrit de 6 feuilles exposant la théorie d'un auteur qui affirme que la terre se déplace tandis que le Soleil est immobile ».

Copernic diffuse ce "petit commentaire", probablement à partir de 1512. Il y énonce l'essentiel de son système mais sans aucune démonstration. Dans le Préambule, il établit le "principe du mouvement parfait", le mouvement circulaire uniforme. Il énonce ensuite 7 postulats (« petitiones ») :

1er postulat : les orbes célestes n'ont pas le même centre (c'est-à-dire : la Terre est au centre de l'orbe lunaire, le Soleil est au centre des orbes planétaires).

2e postulat : la Terre est à la fois le centre des graves et le centre de l'orbe lunaire.

3e postulat : le centre du monde est proche du Soleil mais ne coïncide pas avec lui.

4e postulat : la distance de la Terre au Soleil est très petite par rapport au rayon de la sphère des Étoiles Fixes.

5e postulat : rotation diurne la Terre.

6e postulat : révolution annuelle de la Terre.

7e postulat : explication des stations et des rétrogradations des planètes.

En 1514, le pape Léon X l'invite à travailler sur la réforme du calendrier mais Copernic décline l'offre. En 1517, il publie un "Essai sur la frappe de la monnaie".

Vers 1530, Copernic commence la rédaction du "De Revolutionibus...".

En 1538, Luther évoque cet "astrologue" qui "souhaite renverser toute la science de l'astronomie".

Le manuscrit est inachevé quand Georg Joachim Rhéticus (âgé alors de 25 ans) lui rend visite en mai 1539 : Copernic a alors 66 ans. Rhéticus reste chez Copernic jusqu'en septembre 1541.

En 1540, Rhéticus publie la "Narratio Prima" (« Premier Rapport »), dans laquelle il expose les thèses de Copernic. Il assure la relecture du manuscrit du "De revolutionibus" qu'il emporte à Nuremberg pour le confier à un imprimeur. Mais devant rejoindre son poste de professeur à l'université de Leipzig, il demande au théologien protestant Andréas Osiander (1498-1552) d'assurer la publication de l'ouvrage qui sort en 1543 sous le titre suivant : "De Revolutionibus Orbium Coelestium". Copernic dédie son ouvrage au pape Paul III (élu pape en 1534), que l'on sait avoir été fêru d'astrologie. Copernic aurait reçu un exemplaire imprimé sur son lit de mort, en 1543.

A-t-il lu la préface qu' Osiander rédigea sans la signer et qui affirme que le système héliocentrique n'est qu'un artifice mathématique ?

"Car ces hypothèses (héliocentrisme et mouvements de la Terre) n'ont pas besoin d'être vraies ni même probables, si elles procurent un calcul conforme aux observations, cela seul et suffisant....Et si des causes sont imaginées (pour expliquer l'inégalité apparente des mouvements planétaires), comme beaucoup le sont, elles ne sont pas présentées pour convaincre qui que ce soit de leur vérité, mais seulement pour fournir une base correcte aux calculs... "

Osiander affirme qu'on ne connaîtra jamais la cause véritable des phénomènes astronomiques. Il trahit la pensée de Copernic qui, comme le souligne Arthur Koestler³ croyait à la réalité physique du système héliocentrique. Mais les épicycles et les excentriques étaient-ils pour lui de simples artifices de calcul ? Cependant, pour Jacques Gapaillard, "le point de vue positiviste (d'Osiander) ...correspond à une certaine conception moderne des activités scientifiques".

La Narratio Prima fit davantage pour l'héliocentrisme que le De Revolutionibus. Une seconde édition du De Revolutionibus se fit toutefois à Bâle en 1566. Quelques centaines d'exemplaires des 2 éditions ont survécu.

Arthur Koestler affiche une piètre opinion de Copernic dans "Les Somnambules" (1960) : "un chanoine craintif" (titre de la 3e

3 note 12 du ch.1 de la 3e partie des "Somnambules "

partie consacrée à Copernic), manquant de courage pour affirmer ses opinions ; "le mystificateur", qui fit croire qu'il vivait sur les bords de la Vistule, "un morne pédant, dénué de flair et de l'intuition de somnambule des vrais génies ; c'est un homme qui, s'étant emparé d'une bonne idée, en fit un mauvais système, besognant patiemment à entasser des épicycles et des déférents dans le plus triste, le plus illisible des livres célèbres."⁴

Ptolémée a lui aussi droit au qualificatif de "pédant...qui empile avec une morne obstination orbe sur orbe"⁵.

Koestler reproche à Copernic d'avoir peu observé et d'avoir trop fait confiance aux observations des Anciens (Ptolémée, Hipparque...). Copernic n'utilise en effet que 27 observations personnelles. Il lui reproche en outre son ingratitude envers Rhéticus qu'il ne cite nulle part.

Ce jugement mérite d'être nuancé. Mais il est certain qu'il a trop différé la publication de son œuvre, peut-être ne l'eut-il jamais fait sans Rhéticus.

La préface au pape.

Copernic reconnaît avoir attendu 4 fois 9 ans pour publier ses découvertes. Copernic est conscient de l'absurdité de son hypothèse et de sa contradiction avec le sens commun. Mais il est guidé par un principe d'harmonie. Les montages effectués par les tenants de l'astronomie géocentrique manquent de cohérence. L'utilisation d'excentriques ou de cercles homocentriques (voire une combinaison des deux) font que ces constructions s'apparentent à cet homme monstrueux qu'on pourrait composer avec une tête, des mains et des pieds et autres membres provenant de personnes différentes (la comparaison provient du début de l'Art Poétique d'Horace). Mais il utilise ces combinaisons de cercles dans ses démonstrations.

La machine du monde a été faite pour l'humanité par le meilleur architecte. Copernic regrettait que les philosophes ne

4 « Les Somnambules », p.235

5 *ibidem*, p.79

puissent connaître la véritable explication des mouvements de cette machine.

Mettre la Terre en mouvement permet d'expliquer les phénomènes, mieux cela permet d'établir l'ordre des orbes célestes et leurs dimensions, et de lier le ciel en sorte que rien ne puisse y être modifié quelque part sans altérer l'ensemble et sans y mettre un désordre total.

C'est pourquoi il a cherché un appui parmi ses prédécesseurs, au cas où certains auraient mis la Terre en mouvement.

Copernic ne cherche pas à sauver les phénomènes mais il cherche une véritable explication du monde. Ce qui est en contradiction totale avec les propos d'Osiander.

La beauté du ciel.

Le manuscrit du *De Revolutionibus* comporte une introduction au livre 1 qui n'a pas été retenue pour la publication. Alexandre Koyré l'a incluse dans sa traduction des 11 premiers chapitres du Livre 1. Ce sont des considérations métaphysiques et morales.

Copernic y affirme la beauté du ciel. L'ordre le meilleur du monde est dû à la providence, au créateur de toutes choses (*opifex omnium*).

Copernic se réfère au Psaume 91 ;

Tu me réjouis par tes oeuvres, ô Eternel! Et je chante avec allégresse l'ouvrage de tes mains.

Les philosophes ont nommé le Ciel Dieu visible (comme le Soleil dans le ch. 10).

L'astronomie, science plus divine qu'humaine, est au sommet des arts libéraux. Sa pratique n'a pas seulement une utilité pratique comme le calendrier : elle libère l'homme des vices et le pousse vers le meilleur. La contemplation de la création mène à la contemplation du Bien suprême.

Les prédécesseurs de Copernic.

Comme il l'indique lui-même dans sa Préface, Copernic n'est pas le premier à mettre la Terre en mouvement. Il cite les Grecs de l'Antiquité qui ont eu cette audace :

- Nicéas de Syracuse (en fait, Hicéas -5e siècle), Héraclite du Pont et Ecphantus (-4e siècle) faisaient tourner la Terre sur elle-même.⁶

- Philolaos (-4e siècle, disciple de Pythagore), qui faisait tourner la Terre autour du feu central, le Soleil n'étant qu'un reflet de ce feu central, idée à laquelle Platon aurait adhéree à la fin de sa vie (selon Plutarque) ;

- Aristarque de Samos (-3e siècle), surnommé le Copernic de l'Antiquité, parce qu'il fit tourner la Terre sur son axe et autour du Soleil. Copernic le cite dans son manuscrit mais pas dans l'édition imprimée.

Il a peut être connu son contemporain Celio Calcagnini, qui rédigea un petit traité intitulé : "comment le ciel se tient immobile et comment la Terre se meut". Mais Calcagnini s'en tient à l'idée d'Hicéas de Syracuse qui croyait que le Ciel et tous les astres sont immobiles. Il explique les mouvements apparents des astres par la rotation de la Terre autour d'un axe qui s'incline dans différentes directions.

Mais Copernic est le premier à avoir élaboré un modèle géométrique qu'il confronte aux observations astronomiques. Il répond aux objections contre le mouvement de la Terre, il calcule des distances des planètes au Soleil, il explique la rétrogradation des planètes.

Les disciples de Copernic.

Dans le *De Revolutionibus*, Copernic ne cite pas son seul disciple, Georg Joachim Rhéticus (1514-1574), pourtant à l'origine de l'ouvrage, lequel, découragé, ne s'occupa plus d'astronomie. Le fait de

6 Nota : L'Arabe al-Biruni (973-1050) déclare que l'Indien Aryabhata (5e siècle) a soutenu la rotation de la Terre ; mais il réfute cette hypothèse.

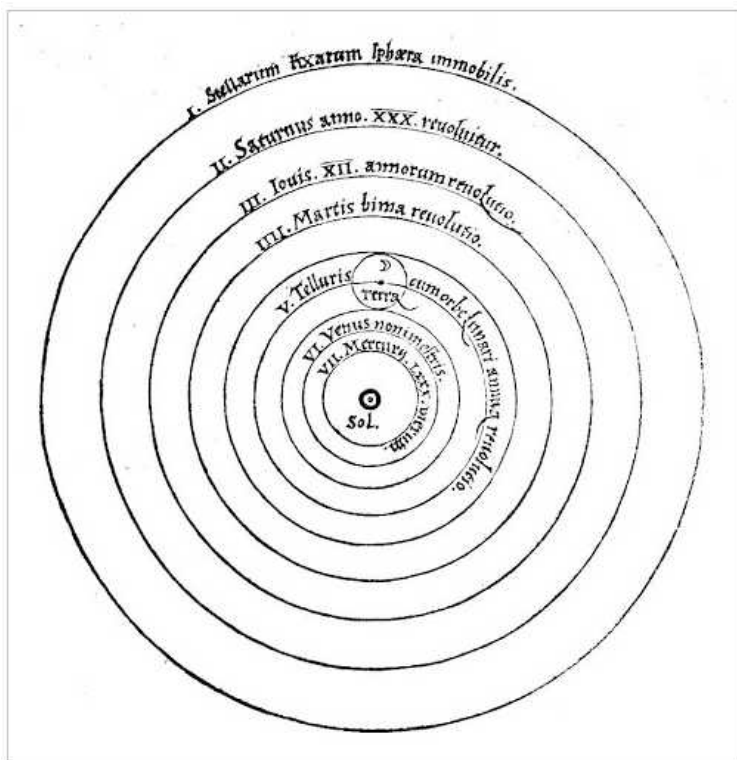
s'adresser au chef de l'église catholique explique sans doute que Copernic ne mentionne pas le protestant Rhéticus.

Les premiers tenants de l'héliocentrisme n'ont pas connu Copernic :

Michael Maestlin (1550-1631), le maître de Képler ;
Christopher Rothmann (1540-1597) ; Johannes Képler (1571-1630).

LE SYSTÈME DE COPERNIC.

L'arrangement du monde est un témoignage de l'œuvre divine⁷



⁷ « De Rev », préambule manuscrit au Livre 1 ; fin du Ch.10 à la p.10.

Copernic donne une image idéalisée de son système au chapitre 10 du « De Revolutionibus » : les orbites ne sont pas à l'échelle et il omet les épicycles mineurs.

Ce schéma aurait pu suffire. En effet, Platon recommandait de considérer "les ornements du ciel" (les astres) comme les plus beaux et les plus parfaits objets de leur ordre "sans devoir s'attarder à les étudier dans le détail" car les corps célestes visibles ne sont que les reflets imparfaits de modèles idéaux et éternels⁸.

Dans cet esprit, notre système solaire est aussi harmonieux que puisse l'être un objet du monde sensible. Mais en tant que parties du monde corporel, les planètes présentent des irrégularités dans leurs mouvements. En vrai scientifique, Copernic ne les néglige pas.

Les avantages.

1 - Unité du monde.

La Terre est de même nature que les planètes. Elle est l'une des planètes. Son mouvement est décrit de la même façon que celui des autres planètes. La dualité Ciel Terre disparaît. Seuls les corps terrestres étaient pesants : Copernic généralise cette pesanteur au Soleil et aux autres planètes, chacun exerçant cette tendance en direction de son centre. Mais Copernic ne formule pas l'idée d'attraction mutuelle entre les corps célestes.

2 - Simplicité du système

Rotation de la Terre sur son axe et immobilisation de la sphère des Fixes. Ptolémée la faisait tourner en 24 heures, bien plus vite que la sphère de Saturne qui tourne en 30 ans.

Un ensemble de sept cercles autour du Soleil : un cercle pour chaque planète (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter et Saturne) plus un cercle pour la Lune. Les planètes les plus proches du Soleil tournent plus rapidement que les planètes plus lointaines du Soleil.

De plus, le Soleil placé au centre "peut éclairer tout à la fois" et retrouve le rôle prépondérant que lui attribuaient les Anciens ("Esprit du Monde"). Ce qui est moins évident si, comme Ptolémée, on le place entre Vénus et Mars. Cet argument relève de l'esthétique. Mais

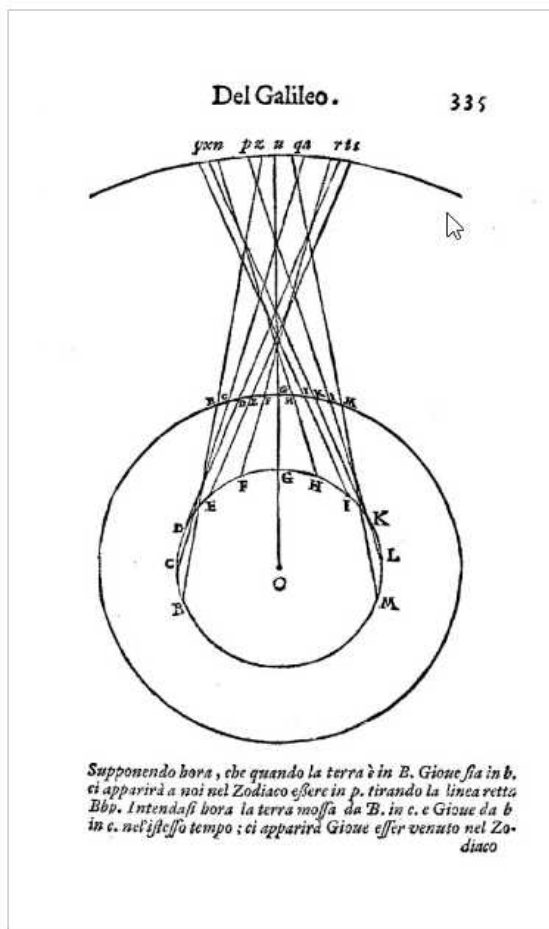
8 « La République », Livre 7, 529

Copernic n'attribue pas de rôle moteur au Soleil : le Soleil "gouverne la famille des astres qui l'entoure"⁹. Ses successeurs iront plus loin : pour Kepler, le Soleil entraîne les planètes par une force de nature magnétique ; pour Newton, le Soleil retient les planètes autour de lui par l'attraction de sa masse prépondérante.

3- Explication des stations et des rétrogradations des planètes :

Ces mouvements sont des apparences dues à la révolution de la Terre autour du Soleil. Copernic peut supprimer les épicycles destinés à expliquer ces mouvements.

9 « De Rev », Ch. 10, p.9v



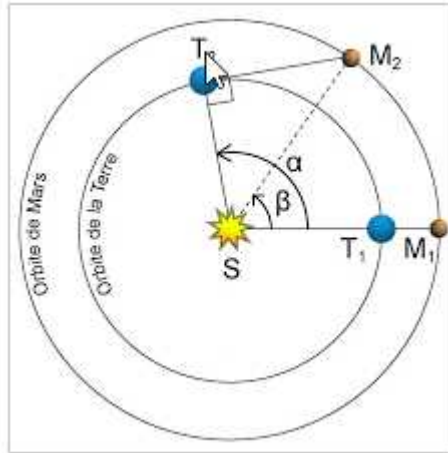
4 -Échelle du Système Solaire :

Il donne les premières valeurs correctes des distances relatives des planètes, en nombre de fois la distance Terre-Soleil (ce que nous appelons l'Unité Astronomique ou UA) ; de plus, il entrevoit une relation de proportionnalité entre les périodes de révolution et les distances au Soleil.

Rayon orbite prop à période x ;

Kepler trouvera cette relation. Rayon orbite prop à période $3/2$.

Planètes supérieures :

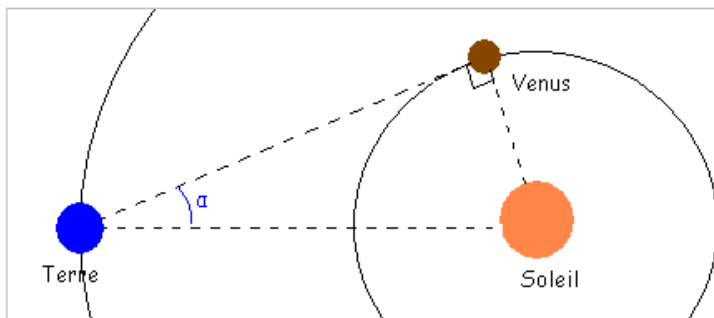


A l'opposition et à la conjonction, le Soleil, la Terre et la planète sont sur une ligne droite : S-T1- M1.

A la quadrature suivante, la Terre T2 forme un angle droit avec le Soleil S et la planète M2. A ce moment- là, un observateur placé sur la planète verrait la Terre à sa plus grande distance angulaire du Soleil. Pour lui, le rayon de l'orbite terrestre sous tendrait l' angle $\alpha-\beta$. La distance de la planète est égale à l'inverse du sinus de l'angle $\alpha-\beta$.

Il est plus facile de déterminer le moment de l'opposition que celui de la conjonction. A l'opposition, la Terre est entre le Soleil et la planète. La planète se lève au coucher du Soleil et brille toute la nuit. A la conjonction, le Soleil est entre la Terre : la planète est alors difficile à observer car elle est proche du Soleil. Il n'est pas facile de déterminer le moment où la Terre est en quadrature. Copernic utilisa des observations voisines de la quadrature.

Planètes inférieures :



A l'élongation maximale, la planète est pour nous à sa plus grande distance angulaire du Soleil. Sa distance au Soleil est égale au sinus de cet angle α .

Les distances obtenues sont des multiples de la distance de la Terre au centre du Soleil. Théoriquement du moins, parce qu'elles sont mesurées par rapport au centre de l'orbite terrestre qui ne coïncide pas avec le centre du Soleil.

Jacques Gapaillard remarque que ces distances sont mentionnées par Ptolémée dans son *Almageste*. Pour les planètes Mars, Jupiter et Saturne, l'épicycle correspond à l'orbite terrestre. Pour Mercure et Vénus, c'est le déférent qui correspond à l'orbite terrestre. Ptolémée calcule les rapports entre les déférents et les épicycles et trouvent les valeurs qui correspondent aux distances des planètes dans le système copernicien. (Et pourtant elle tourne, p.78).

Kepler illustre cela dans son *Secret du Monde* (1596). Ce schéma montre l'ordre des sphères célestes, le rapport des orbes et des épicycles...selon l'opinion des anciens. En prenant les mesures à la règle graduée, on constate que les rapports des rayons des déférents (distances de la Terre à la circonférence du déférent) sur les rayons des épicycles donnent bien les distances des planètes au soleil dans le système copernicien.

Mais ces résultats ne signifient pas grand-chose dans le système géocentrique de Ptolémée.

Dans sa description générale du Système solaire, Copernic est guidé par «des considérations d'harmonie»¹⁰. La parfaite organisation du monde témoigne de la perfection du Créateur¹¹. On doit retrouver la structure du monde à partir de la symétrie qui existe entre ses parties de la même façon qu'on obtient un corps harmonieux à partir de membres pris çà et là, pourvu qu'ils soient proportionnés à un même corps¹². Tout est lié dans le Ciel : on ne peut déplacer aucune partie du monde sans entraîner la confusion dans tout l'ensemble¹³. Le Soleil est immobile au centre de la sphère des Fixes, elle-même immobile. Les six planètes tournent autour du Soleil, les plus proches plus rapidement que les plus lointaines. Mais pour concevoir ce système héliocentrique, l'observateur doit quitter la Terre - du moins par la pensée - pour se rendre au centre du monde¹⁴.

Les inconvénients.

En vertu du "principe du mouvement parfait" (préambule du *Commentariolus*), les mouvements planétaires se font sur des cercles ou sur des combinaisons de cercles. Copernic donne à ce principe la même importance qu'à l'hypothèse de la « mobilité de la Terre »¹⁵.

Pour rendre compte de la variation annuelle de la marche apparente du Soleil (et de l'inégalité des saisons), il place le Soleil D à côté du centre E de l'orbite terrestre (excentrique) : la distance angulaire du Soleil au centre est de 1°56' ; la distance linéaire est de 1/31 de la distance Terre-Soleil.¹⁶

10 A.Koyré, « Les étapes de la cosmologie » in « études d'histoire de la pensée scientifique », TEL Gallimard.

11 « De Rev », « Préface au Pape », p.IIIv ; préambule manuscrit au Livre 1 ; fin du Ch.10, p.10

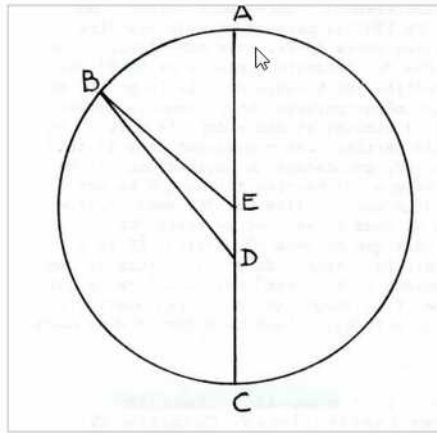
12 « De Rev », « Préface au Pape », p.IIIv ; souvenir des cours de médecine.

13 idem, p.III

14 Szczeciniarz, « Copernic et la Révolution copernicienne », p.202 et 222

15 « De Rev », Livre 5, Ch 10, p.151 : « notre hypothèse de la mobilité de la Terre et de l'uniformité ».

16 Soleil proche du centre de l'orbite terrestre : Livre 1, ch 11, p 10v ; distance entre le soleil et le centre de l'orbite terrestre : Livre 3, fin ch 16, p88v



Le véritable centre du monde n'est pas le Soleil mais le centre de l'orbite terrestre. Dans son examen des mouvements planétaires, Copernic prend comme point central de référence non pas le soleil mais le centre de l'orbite terrestre. Kepler reproche à Copernic le centre de l'orbite terrestre comme la base véritable du système planétaire (Secret du monde, chapitre 1, note 14).

Copernic explique les écarts entre le mouvement moyen (circulaire) et le mouvement vrai (elliptique chez Képler) : la distance de la Terre B au Soleil B varie entre une distance maximale DA et une distance minimale DC, qu'il continue à nommer respectivement apogée et périégée bien qu'elles ne se rapportent plus au globe terrestre. Le mouvement de la Terre est uniforme sur le cercle de centre E mais son mouvement est inégal par rapport au Soleil D. Notons que dans l'orbite elliptique de Kepler, les aires décrites dans des temps égaux sont égales.

D'autres combinaisons de cercles sont nécessaires pour expliquer la précession des équinoxes (en presque 26 000 ans), la variation de l'excentricité (en 3 400 ans environ) et le mouvement de la ligne des apsides (en 53 000 ans environ). Mais toutes ces inégalités sont dues au mouvement de la Terre et non pas à des sphères supplémentaires à celle des étoiles fixes.

Pour rendre compte des inégalités dans les mouvements des planètes, Copernic est également obligé d'utiliser des combinaisons de cercles. Voir mouvements des planètes.

Copernic ne donne aucune explication physique à ces combinaisons de cercles. Il se contente d'évoquer les sphères célestes qui emportent les planètes. Comme Ptolémée, il fait une description géométrique des mouvements planétaires ; c'est de la cinématique. Par contre, les ellipses permettent une explication physique : théorie magnétique de Kepler, tourbillons de Descartes (qui parle d'ovales) ou gravitation de Newton. Les mouvements sont expliqués par des forces ; c'est de la dynamique.

LES MOUVEMENTS DE LA TERRE

Arguments en faveur de la rotation de la Terre (ch. 8).

- Relativité du mouvement. La Terre est fixe alors que le Ciel tourne d'est en ouest ; le Ciel est fixe alors que la Terre est en rotation d'ouest en est : ces deux propositions sont équivalentes car elles produisent les mêmes apparences¹⁷. Le mouvement de la Terre n'est pas perceptible, sinon par le mouvement apparent du Ciel en sens inverse. Copernic prend l'exemple du bateau sur une mer calme¹⁸, exemple repris par Galilée, Descartes et Newton.

- Il est plus facile de faire tourner la Terre sur elle-même étant donné sa petitesse, que de faire tourner le Ciel. Il faudrait donner au ciel une vitesse incroyable, étant donné ses dimensions¹⁹. Appliquant au ciel les effets de la force centrifuge qu'on attribuait à la rotation terrestre, Copernic fait gonfler la sphère céleste sous l'effet de sa rotation : plus le rayon de la sphère céleste s'agrandit, plus il faut lui attribuer une vitesse linéaire importante car sa vitesse angulaire de rotation reste la même (24 heures) : si le rayon du Ciel devient infini, sa vitesse devient aussi infinie, ce qui équivaut à l'immobilité. Cet argument sera appelé l'Achille des Coperniciens par Riccioli : c'est-à-dire que grâce à cet argument, les coperniciens sont sûrs de gagner (comme les Grecs étaient sûrs de vaincre les Troyens avec leur héros Achille). Camille Flammarion reprend cet argument dans son

17 « De Rev » p.6

18 « De Rev », Ch 8, p.6

19 « De Rev », p.5v ; voir aussi Ch 6, p.4v

Astronomie Populaire : il faut ou bien obliger tout l'univers à tourner autour de nous chaque jour, ou bien supposer notre globe animé d'un mouvement de rotation sur lui-même et éviter à l'univers entier cet incompréhensible travail (p.67-68).

- La Terre tourne parce qu'elle est ronde²⁰. Sa rotation est un mouvement naturel et différent des mouvements circulaires des machines. Donc, le mouvement circulaire de la Terre ne produit pas d'effet centrifuge capable de soulever les objets au-dessus du sol, crainte qu'il attribue à Ptolémée, lequel évoquait une chute rectiligne de la Terre²¹.

Le mouvement de chute vertical se compose avec le mouvement latéral dû à la rotation de la Terre.²² Projetée vers le haut, une pierre conserve le mouvement circulaire et retombe au lieu d'où elle est partie. La Terre ne se dérobe pas sous un objet pendant qu'il est en l'air ; comme on le croyait, faisant qu'il retombe à l'ouest de son point de départ²³.

*"Il convient de reconnaître que par rapport au monde (la Terre), le mouvement des corps qui montent et qui descendent est double, absolument composé du rectiligne et du circulaire."*²⁴.

La Terre possède le mouvement circulaire ; les parties de la Terre "séparées de leur totalité" possèdent en outre le mouvement rectiligne de chute ou d'ascension, en sorte que "*le <mouvement> circulaire coexiste avec le rectiligne comme le vivant avec le malade*"²⁵. Les mouvements rectilignes des parties (mouvements accidentels) affectent le mouvement de rotation de la Terre autour de son axe (mouvements naturels), de la même façon que l'état de maladie (état accidentel) affecte l'animal dans son état naturel.

20 « De Rev », p.6 ; cf Ch 4

21 « Almageste », 1,7

22 En physique aristotélicienne, on ne peut composer un mouvement circulaire avec un mouvement rectiligne.

23 « Almageste », 1,7

24 « De Rev », p.6

25 « De Rev », p.6v

Galilée reconnaît dans le mouvement circulaire uniforme un mouvement inertiel qui, une fois acquis, ne s'arrête jamais²⁶. Un boulet de canon tiré verticalement ajoute son mouvement autour du centre (« *le mouvement universel de la Terre vers l'est* ») à son mouvement vertical, si bien qu'il se maintient constamment au-dessus du canon²⁷.

Pour Copernic, l'air (du moins la partie la plus proche du sol) participe à la rotation de la Terre (à laquelle est jointe l'élément aqueux, c'est-à-dire les mers et les océans), parce qu'il est de la même nature que la Terre (« *mélangé* » avec l'élément terre qui possède naturellement ce mouvement circulaire), ou parce qu'il a "*acquis*" ce mouvement²⁸.

Arguments en faveur de la révolution de la Terre.

La sphère céleste est coupée en deux parties égales par l'horizon. Le rayon de la Terre est si petit que les lignes partant du centre de la Terre se confondent avec celles partant de la surface terrestre où se trouve l'observateur. Par conséquent, le Ciel est immense par rapport à la Terre²⁹.

Ptolémée en déduisit que la Terre est au centre du monde ; mais on a le même effet si la Terre n'est plus au centre du monde, mais proche de celui-ci³⁰.

Dans le manuscrit du Ch. 6, Copernic établit un parallèle entre la taille des atomes, imperceptible, et celle des corps qu'ils composent, avec la taille de l'orbite de la Terre, infime par rapport à celle de la sphère des fixes.

26 « Dialogue sur les deux grands systèmes du monde », 1632, 1^{ère} journée, p.53

27 « Dialogue sur les deux grands systèmes du monde », 1632, 3^e journée, p.200

28 « De Rev », p.6

29 « De Rev », Ch 6, p.4

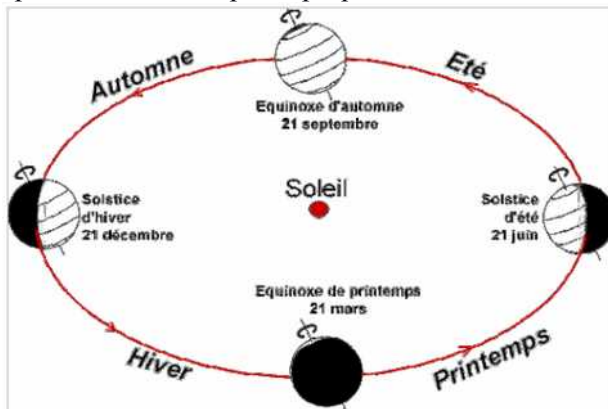
30 « De Rev », Ch 6, p.4v

La révolution de la Terre ne produit aucun déplacement apparent des étoiles fixes ; aujourd'hui, on dirait qu'il n'y a aucun effet de parallaxe³¹. Cela s'explique parce que la distance de la Terre au Soleil est très petite comparée à la grandeur de la sphère des Fixes. Chez Ptolémée, la sphère de Saturne touche la sphère des Fixes ; chez Copernic, un espace immense les sépare.

Par contre, les irrégularités qu'on observe dans les mouvements des planètes s'expliquent bien si la Terre n'occupe pas le centre de leurs révolutions : les planètes peuvent s'approcher et s'éloigner de la Terre tout en décrivant des cercles autour du Soleil³².

Le troisième mouvement de la Terre³³.

Copernic commence par expliquer les saisons.



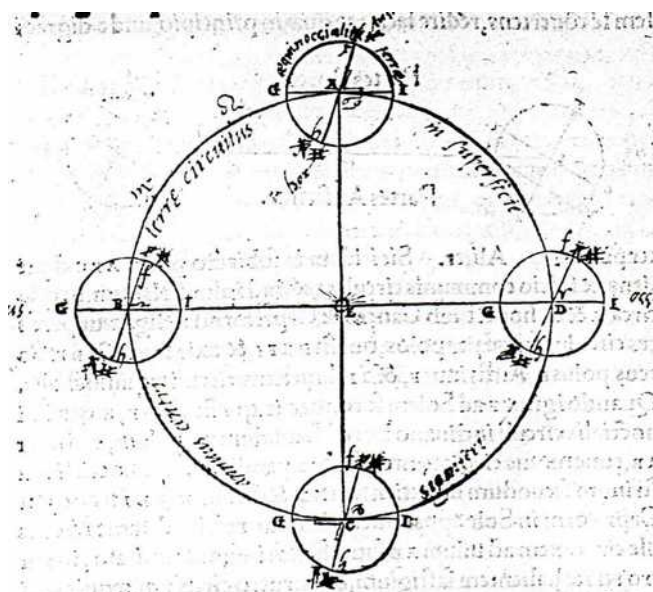
Le schéma moderne permet de comprendre celui de Copernic.

En se déplaçant autour du Soleil, l'axe de rotation de la Terre regarde toujours dans la même direction par rapport aux étoiles fixes (l'étoile polaire), ce qui explique les saisons. Le 21 juin, le pôle nord est orienté vers le soleil ; c'est l'été pour l'hémisphère nord. Le 21 décembre, le pôle nord est orienté dans la direction opposée, c'est l'hiver pour l'hémisphère nord.

31 « De Rev », Ch 10, p.10

32 « De Rev », Ch 11

33 « De Rev », Ch 11



Le schéma de Copernic manque de clarté. Le cercle ABCD de centre E est l'écliptique, la trajectoire de la Terre autour du soleil E. Le cercle FGHI est l'équateur du globe terrestre, dans le plan de la page. Le diamètre GAI est l'intersection de l'écliptique et de l'équateur. Le diamètre FAH est perpendiculaire au cercle GAI. La lettre F est *la limite de la plus grande déclinaison <de l'équateur> vers le sud* (en dessous du plan de la page) et H *la limite vers le nord* (au-dessus du plan de la page).

En B et en D, ce sont les équinoxes et, comme dit Copernic, toute l'inclinaison est sur les côtés. L'équateur terrestre GAI est dans le plan de l'écliptique BED. Les jours sont égaux aux nuits. Le diamètre FDH est toujours perpendiculaire au plan de l'équateur GDI mais est incliné ici à cause de la perspective. Quand la Terre est en B, on voit le Soleil E dans la constellation du Bélier (équinoxe de printemps pour l'hémisphère nord).

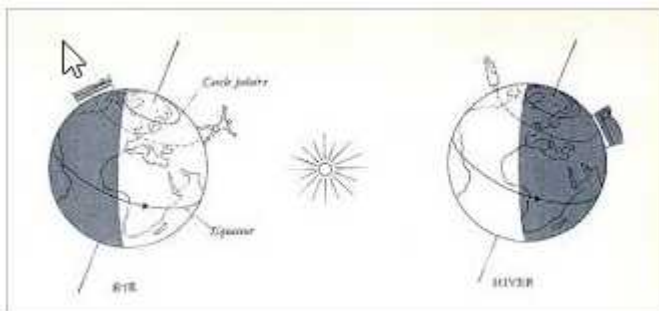
Les solstices sont en A (21 décembre) et en C (21 juin). Aux solstices, l'équateur est à son inclinaison maximale par rapport à l'écliptique, vers le sud au solstice d'été en C, vers le nord au solstice d'hiver en A.

Curieusement, Copernic donne pour les équinoxes et les solstices les constellations du temps des Grecs de l'Antiquité : Bélier pour l'équinoxe de printemps et Balance pour l'équinoxe d'automne ; à l'époque de Copernic, du fait de la Précession des équinoxes, les solstices se produisaient dans les Poissons pour le printemps et dans la Vierge pour l'automne.

Copernic donne un 2e schéma plus explicite :



L'axe DF de rotation de la Terre est incliné sur le plan de l'écliptique. L'équateur de la Terre est GI. KL et MN sont les Tropiques. En C, le Pôle Nord D est orienté vers le soleil qui passe à la verticale du tropique du Cancer M (l'hémisphère nord). En A, le Pôle Nord D est à l'opposé du soleil qui passe à la verticale du tropique L du Capricorne (l'hémisphère sud). Le schéma ci-dessous est l'équivalent moderne de celui de Copernic.



Outre la rotation diurne et la révolution annuelle, Copernic attribue un 3e mouvement à la Terre. L'axe de la Terre est fiché dans l'orbe solide qui entraîne la Terre autour du Soleil, sans que cela gêne

la rotation terrestre. La sphère de l'orbe annuelle tourne en une année et pendant ce temps, l'axe devrait décrire un cône.

Dans ce cas, chaque lieu de la surface terrestre ne connaîtrait qu'une saison unique. Il faut donc donner à cet axe un mouvement conique en sens contraire à celui de la révolution terrestre pour que l'axe conserve toujours la direction de l'étoile polaire, et afin de préserver l'alternance des saisons. Ce mouvement conique compense la révolution de la Terre et l'axe semble immobile.

Mais cette compensation n'est pas exacte. La différence fait que l'axe décrit un autre mouvement conique, en une période beaucoup plus longue (quelques 26 000 ans) : ce qui permet à Copernic d'expliquer la précession des équinoxes alors qu'on l'attribuait à un mouvement propre des étoiles, ce qui nécessitait l'ajout d'une 9e sphère, placée au-dessus de la sphère des fixes (la 8e sphère). Copernic revient en détail sur ce mouvement de Précession des équinoxes dans le livre 3 où il explique comment s'opère ce mouvement.

Depuis, on a appris qu'une sphère en rotation comme la Terre n'a aucune raison de changer la direction de son axe de rotation, à moins d'y être contrainte par une force extérieure. Ce 3e mouvement est donc inutile pour expliquer que l'axe terrestre pointe toujours l'étoile polaire.

Galilée propose l'expérience suivante³⁴: il place une balle dans un récipient rempli d'eau. En faisant tourner le récipient, on voit que la balle tourne en sens inverse du récipient mais dans la même période. En fait, la balle ne tourne pas mais regarde toujours la même direction. La Terre est un globe suspendu dans un air ténu et est dans la même situation que la balle : son axe est toujours orienté dans la même direction.

Par contre, il faut noter que Copernic attribue correctement la précession des équinoxes à la Terre et non au ciel. Isaac Newton

34 « Dialogue sur les deux grands systèmes du monde », 1632, 3e Journée,

donnera une explication physique à ce mouvement conique : la Terre n'est pas parfaitement sphérique ; les attractions du Soleil et de la Lune sur le bourrelet équatorial provoquent ce mouvement conique de l'axe de la Terre.

RÔLE CENTRAL DU SOLEIL

Le Soleil est la lampe qui éclaire le monde : il gouverne la famille des planètes mais ne meut pas les planètes. Copernic emploie « *des formules toutes pythagoriciennes* »³⁵ en parlant du Soleil comme le Dieu visible³⁶, et du monde comme un "*temple immense*" qui reflète la perfection divine³⁷.

*"Il l'adore et presque le divinise"*³⁸

Par contre, Rhéticus donne au Soleil un rôle moteur : le Soleil "*est au principe du mouvement et de la lumière*"³⁹

Copernic reprend à son compte l'hymne au Soleil écrite par Pline l'Ancien dans le 2e Livre de son Histoire Naturelle⁴⁰:

Celui-ci plaçait le Soleil au milieu de 6 planètes (Lune, Mercure, Vénus, Soleil, Mars, Jupiter et Saturne, la Terre restant au centre de leurs révolutions). Les paroles de Pline prennent un sens nouveau dans l'héliocentrisme ("au milieu" en particulier).

Pline : "Au milieu d'elles <les planètes> se meut le Soleil...qui régit les astres eux-mêmes et le ciel. En considérant ses oeuvres, on apprend que c'est lui l'âme du monde ou plus exactement l'esprit du monde, la règle première et la divinité du monde ; il apporte la

35 Hélène Védrine, « la nouvelle image du monde », Ch 2 de François Chatelet, « Histoire de la philosophie », Pluriel, t3, p.58

36 Copernic aurait été contrarié s'il avait connu l'existence des tâches solaires ! Quand il les découvrit en 1610, le père Scheiner préféra croire à des planètes plutôt que d'introduire une « insulte » au Soleil.

37 « De Rev », Livre 1, Ch 10

38 A. Koyré, introduction à sa trad du « De Rev », éd. Pergame, p22.

39 « Narratio Prima », X .

40 §13

lumière aux choses et enlève les ténèbres...Il prête sa lumière aux autres astres ; illustre, excellent, omnivoyant, entendant tout..."

Copernic : "Au milieu de toutes réside le Soleil. En effet, dans ce temple splendide, qui placerait ce luminaire dans un autre et dans un meilleur lieu que celui d'où il peut tout éclairer à la fois ?

*Si du moins ce n'est pas improprement que certains l'appellent lampe du monde, d'autres esprit du monde, d'autre celui qui régit le monde. Trismegiste le nomme Dieu visible, l'Electre de Sophocle l'omnivoyant. Certes, en étant ainsi placé sur le trône royal, le Soleil dirige la famille des astres mus autour de lui."*⁴¹

LES SPHERES CELESTES

Le Monde est une sphère.

Le monde est sphérique, comme le sont ses parties, le Soleil et les planètes⁴². L'orbe des Étoiles Fixes "*contient toutes choses et leur donne un lieu*"⁴³ : Copernic ne dit rien sur l'épaisseur de cet orbe.

Il refuse de se prononcer sur la finitude ou l'infinitude de l'Univers. Il ne pensait pas, comme Platon ou Aristote, qu'à l'extérieur de la sphère des étoiles fixes, il n'y a rien, ni espace, ni matière : en effet, le néant contiendrait quelque chose.

C'est pourquoi le Ciel peut être fini sur sa surface convexe et infini sur sa concavité. Dans ce cas, il est nécessairement immobile. Mais il laisse aux "*physiologues*" la question de savoir si l'univers est fini ou infini⁴⁴.

Au chapitre 10, la sphère des étoiles fixes « *se contient elle-même et contient tout* », et, en étant immobile, est le « *lieu de toutes*

41 « De Rev », p.9v.

42 « De Rev », Ch 1 ; Ch.5 ; p.3v

43 « Commentariolus »

44 « De Rev », Ch.8, p.5v-6

choses ». Même si l'épaisseur de la sphère est infinie, le monde de Copernic est fini, délimité par la concavité de la sphère céleste.⁴⁵

La sphère étoilée, immobile, est le référentiel des mouvements planétaires⁴⁶.

Jean Jacques Szczeciniarz qualifie cette sphère céleste d'espace absolu, parce qu'elle est immobile et que, se contenant elle-même, elle n'est pas conditionnée par autre chose⁴⁷. Certes, cette sphère semble correspondre à la définition que Newton donne de l'espace absolu (« *sans relation à quoi que ce soit d'extérieur, restant toujours semblable et immobile* »)⁴⁸.

Mais Newton pense plutôt à un espace vide, infini et isotrope : pour lui, contrairement à Copernic, « *les étoiles fixes sont dispersées de façon régulière dans toutes les parties de l'espace* »⁴⁹.

Les sphères célestes sont-elles matérielles ?

Copernic parle des "orbes célestes" comme s'ils étaient matériels. Par exemple, il évoque l'orbe ou la sphère qui existe entre la convexité de l'orbe de Vénus et la concavité de l'orbe de Mars et qui contient la Terre et la Lune⁵⁰. Ou : "*Il y a plusieurs mouvements dus à plusieurs sphères*"⁵¹. Ou encore : "*sphère des étoiles attachées*"⁵². Nous avons vu qu'un troisième mouvement de la Terre découle de la solidité de la sphère qui emporte la Terre autour du Soleil.

45 cf A. Koyré, « Du monde clos à l'univers infini », TEL Gallimard, p. 51-52.

46 « De Rev », Ch10, p.9

47 « Copernic et la révolution copernicienne », p.248

48 « Principia », 1726, p.6

49 ibidem, p.410. Le « principe copernicien » des cosmologistes (il n'y a pas de région singulière dans l'Univers) porte bien mal son nom. Chez Copernic, la sphère céleste constitue une singularité dans une « plénitude » infinie.

50 « De Rev », Ch 10

51 « De Rev », Ch 4

52 "adhaerentium stellarum sphaera" ; « De Rev », Livre 5, Ch 9

Le mouvement circulaire étant naturel à la sphère, les sphères célestes n'ont donc pas besoin d'être en contact pour s'entraîner les unes aux autres, ni la sphère de Saturne de toucher la sphère des fixes pour être entraînée par elle (comme chez Aristote).

Mais dans ses démonstrations, Copernic n'utilise pas des sphères concentriques (comme le fit Eudoxe) mais seulement les cercles tracés sur ces sphères (déférents et épicycles) : difficile de savoir si, en physicien, il pensait à des sphères matérielles - faites d'éther, comme chez Aristote - ou si, en géomètre, il pensait à des sphères imaginaires -comme Eudoxe.

Les combinaisons de cercles utilisés par Copernic pour décrire les mouvements planétaires plaident pour une immatérialité des sphères : comment un épicycle peut-il tourner sur la circonférence d'un déférent tout en le traversant.

Mais l'explication qu'il donne du 3^e mouvement de la Terre ne se comprend que s'il imaginait l'axe terrestre fixé dans une sphère en rotation autour du Soleil.

LES PLANÈTES

Différence entre les étoiles et les planètes⁵³.

Les planètes réfléchissent la lumière du Soleil. Copernic indique que dans le système de Ptolémée, on ne devrait voir qu'un croissant de Vénus ou de Mercure⁵⁴ sans préciser que dans le sien, on devrait voir des phases identiques à celles de la Lune. Il faudra attendre la lunette de Galilée pour le constater (1610). Galilée reprend cet argument⁵⁵.

53 « De Rev », ch. 10)

54 « De Rev », p.7v

Copernic met en parallèle la différence entre la lumière des étoiles (scintillation) et celle des planètes (pas de scintillation) avec la différence entre les objets mus, les planètes, et les objets non mus, les étoiles⁵⁶.

Aristote expliquait ainsi cette scintillation : en contemplant les étoiles, notre regard porte plus loin qu'en contemplant les planètes plus proches⁵⁷. Avec Copernic, un espace immense sépare la sphère de Saturne de la sphère des fixes : notre regard porte donc encore plus loin. Mais il ne dit pas si la lumière des étoiles leur est propre.

Le Ciel est plus noble que la Terre et les planètes parce qu'il est immobile alors qu'elles se déplacent⁵⁸. L'immobilité est un caractère de noblesse : Copernic réutilise cette idée déjà énoncée par Platon⁵⁹.

Les planètes divinisées.

Dans son manuscrit, Copernic parle "*des révolutions du monde divin*" et de "*corps divins*"⁶⁰. Dans l'édition imprimée, il écrit simplement : "*corps célestes*".

Il s'agit sans doute d'un souvenir de Ptolémée qui écrit dans l'Almageste : "*êtres divins et célestes*"⁶¹, expression que reprend Rhéticus⁶². Pour Copernic, les corps célestes "*sont constitués dans l'arrangement le meilleur*"⁶³. Il écrit à propos de Mercure : la théorie du mouvement de cette planète doit la défendre « *du dommage et des*

55 « Dialogue sur les deux grands systèmes du monde », 1632, 3e Journée, p.351

56 « De Rev », p.10

57 "Du ciel", II,8

58 « De Rev », Livre 1, Ch 8

59 « Le Politique », 269d

60 « De Rev », début du Livre 1

61 « *divinis corporibus* », « De Rev », Préambule au Livre 1 ; Ptolémée, « Almageste », I, 1.

62 « Narratio Prima », X.

63 « De Rev », préambule manuscrit au Livre 1 ; Ch 4, p.3

occasions de dégradation »⁶⁴, preuve de la pureté qu'il accorde aux planètes.

On pensait, depuis Aristote, que les planètes et les étoiles sont inaltérables et d'une nature différente du monde sublunaire. Par contre, la Terre était le lieu le plus impur du monde, ce qui niera Galilée : « *elle n'est pas la sentine de l'ordure et des déchets du monde* »⁶⁵.

Mais Copernic fait de la Terre l'une des planètes⁶⁶. Or, la Terre est le lieu du changement et de la dégradation. Comment concilier ces deux caractères contradictoires de la Terre ? Si Copernic affirme que la Terre produit plantes et animaux parce qu'elle est fécondée par le Soleil⁶⁷, il n'aborde pas ce caractère contradictoire entre la nature divine et la nature corruptible de la Terre.

Mais il reste une distinction entre le Ciel plus noble en raison de son immobilité, et les planètes moins nobles car sujettes aux mouvements.

L'Anglais Thomas Digges (1576) continue de faire de la Terre un corps impur : "*La sphère des éléments comprise dans l'orbe de la Lune, je l'appelle la sphère de la Mortalitéé, parce que c'est l'empire particulier de la Mort.*"

Mouvements des planètes supérieures.

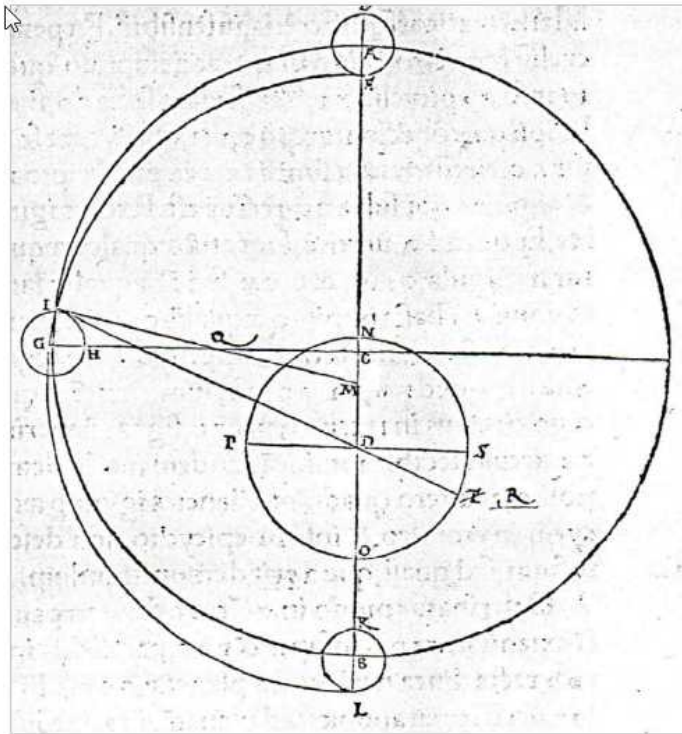
Les *trois planètes supérieures* (Mars, Jupiter et Saturne) *entourent la Terre*. Et la Terre entoure les deux autres (Mercure et Vénus). Livre 5, ch. 20, p 160r

64 « De Rev », Livre , Ch.25, p.164v.

65 « Messenger céleste », p.22

66 par ex. au début du Ch 9 : "ut possit <Terra> una errantium syderum existimari", "en sorte que la Terre puisse être considérée comme l'une des planètes"

67 « De Rev », Ch 10, p. 9v



Les 3 planètes supérieures sont traitées de la même manière. Une planète supérieure décrit un petit cercle EF ou KL (épicycle) dont le centre A ou B décrit la circonférence AGB d'un grand cercle de centre C (le déférent). Mais le centre de ce cercle excentrique est décalé par rapport au centre D de l'orbite terrestre, proche du Soleil : l'excentricité mesure la distance entre les deux centres. La planète sur son épicycle et le centre de l'épicycle tournent dans le même sens et durant la même période. Chez Ptolémée, les périodes de révolutions sur le déférent et sur l'épicycle sont différentes : planètes inférieures : déférent en 1 année terrestre, épicycle en 1 révolution synodique ; planètes supérieures : déférents en 1 révolution sidérale de la planète, épicycle en 1 année terrestre). D'autres cercles étaient nécessaires pour expliquer les écarts au nord et au sud de l'écliptique.

Les orbites elliptiques de Kepler rendront caduques ces combinaisons de cercles.

Ce qui est novateur chez Copernic, c'est l'explication des mouvements apparents des planètes. Les révolutions synodiques des planètes s'expliquent par les mouvements des planètes observés depuis une Terre mobile. Le retour à une même configuration est le résultat des mouvements combinés des planètes et de la Terre. Copernic appelle périégée la distance minimale entre la Terre et une planète (opposition pour une planète supérieure) ; l'apogée est leur distance maximale (conjonction pour une planète supérieure : sur la figure, la Terre en R, le Soleil en E et la planète en I sont sur une même ligne ; la planète est au plus loin par rapport à la Terre ; vue de la Terre, la planète est en conjonction par rapport au Soleil).

A ne pas confondre avec les distances minimale et maximale d'une planète par rapport au Soleil que Kepler nommera périhélie et aphélie. Copernic les nomme périégée et apogée de l'excentrique, ou ligne FDL des apsides de l'excentrique, où L désigne l'apside inférieure et F l'apside supérieure.

Méthode

Copernic prend 3 observations décrites par Ptolémée. Il s'agit de 3 oppositions : la planète est sur une ligne qui la relie à la Terre et au Soleil, la Terre se trouvant entre le soleil et la planète : le soir, la planète se lève à l'est alors que le soleil se couche à l'ouest. Il trace une orbite héliocentrique (la planète tourne autour du Soleil ou plus exactement autour du centre de l'orbite terrestre), en tenant compte du mouvement apparent de la planète (c'est-à-dire son mouvement mesuré à partir de la Terre elle-même en mouvement).

Copernic construit l'orbite en utilisant les paramètres calculés par Ptolémée : valeur de l'excentricité, rayon de l'épicycle, position de la ligne des apsides par rapport aux étoiles fixes). La planète se meut sur un petit épicycle dont le centre se déplace sur la circonférence de l'excentrique (l'épicycle ne représente plus le mouvement synodique comme chez Ptolémée).

Les points A, G et B du centre de l'épicycle suivent le mouvement moyen sidéral de la planète. Les positions F, I et L représentent le mouvement apparent de la planète vue depuis la Terre

en mouvement. Il trace ensuite l'orbite terrestre PORS, mais pas à l'échelle, ce qui lui permet de placer les positions relatives de la planète et de la Terre (l'opposition en I et la conjonction en R sur la ligne IDR reliant la planète I, le soleil D et la terre R) et d'expliquer la révolution synodique. Il constate que l'orbite construite répond aux observations. Il utilise la même méthode avec 3 observations contemporaines (les siennes ou celles d'autres astronomes).

A cause des mouvements égaux sur l'épicycle et sur le déférent, la planète ne décrit pas un cercle parfait mais un cercle presque parfait. (p 142v) : ce cercle presque parfait est la courbe FIL.

Copernic est à la fois novateur (héliocentrisme) et traditionnel (combinaisons de cercles; confiance aux observations antiques).

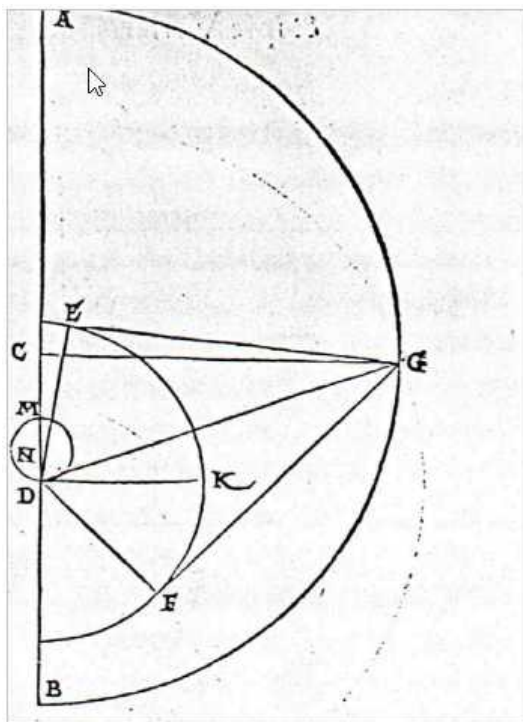
Mouvements des planètes inférieures.

Copernic utilise une autre combinaison de cercles pour les autres planètes. Il reprend, dit-il, les données provenant des observations de Ptolémée pour les adapter à notre hypothèse de la mobilité de la Terre (Livre 5, ch.20, p 160r).

Prenons l'exemple de Vénus (Livre 5, ch.20). La Terre tourne sur l'orbite AGB de centre C et Vénus sur l'orbite EKF de centre D. Quand la Terre est en G et Vénus en E et en F, Vénus est en élongation maximale par rapport au Soleil. Le centre D de l'orbite vénusienne tourne sur le petit cercle DNM. Quand la Terre est sur le prolongement de la ligne des apsides de Vénus, en A ou en B, le centre de l'orbite vénusienne est en M (au plus près du centre de l'orbite terrestres) ; quand la Terre est à mi-chemin des apsides, en G, le centre de l'orbite vénusienne est en D (au plus loin de l'orbite terrestres). Copernic explique ainsi la variation de l'excentricité de l'orbite vénusienne. Le centre de l'orbite vénusienne fait 2 tours quand la Terre fait 1 tour sur son orbite.

Pour Mercure, le centre de l'orbite fait deux tours quand la Terre accomplit une révolution autour du Soleil. Mais contrairement à Vénus, quand la Terre est sur la ligne des apsides de Mercure, le centre de l'orbite est au plus loin du centre de l'orbite terrestre. Et

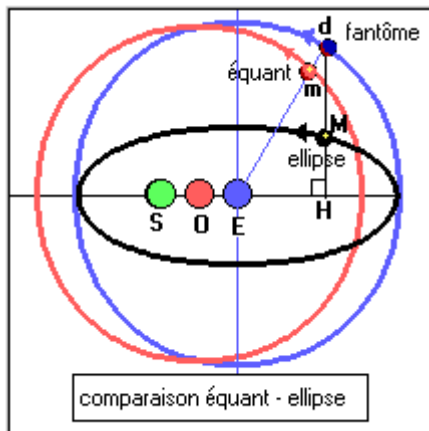
quand la Terre à est mi-chemin de la ligne des apsides, le centre de l'orbite est au plus près du centre de l'orbite terrestre. De plus, l'orbite de Mercure porte un épicycle sur lequel se trouve la planète Mercure. Le centre de cet épicycle tourne en 88 jours (période de révolution de Mercure) et la planète Mercure effectue des déplacements le long du diamètre de cet épicycle qui la rapproche ou l'éloigne du Soleil.



Les paramètres des orbites de Mercure et Vénus sont liés à l'orbite de la Terre.

Le système de Copernic est donc divisé en 3 zones au fonctionnement différent. Les 2 planètes inférieures sont séparées des 3 planètes supérieures par l'orbite terrestre. La Terre est mue d'un mouvement uniforme sur un cercle excentrique dont le centre ne coïncide pas avec le Soleil ; la Terre est entourée de la Lune, l'orbite lunaire étant comme sur un épicycle attaché à l'orbite terrestre.

La figure ci-dessous montre la différence entre la trajectoire elliptique de foyer S, la trajectoire circulaire de centre O et la trajectoire sur l'équant E.



LA PHYSIQUE DE COPERNIC

Mouvement rectiligne et mouvement circulaire.

Copernic retient la division des mouvements en mouvements naturels (les mouvements circulaires) et en mouvements violents (les mouvements rectilignes).

Mouvements naturels :

Le mouvement circulaire uniforme est un mouvement simple et perpétuel qui appartient par nature aux corps sphériques. La sphère exprime sa forme en tournant : donc, la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil parce qu'elle est sphérique.

Pour Copernic, le mouvement naturel est lié à la géométrie de la sphère, et n'a pas besoin d'une force motrice externe. Telle est l'interprétation d'Alexandre Koyré : « Placez un corps rond dans l'espace, il va tourner...sans avoir besoin... de moteur qui

entretienne son mouvement »⁶⁸. Alors que pour Aristote, le mouvement naturel est lié à la substance (les sphères célestes sont constituées par l'éther ou 5e élément) et a besoin d'une cause externe (le Premier Mobile lui-même immobile). Les sphères célestes (cercles excentriques et épicycles) tournent parce qu'elles sont rondes : argument en faveur de leur matérialité ?

Le mouvement circulaire n'est plus uniforme si :

- si le corps n'est pas parfaitement sphérique⁶⁹.

- ou bien si la force motrice est inconstante : dans ce cas, Copernic envisage la possibilité que ce mouvement circulaire soit entretenu par une cause (la force motrice), celle-ci étant variable ;

Le mouvement rectiligne :

Les mouvements rectilignes des corps (vers le bas pour les graves, vers le haut pour les corps légers comme le feu) sont des mouvements violents, en ce sens qu'ils expulsent les corps hors de leurs lieux naturels. Le mouvement rectiligne n'est pas uniforme, il est accéléré (même si Copernic n'emploie pas ce terme). Les graves tombent de plus en plus vite, le feu monte de plus en plus lentement.

Dans ce cas, les corps cherchent à retourner dans leurs lieux naturels (la surface de la Terre) où ils seront au repos (par rapport à cette surface, qui est en rotation). Cependant, pour les orbes célestes, Copernic composera des mouvements rectilignes à partir de mouvements circulaires (à propos de Mercure ou de la précession des équinoxes).

*"L'état d'immobilité est plus noble et plus divin que l'état de changement."*⁷⁰

68 introduction à sa traduction du « De Rev », éd Pergame », p.21).

69 « De Rev », Ch 4

70 « De Rev », Ch 8,p.7.

La recherche du repos est l'inertie au sens où l'entendra Képler pour qui « *toute matière tend à rester en repos dans le lieu où elle se trouve* »⁷¹.

Mais cette distinction entre mouvements naturels et violents est un "acte de raison"⁷².

Chez Aristote, cette distinction est réelle, liée à la situation des corps dans l'univers : les corps supra lunaires (les astres placés au-delà de la Lune) ne connaissent que le mouvement circulaire, tandis que les corps sublunaires (la Terre et les couches de feu, d'air et d'eau qui l'entourent) ne connaissent que les mouvements rectilignes. Copernic combine les deux sortes de mouvements (contrairement au Stagirite), mais il ne dit rien de la trajectoire qui résulte de ces deux mouvements⁷³.

La gravité.

La gravité reste une qualité occulte. C'est "*une certaine appétence naturelle...donnée aux parties de se retrouver en leur unité et intégrité, se réunissant sous la forme d'un globe*"⁷⁴. La gravité est la "nostalgie de la sphéricité" (A. Koestler⁷⁵).

Chez Aristote, les corps tombent vers le centre de la Terre parce que celle-ci est placée au centre du monde. Chez Copernic, la Terre n'est plus au centre du monde : les corps tombent vers le centre de la Terre, mais d'autres corps doivent tomber vers les centres des autres planètes. Chaque planète est donc un centre « attractif », **ce qui suggère une unité de nature ou de comportement entre les planètes et la Terre**. Mais il ne s'agit pas de l'attraction universelle entre les corps : chaque planète agit indépendamment des autres, et elles ne s'attirent pas les unes les autres.

71 note 5 de Képler au Ch. 16 du « Secret du Monde »

72 « De Rev », p.6v

73 « De Rev »,p.6v

74 « De Rev », Ch 9

75 « Les Somnanbules », p.228

Par contre, un corps cesse d'être lourd ou léger dès qu'il atteint le sol : il a rejoint sa totalité⁷⁶.

La légèreté résulte de l'action de la chaleur qui repousse les corps vers le haut⁷⁷. On a ici l'ébauche d'une analyse dynamique du mouvement.

La relativité.

La rotation de la Terre et sa révolution autour du Soleil sont, dans la pratique, imperceptibles pour l'observateur terrestre. Nous sommes dans la même situation qu'un marin qui peut se considérer immobile dans son navire et attribuer le mouvement au rivage. Nous avons vu que la rotation axiale ne produit aucun effet sur les corps placés à la surface de la Terre et que la révolution de la Terre autour du Soleil ne produit aucun effet de parallaxe sur les étoiles.

La Terre au repos et la Terre en mouvement sont deux possibilités indiscernables l'une de l'autre : mais la 2^e possibilité (révolution de la Terre) permet, entre autres, d'expliquer la variation d'éclat des planètes ainsi que leurs stations et rétrogradations. Szczeciniarz voit une ébauche d'une théorie de la relativité (galiléenne) dans le fait que Copernic parle d'une indiscernabilité du repos et du mouvement de la Terre⁷⁸.

Par conséquent, seuls nous sont perceptibles les mouvements rectilignes (vers le centre et à partir du centre), parce qu'ils se superposent au mouvement commun de rotation que la Terre communique à tous les corps placés sur sa surface. On pense aux arguments de Galilée pour décrire la chute d'une pierre lâchée du haut d'une tour. Pour nous, *«qui nous mouvons tous de conserve avec le mouvement diurne, en même temps que la pierre, le mouvement diurne est comme s'il n'existait pas, il reste insensible, imperceptible et n'a aucune action ; seul est observable pour nous le mouvement*

76 « De Rev », Ch 8,p.6v

77 « De Rev », Ch 8, p.6v

78 « Copernic et la révolution copernicienne », p.247

qui nous fait défaut, le mouvement de la pierre qui rase la tour en tombant »⁷⁹.

Mais l'univers de Copernic possède des directions absolues, le centre du Soleil et la face concave de la sphère des fixes. Le choix d'origine des coordonnées n'y est pas arbitraire, comme ce serait le cas dans un univers uniformément peuplé d'étoiles (comme chez Giordano Bruno). Certes, nous ne percevons pas la révolution de la Terre autour du Soleil, mais c'est à cause du manque de résolution des instruments. La parallaxe des étoiles est très petite, nous dit Copernic, puisqu'elle ne nous est pas perceptible⁸⁰ mais elle n'est pas nécessairement nulle.

Conclusion.

Copernic élabore un système solaire où les planètes, peut-être portées par des orbes solides, se déplacent selon des mouvements circulaires uniformes. Mais il prend de la distance par rapport à la physique aristotélicienne : il abolit la dichotomie entre le monde sublunaire et le monde supra lunaire. Pour répondre aux objections contre les mouvements de la Terre, il compose le mouvement rectiligne avec le mouvement circulaire et il utilise un principe relativité à propos du mouvement local, en employant des arguments que Galilée développera. Bien que délogé du centre du monde, la Terre et l'humanité continue d'occuper une place privilégiée, proche du soleil placé au milieu de l'Univers.

Tel est Copernic, homme de la Renaissance, admirateur des Anciens et plus particulièrement de Ptolémée. Il est « *tout imprégné de pythagorisme : beauté du Soleil, perfection de la sphère, harmonie du cosmos* »⁸¹. Le monde reflète la perfection divine : la « *machine du monde* » a été faite « *pour nous* » par l'auteur « *le meilleur et le plus exact* », c'est-à-dire Dieu⁸².

79 "Dialogue sur les deux grands systèmes du monde », 2e journée p.197

80 « De Rev », Ch 10, p.10

81 Hélène Védrine, in « Histoire de la philosophie », p.58.

82 « Préface au Pape », p.IIIv.

Cela n'empêche pas la rigueur scientifique : il préféra encombrer son système avec des cercles excentriques et de cercles épicycles, plutôt que d'éluder le problème des irrégularités observées dans les mouvements planétaires.

Christian Scotta.

Texte ayant servi de base pour la conférence organisée par la SAN le 21 janvier 2003

Sources

Citations du *De Revolutionibus*.

Nous avons travaillé sur l'édition de Nuremberg, parue en 1543 (fac-similé BN) ;

Les Chapitres évoqués sont ceux du Livre 1, sauf mention expresse.

Ex : p.1v = page 1 verso.

Traductions du "De revolutionibus..." :

Alexandre Koyré, éd. Diderot, coll. Pergame. Contient les 11 premiers chapitres du Livre 1.

Thomas Kuhn, "*La Révolution copernicienne*", Poche, coll.

Biblio/essais. Contient des extraits des 10 premiers chapitres du Livre 1.

J.P. Verdet, "*Astronomie et Astrophysique*", Larousse, coll. Textes essentiels. Contient des extraits des 10 premiers chapitres du Livre 1.
Cote médiathèque SAN : HI030

M.P Lerner, A-P Segonds et J.P. Verdet, *Des révolutions des orbes célestes*, texte intégral et traduction en 3 volumes, Les Belles Lettres, Science et humanisme, 2015.

Cotes médiathèque SAN : HI 249, HI 250 et HI 251.

Traduction du « Commentariolus » :

J.P. Verdet, "*Astronomie et Astrophysique*", Larousse, coll. Textes essentiels. Contient la traduction intégrale.

Cote médiathèque SAN : HI030

Bibliographie

Jacques Gapaillard, *Et pourtant elle tourne*, Seuil

Cote médiathèque SAN : HI027

Jean Kepler, *le Secret du monde*, Les Belles lettres, Science et humanisme.

Cote médiathèque SAN : HI074

Arthur Koestler, "*Les somnambules*", partie intitulée "*Un chanoine craintif*".

Cote médiathèque SAN : HI202

H. Hogonnard-Roche, E. Rosen, J.-P. Verdet, « *Introduction à l'astronomie de Copernic* », Blanchard, 1975. Nous citons sous l'abréviation : HRV.

Szczeciniarz, « *Copernic et la révolution copernicienne* », Flammarion.

ANNEXES

Les latitudes des planètes. Livre 6

L'écliptique, le plan orbital de la Terre, est le plan de référence pour repérer les latitudes des orbites planétaires. Mais Copernic ne fait pas passer le point d'origine de ces plans par le Soleil. Il les fait passer par le centre de l'orbite terrestre, qui en est distant de la 31^e partie de la distance Terre-Soleil, soit une distance égale à 7 rayons solaires (ce qui est considérable).

Sa théorie des latitudes planétaires est assez compliquée. Les planètes supérieures ne sont pas traitées de la même manière que les planètes inférieures, comme c'était déjà le cas pour les mouvements en longitude.

De même que les 3 planètes supérieures, Saturne, Jupiter et Mars, sont emportées dans leurs mouvements en longitude selon des lois différentes de celles suivies par les 2 autres <Vénus et Mercure>, il y a une différence dans leurs mouvements en latitude (ch.1, p182v).

Planètes supérieures.

Le plan orbital oscille sur l'écliptique (ch.2). L'inclinaison est maximale lors des oppositions et des conjonctions. Il y a deux maximums d'inclinaison par révolution synodique (1 maximum au nord, 1 maximum au sud), c'est-à-dire par période ramenant la Terre et la planète à une même configuration par rapport au soleil.

Planètes inférieures.

Les latitudes varient en fonction de trois composantes.

Une composante (ch.5) autour de la ligne des apsides de la planète. L'inclinaison est nulle sur cette ligne et est maximale quand la planète est à 90° de cette ligne. Une révolution synodique pour 2 maximums.

Une 2e composante (ch.6) autour d'un axe à 45° de la ligne des apsides. L'inclinaison est minimale quand la planète est à 90° des apsides et maximale quand la planète est en élongation. Il y a 2 maximums (1 pour l'élongation matinale et 1 autre pour l'élongation vespérale) pour une révolution synodique.

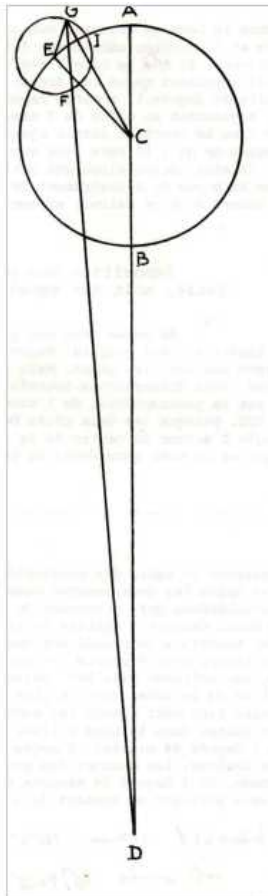
Une 3e composante (ch.8). Il y a deux maximums quand la planète est sur la ligne des apsides. L'axe est une ligne perpendiculaire à la ligne des apsides. La période est une révolution synodique.

Cette brève description suffira. L'important à retenir est que la théorie des latitudes est basée sur la révolution synodique des planètes, donc sur la révolution annuelle de la Terre. En effet, la Terre et la planète reviennent à une même configuration en une révolution synodique. Il est curieux de constater que Copernic n'y ait pas vu un effet de la révolution terrestre (comme pour les stations et les rétrogradations). Cette difficulté aurait disparu s'il avait pris pour origine le soleil.

La Lune (Livre 4).

La lune ne nous apprend rien sur la mobilité de la Terre. Par contre, elle a renforcé l'idée que tous les astres tournent autour de la Terre (p98r).

Nous avons vu que Copernic donne une description différente pour les planètes supérieures et pour les planètes inférieures. Copernic établit une autre combinaison de cercle pour la Terre et la Lune qui se trouvent entre les planètes supérieures et les planètes inférieures. Il utilise une combinaison de 3 cercles pour décrire le mouvement de la Lune.



Le grand cercle ou déférent a pour centre D le centre de la Terre. Il porte un épicycle ABE dont le centre C tourne en une révolution synodique. Cet ABE porte un 2^e épicycle GIF dont le centre E tourne en une révolution anomalistique, mais en sens contraire. Ce 2^e épicycle GIF porte la Lune G ou F qui tourne autour du centre E de cet épicycle en $\frac{1}{2}$ révolution synodique. Les rayons de ces cercles sont 1 pour le déférent, 0,1097 pour le 1^{er} épicycle et 0,0237 pour le 2^e épicycle. Ce montage permet de rendre compte de deux inégalités : la première est l'équation du centre et est due à l'ellipticité de l'orbite lunaire ; la 2^e est due à l'avance de la ligne des apsides de l'orbite lunaire (révolution anomalistique).

Copernic réussit à rendre compte des dimensions apparentes de la Lune. Dans le système de Ptolémée, la distance de la Lune à la Terre varie presque du simple au double. La plus grande distance de la Lune est de 64,16 rayons terrestres mais la plus petite distance n'est que de 33,55 rayons terrestres ; le diamètre apparent passe ainsi du simple au double. Cela se produit au premier et au dernier quartier, et comme la Lune nous montre la moitié de son disque éclairé, elle devrait briller 2 fois plus que la pleine lune.

Copernic donne les distances suivantes pour la Lune.

distance	Quadratures	Syzygies
Maximum	68,55	65,5
Minimum	52,18	55,13

Les écarts sont bien moins importants que chez Ptolémée et correspondent mieux avec l'expérience et nos sens eux-mêmes. L'astronomie moderne donne un minimum de 54,8 rayons terrestres, un maximum de 62,5 et une moyenne de 59,13.

La théorie de la Lune est la même que celle esquissée dans le Commentariolus.

Distances des planètes au Soleil, en rayons solaires.

Le Soleil est l'astre le plus gros chez Ptolémée comme chez Copernic. Ce dernier en fait logiquement le centre du système solaire.

A noter : 1 UA vaut 214 rayons solaires chez Copernic comme dans l'astronomie moderne (215 exactement). En rayons solaires, le système de Copernic correspond au notre.

En rayons solaires	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne
Copernic	80	154	214	326	1 119	1 967
actuel	83	155	215	327	1 118	2 054

Dimensions de la Terre, de la Lune et du Soleil.

Selon la mesure d'Eratosthène pour qui le tour de la Terre est de 250 000 stades et dans l'hypothèse où 1 stade = 0,1575 m. Un rayon terrestre = 6270 km.

	Diamètre	Diamètre en km	Diamètre réel	volume
Terre	1	12 540	12 750	1
Lune	0,3	3 630	3 470	1/43
Soleil	5,5	68 970	1 392 000	162

Annexe 2. La genèse du système.

Copernic n'explique pas comment il en est venu à mettre la Terre en mouvement. Dans sa préface au Pape Paul III, il se déclare insatisfait du système ptoléméen qui aboutit à une construction monstrueuse. Il rechercha parmi les Anciens si quelques uns n'avaient pas eu une opinion différente. Il trouva dans Cicéron ("Académiques" 1, IV, ch. 29) que Hicétas de Syracuse (qu'il nomme Nicétas) croyait à la rotation diurne de la Terre. Puis il cite Plutarque ("De placitis philosophorum", i, III, ch. 13) qui évoque Héraclide du Pont et Ecphantus qui admettaient tous deux la rotation diurne de la Terre. "Partant de là, j'ai commencé, moi aussi, à penser à la mobilité de la Terre."

C'est la version retenue par Galilée ("Dialogue sur les deux grands systèmes du monde", 1632, 3e journée, p369). Copernic est parti du système ptoléméen qui ne correspond pas aux phénomènes célestes. Il rechercha si quelques anciens avaient élaboré un système différent. Et, en faisant tourner la Terre sur elle-même et autour du Soleil, il aboutit à un système répondant aux phénomènes.

Au Chapitre 5, Copernic évoque les mêmes personnages que dans la préface au Pape, à savoir Héraclides, Ecphantus et Hicétas qui

faisaient tourner la Terre sur son axe tout en la plaçant au centre du monde. Or, il propose le cheminement suivant.

- nier la position centrale de la Terre ;
- admettre que la distance de la Terre au Soleil et que les distances des planètes au Soleil soient très petites par rapport à la grandeur de la sphère des Fixes ;
- rechercher un centre autour duquel les mouvements planétaires deviennent réguliers.

Si on les rapporte au Soleil (plus exactement au centre de l'orbite terrestre) et non plus au centre de la Terre, ces mouvements planétaires deviennent réguliers.

Puis il cite le Pythagoricien Philolaos, qui plaçait un feu central et non pas le Soleil au centre du monde. Il omet de citer Aristarque de Samos.

Au Chapitre 10 (p.8v), il évoque Martianus Capella (v365-440) qui faisait tourner Mercure et Vénus autour du Soleil et non autour de la Terre (c'est le système d'Héraclide du Pont). L'orbe de Vénus entoure celui de Mercure. En rapportant les orbes des planètes Mars, Jupiter et Saturne à ce centre, les orbites de ces planètes entourent la Terre. Alors on ne se tromperait guère, comme le prouve l'ordre canonique de leurs mouvements (les périodes de révolutions sont plus longues quand les planètes sont plus loin du Soleil). On pourrait penser que Copernic va exposer ce qui sera le système que Tycho Brahe.

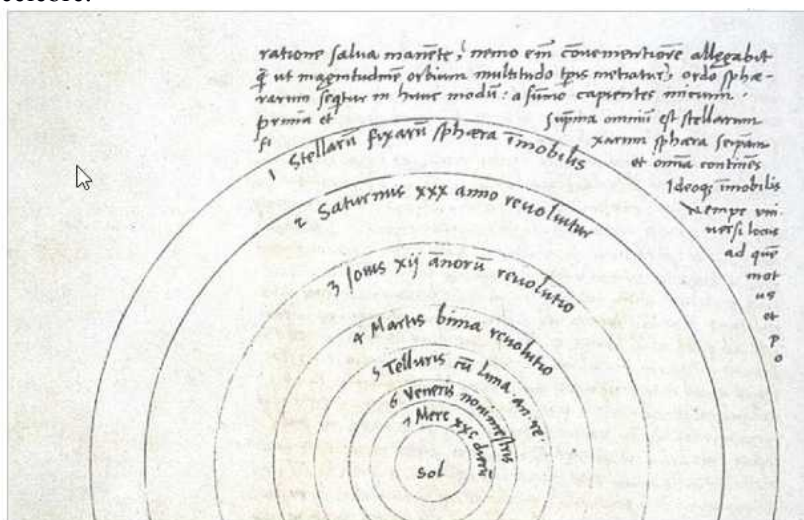
Mais Copernic ne s'arrête pas là. Il existe un espace vide, une coupure entre les orbes de Vénus et de Mars. Copernic y fait tourner la Terre accompagnée de la Lune.

Jean-Jacques Szczeciniarz ne croit pas que Copernic ait envisagé un système tychonien. En effet, après avoir placé Mercure et Vénus autour du Soleil, Copernic aurait pu faire tourner les planètes

Mars, Jupiter et Saturne autour du Soleil : mais alors les orbes se seraient entrecroisés, du moins si, comme le pense Jean-Jacques Szczeciniarz, Copernic utilise des orbes solides. Par contre, comme le souligne avec raison Jean-Jacques Szczeciniarz, deux centres de révolutions, comme chez Tycho – un autour de la Terre, l'autre autour du Soleil- ne correspondaient pas à la recherche d'unité de Copernic. Aussi, celui-ci place-t-il l'orbe mobile de la Terre entre ceux de Vénus et de Mars, l'ensemble tournant autour du Soleil, sans passer par une étape tychonienne (« *Copernic et la révolution copernicienne* », p.262).

Annexe 3. La figure du Chapitre 10.

Copernic a représenté son système dans cette figure devenue célèbre.



On remarque :

- les distances des planètes au Soleil ne sont pas représentées à l'échelle ;
- deux cercles délimitent l'épaisseur de la sphère terrestre, épaisseur égale au diamètre de l'orbite lunaire. Ces deux cercles sont absents du manuscrit ;

- le Soleil est au centre des orbes concentriques des planètes, alors que Copernic ne le place que "*près*" de ce centre qui est occupé par le centre de l'orbe terrestre ;

- Copernic ne représente pas les épicycles mineurs ; les orbes sont concentriques au Soleil alors que Copernic utilise des cercles excentriques ;

- la 8e sphère, celle des Étoiles Fixes, est représentée par un cercle, comme si toutes les étoiles étaient placées à la même distance du Soleil ; pourtant, Copernic envisage la possibilité que cette sphère soit infinie vers le haut (Ch. 8, p.5v-6). De plus, cette sphère est très loin de Saturne, contrairement à ce que suggère le dessin.

Mais pour Rhéticus (1540), il n'y a rien en dehors de la concavité de la sphère des étoiles fixes, en dehors de ce que peuvent nous en apprendre les Écritures. La surface concave de cette sphère est semblable à l'infini, c'est-à-dire qu'elle est extrêmement loin de nous. Elle porte les étoiles qui sont des petits globes étincelants (« *Narratio Prima* », X).

En 1576, l'anglais Thomas Digges reprend à l'identique le dessin de Copernic.

Mais il précise que l'espace entre Saturne et la Sphère des Fixes est très grand. De plus, la Sphère des Fixes n'est pas limitée vers le haut, comme l'avait suggéré Copernic. Thomas Digges représente les étoiles qui s'élèvent au-dessus de la face convexe de la Sphère des Fixes.

"L'orbe des fixes s'étend infiniment en hauteur à l'infini et est immobile". Thomas Digges suppose les étoiles plus grosses que le Soleil : en effet, les étoiles surpassent "*notre Soleil tant en quantité qu'en qualité...*" De plus, le ciel qui contient les étoiles est aussi "*la cour des anges célestes...et le séjour des élus*".

Dans son « *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* », 1632, 3e Journée, p.350-353), Galilée reconstruit le schéma de Copernic.

Comme chez Copernic, les orbites planétaires sont des cercles concentriques au Soleil et les distances des planètes au Soleil ne sont pas à l'échelle. A titre de compromis, Galilée propose de placer les étoiles entre deux surfaces sphériques concentriques. Mais il admet que les étoiles sont des soleils. Le schéma montre en outre les quatre satellites de Jupiter.

Annexe 4 : Distances et périodes des planètes.

Planète	Période	Distance
Saturne	30 ans – 29,47 années	9,175 UA
Jupiter	12 ans – 11,87 années	5,216 UA
Mars	2 ans – 1,882 année	1,52 UA
Terre	1 an	1 UA
Vénus	9 mois	0,719 UA
Mercure	80 jours	0,376 UA

L'UA est l'unité astronomique égale à la distance Terre Soleil. Mais Copernic n'utilisait pas cette expression. De plus, la distance est celle de la planète au centre de l'orbite terrestre.

Ce sont les distances moyennes : en effet, les planètes s'éloignent du centre de l'orbite terrestre selon une distance maximale que Copernic appelle « *apogée* » et que Kepler appellera plus « *aphélie* », et se rapprochent selon une distance minimale que Copernic appelle « *périgée* » et que Kepler appellera « *périhélie* ».

Copernic indique 80 jours pour Mercure au lieu de 88 jours, valeur qu'il donne dans le « *Commentariolus* ».

Les périodes sont en valeurs arrondies. Le chapitre 1 du livre 5 donne les périodes exactes pour les 3 planètes supérieures (p 135r).

Annexe 5. Les orbes célestes sont-ils solides ?

H. Hogonnard-Roche, E. Rosen, J.-P. Verdet indiquent que Copernic ne se prononce jamais explicitement sur la réalité physique des sphères célestes (« Introduction à l'astronomie de Copernic », p.40). Ils citent un certains nombres de textes qui montrent l'équivalence entre un orbe (« *orbis* ») et une sphère (« *sphaera* »).

Par exemple : « Il n'y a pas un centre unique pour tous les orbes ou sphères célestes », « *Commentariolus* », Premier Postulat. (« *Omnium orbium coelestium sive sphaerarum unum centrum non esse* »).

Le Chapitre 10 du « *De Revolutionibus* » s'intitule : « de l'ordre des orbes célestes » (« *De ordine coelestium orbium* ») alors que les corps du texte parle de sphères célestes : « L'ordre des sphères est le suivant » (« *ordo sphaerarum sequitur in hunc modum* », p.9).

Copernic pense-t-il à des sphères géométriques, sans consistance matérielle ? C'était l'avis de Kepler : Copernic ne croyait pas que les orbes soient faits d'une « *matière adamantine* », c'est-à-dire dure comme le diamant ("le Secret du Monde", note 1 du Ch. 14). Kepler remplit l'espace entre les orbes par de "l'air céleste".

D'ailleurs, dans système de Copernic, les orbes ne se touchent pas et ne peuvent pas s'entraîner les uns les autres. La Sphère des Fixes, très lointaine, ne peut pas entraîner la sphère de Saturne à cause de l'immense espace qui les sépare. De plus, l'orbite de la Lune doit couper l'orbite de la Terre en deux points (l'orbe de la Terre passe par son centre), à moins que l'orbe de la Terre n'ait une épaisseur égale au diamètre de l'orbite lunaire.

Alexandre Koyré s'appuie sur le troisième mouvement attribué à la Terre par Copernic (mouvement incompréhensible si on n'imagine pas l'axe terrestre fixé dans une sphère en rotation autour

du Soleil) pour affirmer la « *solidité* » des orbes de Copernic (note à sa traduction des chapitres 4 et 11 du « *De Revolutionibus* »).

Jean-Jacques Szczeciniarz admet la solidité des sphères coperniciennes :

« *Tout mouvement dans le ciel renvoie un orbe sphérique qui le supporte et à chaque orbe correspond un mouvement... Copernic a posé dès ce chapitre –Ch.4–des orbes sphériques réels... »* (« *Copernic et la révolution copernicienne* », p.155).

De plus, si Copernic n'attribue aucun rôle physique au Soleil, c'est parce que « *les orbes solides suffisent aux nécessités de la physique des mouvements* » (ibidem, p.256). Il est donc difficile de dire si Copernic parle de sphères matérielles ou de sphères géométriques imaginaires.

Annexe 6. Le 3e mouvement de la Terre.

Copernic évoque ce 3e mouvement dans le « *Commentariolus* » : « *A quoi sont rattachés les pôles, il ne m'appartient pas de le dire.* »

Il fait la comparaison avec une aiguille de fer frottée contre un aimant qui « tend toujours à s'orienter vers une même région du monde ». Fait-il allusion à l'aiguille aimantée qui est toujours orientée vers le Nord ? Mais il lui semble préférable d'introduire « quelque orbe, dont le mouvement entraîne les pôles eux-mêmes et qui devra sans nul doute se trouver sous l'orbe de la Lune. » Copernic ne reprend pas ces explications dans le « *De Revolutionibus* ».

Rhéticus décrit ce mouvement comme suit : « les extrémités de l'axe de la Terre, qui sont les pôles de la Terre, se meuvent chaque jour contre l'ordre des signes <vers l'ouest>, d'une distance angulaire à peu près égale à celle dont le centre de la Terre est mû par le grand orbe, selon l'ordre des signes <vers l'est>. » (« *Narratio Prima* », XII). Mais il donne pas d'explication physique à ce mouvement.

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

Nicolas COPERNIC

Christian SCOTTA

Le Polonais Nicolas Copernic (1473-1543) accomplit la première grande réforme de l'astronomie en faisant tourner la Terre sur elle-même et autour du Soleil. Copernic reste fidèle aux Anciens : les planètes décrivent des cercles parfaits autour du Soleil, et ces cercles se combinent pour expliquer les irrégularités de leurs mouvements. Les étoiles sont à une distance immense mais finie, et constituent une sphère qui délimite le monde visible. Même délogée du centre du monde, l'humanité reste proche du milieu du monde et conserve ainsi une place privilégiée dans l'Univers. Mais Copernic abolit la dichotomie entre le monde sublunaire et le monde supra lunaire. Il répond aux objections contre les mouvements de la Terre au moyen de la relativité du mouvement local et en faisant coexister le mouvement rectiligne et le mouvement circulaire dans un même corps.

Copernic est un homme de la Renaissance chez lequel se côtoient plusieurs facettes. Il est à la fois chanoine, médecin, astronome et peintre à ses loisirs. Il admire les Anciens (et plus particulièrement l'astronome grec Ptolémée). Il porte un regard mystique sur le monde, dans lequel le Soleil est le reflet de la divinité ; le monde, harmonieux, témoigne de la perfection divine.



SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES

Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20

Internet : www.san.asso.fr - E-mail : contact-san@san-fr.com