

CLAUDE PTOLEMEE (ca 100 - ca 168)

Mathématicien

Musicologue

Astronome

Géographe

Astrologue

Présentation

Claude Ptolémée, communément appelé Ptolémée (Ptolémaïs de Thébaïde (Haute-Égypte)), né vers 100 et mort vers 168 à Canope, est un astronome, astrologue, mathématicien grec qui vécut à Alexandrie (Égypte). Il est également l'un des précurseurs de la géographie. Sa vie est mal connue.

Ptolémée est l'auteur de plusieurs traités scientifiques, dont deux ont exercé une grande influence sur les sciences occidentales et orientales. L'un est le traité d'astronomie, aujourd'hui connu sous le nom d'« **Almageste** » (dont le titre original en grec était « **Composition mathématique** »). L'autre est la « **Géographie** », qui est une synthèse des connaissances géographiques du monde gréco-romain.

L'œuvre de Ptolémée est la continuation d'une longue évolution de la science antique fondée sur l'observation des astres, les nombres, le calcul et la mesure.

« Ptolémée ... est le dernier représentant de la science grecque, celle du moins qui prend pour objet d'étude le monde qui nous entoure ... il eut le souci de présenter dans chaque domaine abordé un résumé critique des connaissances déjà bien établies avant d'y adjoindre sa propre contribution »

Ptolémée mathématicien

Théorème de Ptolémée :

Un quadrilatère non croisé A B C D est inscriptible si et seulement si :

$$AC \cdot BD = AB \cdot CD + BC \cdot AD$$

Second théorème de Ptolémée :

Un quadrilatère non croisé A B C D est inscriptible si et seulement si les longueurs des côtés et des diagonales vérifient la relation :

$$AC \cdot BD = (AB \cdot DA + BC \cdot CD) / (AB \cdot BC + DA \cdot CD)$$

Ptolémée s'est servi du premier théorème pour dresser des tables trigonométriques.

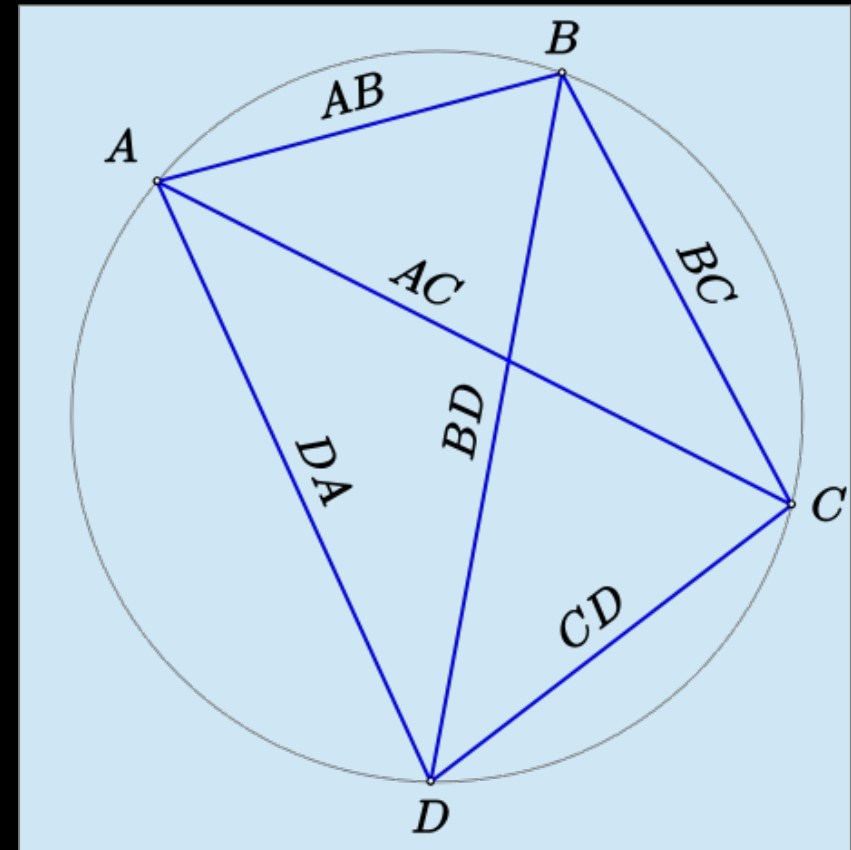
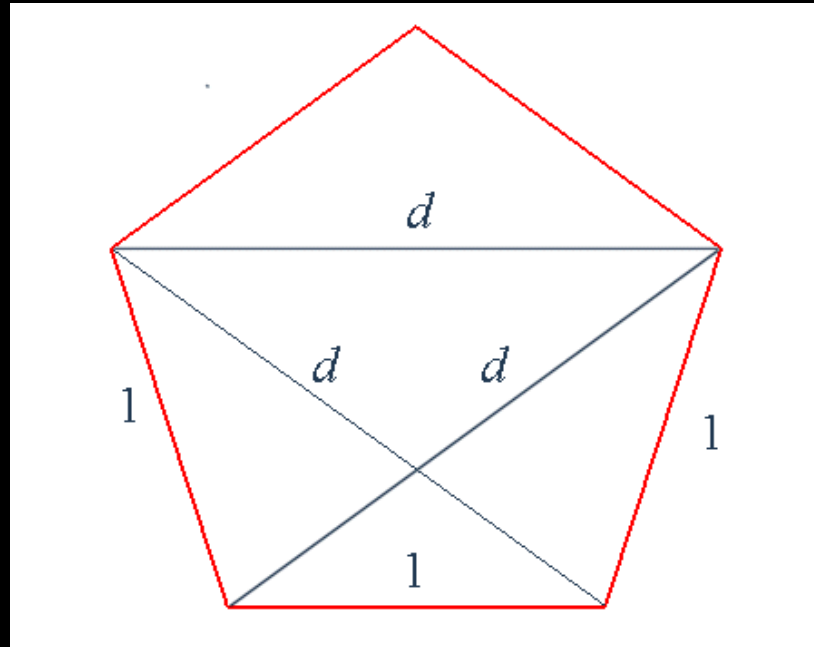


TABLE DES DROITES INSCRITES DANS LE CERCLE.								
ARCS.		CORDES.			TRENTIÈMES DES DIFFÉRENCES.			
Degrés	Min.	Part. du Diam.	Prim.	Secon.	Part.	Prim.	Secon.	Tierc.
0	30	0	31	25	0	1	2	50
1	0	1	2	50	0	1	2	50
1	30	1	34	15	0	1	2	50
2	0	2	5	40	0	1	2	50
2	30	2	37	4	0	1	2	48
3	0	3	8	28	0	1	2	48
3	30	3	39	52	0	1	2	48
4	0	4	11	16	0	1	2	47
4	30	4	42	40	0	1	2	47
5	0	5	14	4	0	1	2	46
5	30	5	45	27	0	1	2	45
6	0	6	16	49	0	1	2	44
6	30	6	48	11	0	1	2	43
7	0	7	19	33	0	1	2	42
7	30	7	50	54	0	1	2	41
8	0	8	22	15	0	1	2	40
8	30	8	53	35	0	1	2	39
9	0	9	24	54	0	1	2	38
9	30	9	56	13	0	1	2	37

C'est à partir des tables des cordes de demi-degré en demi-degré de 0 à 180° qu'il a établies pour un cercle de diamètre 120 unités, qu'il donne, dans le sixième volume de l'Almageste, une **valeur approchée du nombre π** obtenue grâce à la valeur de la corde sous-tendue par un angle d'un degré. En effet, en multipliant cette valeur (1u 2' 50") par 360 pour faire un tour complet, il obtient "377 unités dont le diamètre en vaut 120". Il trouve que :

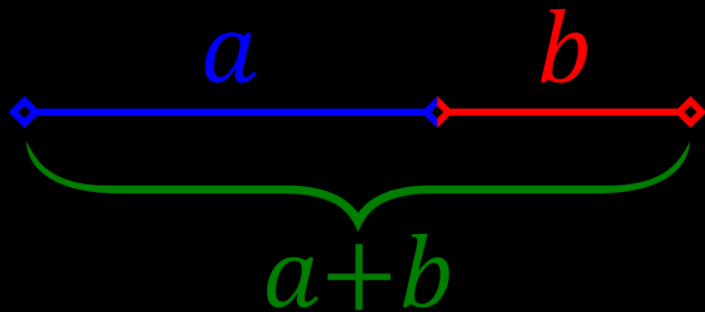
$$\pi \approx 377/120 \approx 3,14166$$

Ptolémée mathématicien



Application : la diagonale d'un pentagone régulier convexe de côté 1 a pour longueur le **nombre d'or**

$$\phi = (1 + \sqrt{5}) / 2$$



Le nombre d'or (ou section dorée, proportion dorée, ou encore divine proportion) est une proportion définie initialement en géométrie comme rapport a/b entre deux longueurs a et b telles que le rapport de la somme $a + b$ des deux longueurs sur la plus grande (a) soit égal à celui de la plus grande (a) sur la plus petite (b).

« **Proportion d'extrême et de moyenne raison** »

$$a/b = (a+b)/a = \phi$$

Ptolémée musicologue

Ptolémée a également écrit les **Harmoniques**, un traité de musicologie de référence sur la théorie et les principes mathématiques de la musique. Après une critique des approches de ses prédécesseurs, Ptolémée y plaide pour baser des intervalles musicaux sur des proportions mathématiques soutenus par observation empirique (contrairement à l'approche purement théorique de l'École pythagoricienne). Il a présenté ses propres divisions du tétracorde et de l'octave, qu'il a dérivées avec l'aide d'un monocorde.



<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10038053r/f11.item.zoom>

Ptolémée astronome

« A partir du Ve siècle avant JC, nous pouvons distinguer trois traditions astronomiques ... toutes issues originellement de l'astronomie populaire pratiquée dans l'antiquité la plus reculée : »

- Tradition littéraire : *« ... préservée par les poètes, qui célèbrent les constellations, les signes au cours de l'année, les travaux du fermier et du marin » ;*

[3] page 17

- Tradition philosophique : *« ... recherche de la cause des choses ... » (cf Aristote) ;*

[3] page 18

- Tradition scientifique : *« ... à partir de l'observation ... ». « la figure dominante de l'astronomie mathématique grecque est [Ptolémée] ... [il] a donné aux théories planétaires grecques leur forme finale et efficace ... Tout comme il a influencé tous ses successeurs, [il] a tendu aussi à remplacer tous ses prédécesseurs » (cf Appolonius, Kepler)*

[3] page 23

« Quant à la forme expresse de la qualité, dans les espèces et mouvements trajectoires, la figure, la quantité, la grandeur, le lieu, le temps et autres choses semblables, ... est l'objet de nos recherches »

[1] LI, Avant-propos – page 3

Les références à l'Almageste sont relatives au livre (ici LI pour le livre I) suivi du chapitre (Avant-propos) et de son titre

Ptolémée exposera ses connaissances et contributions à l'astronomie dans la « **Composition mathématique** » ou « **Almageste** » (« **La très grande** ») qui se compose de treize livres.

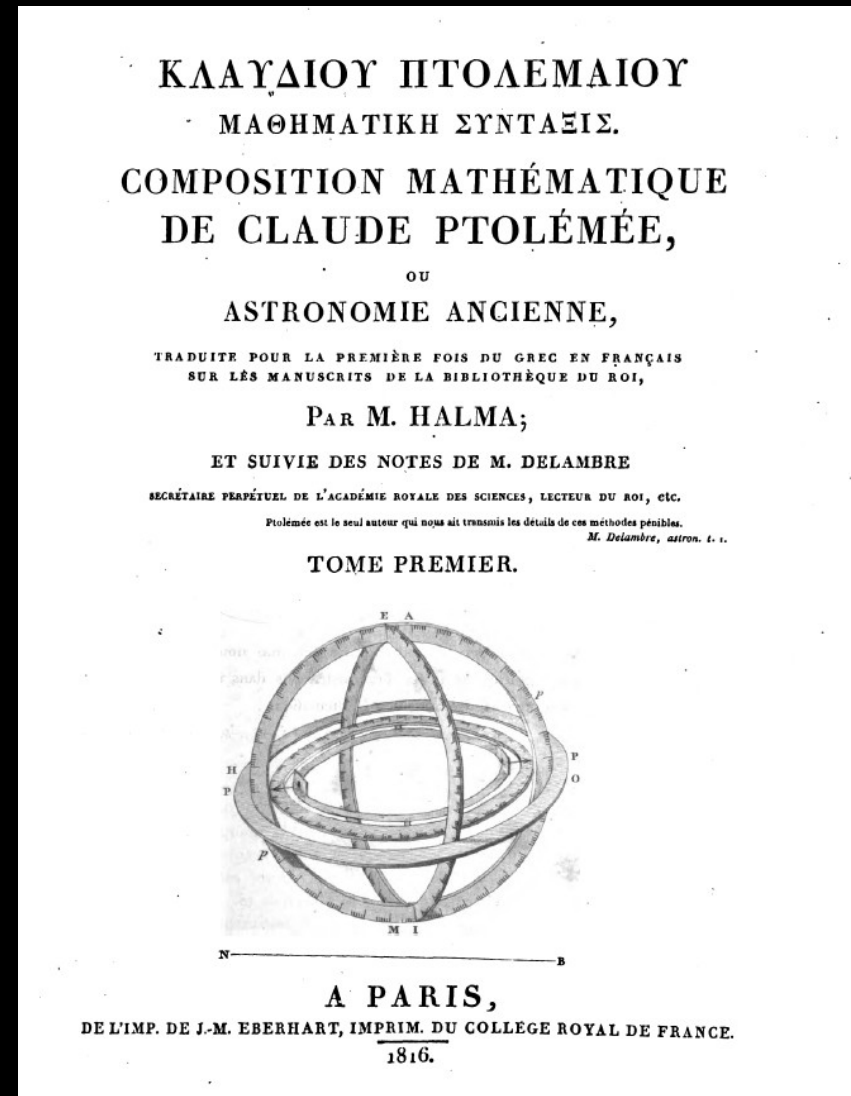
Les deux premiers concernent les relations entre la Terre et le Ciel.

les livres III à VI traitent du Soleil, de la Lune et de leurs relations.

Les livres VII et VIII listent les astres fixes, avec en particulier un catalogue de 1 022 étoiles et 48 constellations.

Les livres IX à XIII portent sur les mouvements des cinq planètes.

Source : [8]



Source : [1]

Comme pour ses prédécesseurs, le
« pourquoi ? » reste « Dieu ».

Son rôle sera d'expliquer le
« comment ? ».

*« L'assimilation du ciel à une sphère
avait l'énorme avantage de
permettre un traitement géométrique
du problème, et le recours à des
modèles réduits »*

[2] page 25

si l'on cherche
particulièrement la cause première du
mouvement primitif de l'univers, on trou-
vera que c'est Dieu invisible et immuable;

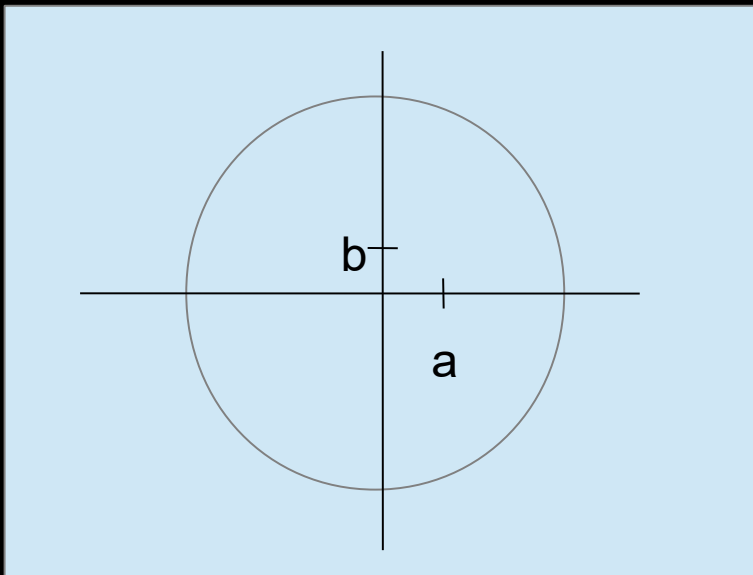
[1] Avant-propos - page 2

Ayant tout, il faut admettre générale-
ment que le ciel est de forme sphérique,
et qu'il se meut à la manière d'une sphère;
que la terre, par sa figure, prise dans
la totalité de ses parties, est sensiblement
un sphéroïde. Qu'elle est au milieu de
tout le ciel, comme dans un centre; et
que, par sa grandeur et sa distance relati-
vement à la sphère des étoiles fixes, elle
n'est qu'un point sans mouvement et sans
déplacement. Nous allons parcourir briè-
vement chacune de ces assertions, pour
les rendre plus présentes à l'esprit.

[1] LI,1 « De l'ordre des théorèmes » - page 6

Problème : quel est ce point ?

Ça ne peut être que le centre de la Terre !



a : problème à l'équinoxe
b : horizon en 2 parties inégales

La révolution circulaire des étoiles toujours visibles, contribua le plus à l'idée de sphéricité dont on eut bientôt acquis la certitude, en voyant, surtout, que cette révolution se fait en tournant autour d'un centre unique et le même pour toutes. Ce point fut nécessairement pris pour le pôle de la sphère céleste ;

[1] LI,2 « Le ciel se meut sphériquement » - page 7

En un mot, si la terre n'occupoit pas le centre du monde, l'ordre que nous voyons s'observer dans les accroissemens et décroissemens des jours et des nuits, seroit troublé et confondu. Outre que les éclipses de lune ne pourroient pas se faire pour toutes les parties du ciel, dans l'opposition diamétrale au soleil ; parce que souvent la terre ne seroit pas interposée entre les points où ces astres sont diamétralement opposés, mais dans des distances moindres que le demi-cercle.

[1] LI,4 « La terre occupe le centre du ciel » - page 9

Et « la Terre est comme un point à l'égard des espaces célestes »

[1] LI,5

LES grandeurs et les distances des astres observées de quelque point que ce soit de la terre, paroissant toujours égales et semblables en tous les lieux d'où on les voit dans les mêmes instans, et les observations des mêmes étoiles, faites en différens climats, ne présentant aucune différence, il est clair qu'elle n'est sensiblement que comme un point relativement à l'espace qui s'étend jusqu'à la sphère des étoiles appelées fixes.

« La Terre ne fait aucun mouvement de translation »

[1] LI,6

« Il y a dans le ciel deux premiers mouvements »

[1] L1,7 page 21

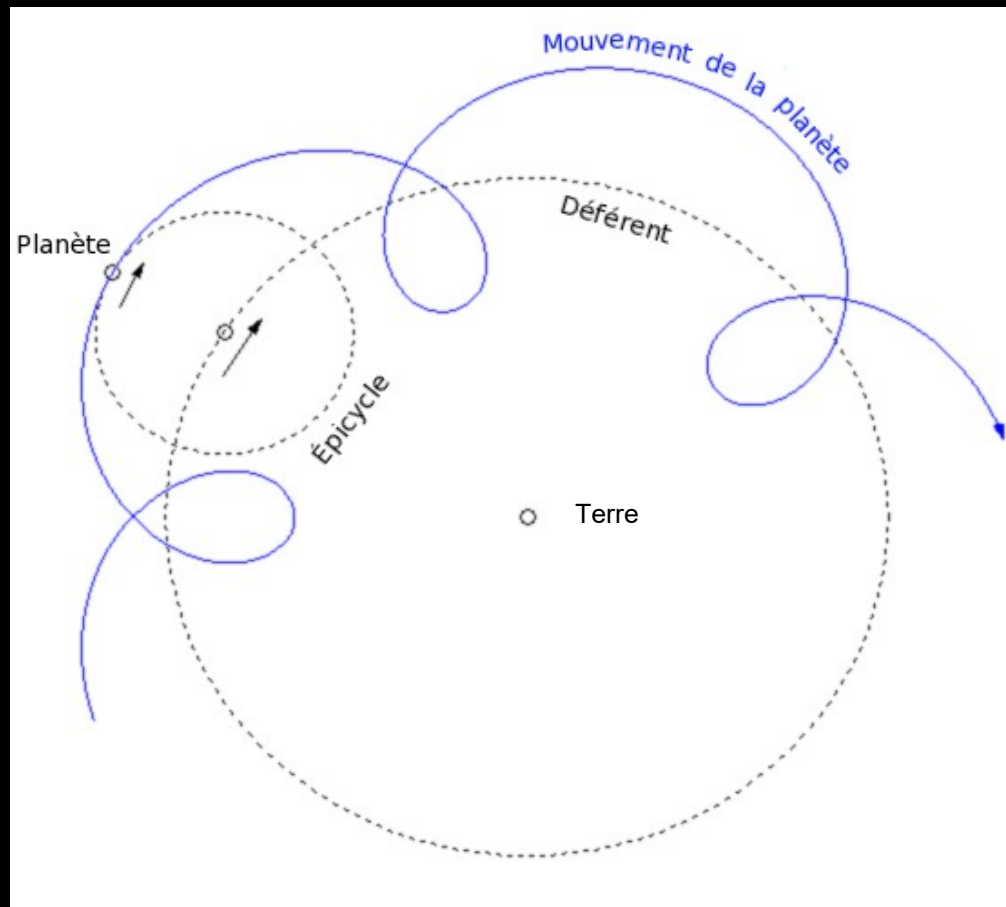
le ciel a deux mouvemens différens, l'un par lequel tout est emporté d'orient en occident dans des cercles parallèles entr'eux, décrits semblablement et avec une vitesse égale autour des poles de la sphère qui fait cette révolution uniformément. Le plus grand de ces cercles est celui qu'on appelle cercle équinoxial (*équateur*), parce qu'il est le seul qui soit coupé en deux moitiés par l'horizon qui est un autre grand cercle de la sphère,

[L'autre mouvement est celui en]

vertu duquel les sphères des astres font de certaines révolutions en un sens contraire à la direction du premier mouvement, autour d'autres poles que ceux de cette première révolution.

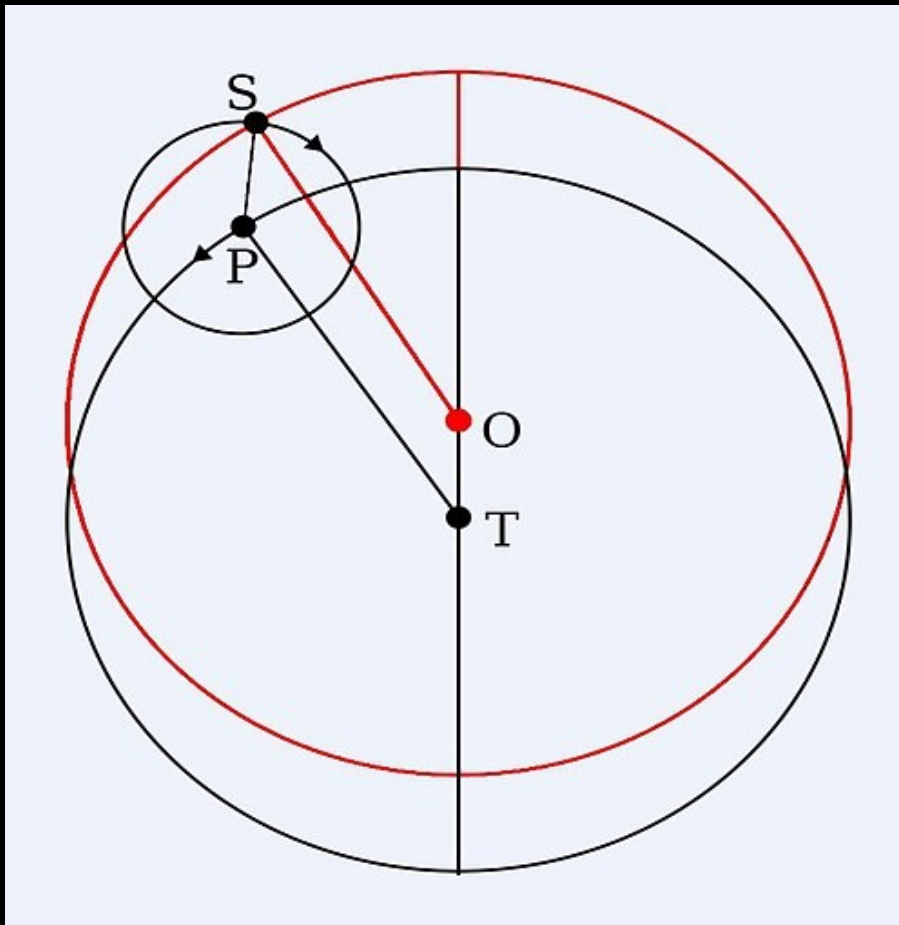
, il n'en est pas de même du soleil, de la lune et des planètes.

Il adoptera le modèle de l'**épicycle** qui fut introduit par les anciens Grecs (**Apollonios de Perga – ca 240 avant JC - et Hipparque- ca 190-120 avant JC**) pour expliquer le mouvement des planètes qu'il complétera pour améliorer les prévisions.



Dhenry ; schéma personnel

« [La théorie des **épicycles**] d'Héraclite du Pont et d'Aristarque de Samos ... rendaient compte d'une façon simple et élégante du mouvement rétrograde et des variations d'éclat des planètes ... Toutefois l'hypothèse des mouvements circulaires uniformes laissait entier les problèmes relatif à la Lune et au Soleil »



Hipparchus_Sun_epicycle.svg – Domaine public

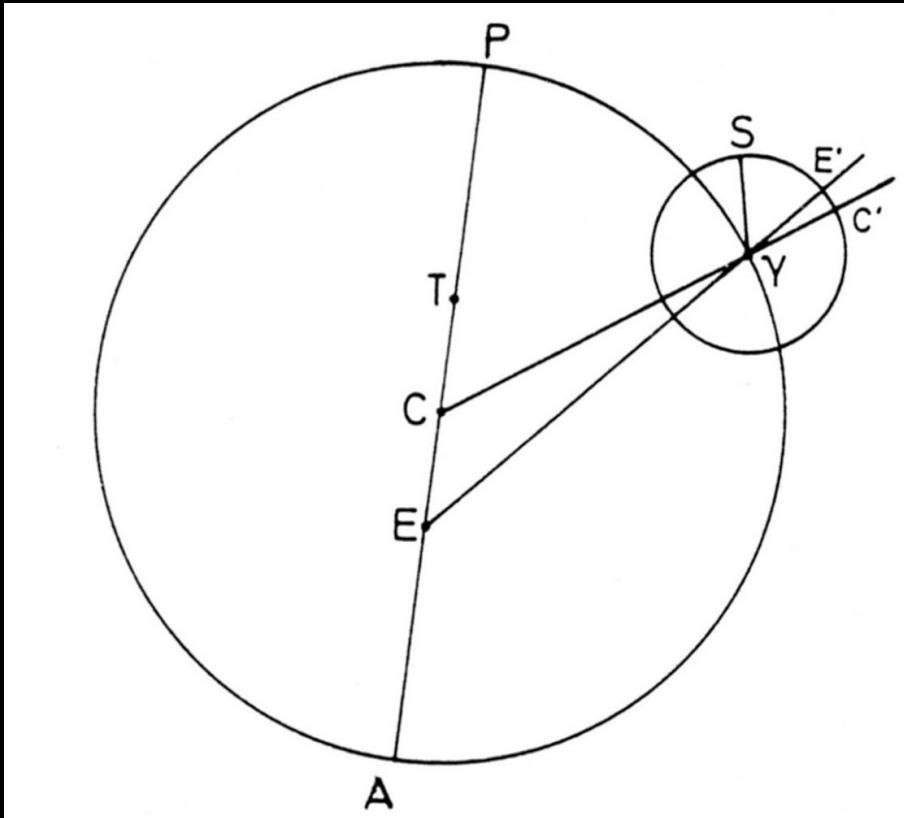
Mouvement du Soleil selon la théorie des épicycles d'Hipparque : La Terre (T) est au centre du déférent ; P est le centre de l'épicycle du Soleil (S). En rouge, la résultante.

[9]

« Hipparque remarqua que les mêmes résultats pouvaient être obtenus en supposant que le Soleil décrivît un cercle **excentrique** [de centre O] à la Terre »

[9]

« Avec Hipparque, on trouve pour la première fois exprimée clairement la nécessité de plier les combinaisons géométriques des mouvements aux contraintes observationnelles »



« [Ptolémée] apporta une modification originale [au modèle d'Hipparque]. Au lieu de supposer que le droite Cy ... tourne à vitesse constante, il fut amené à admettre que la position du point y est obtenue en faisant tourner la droite Ey à vitesse constante. Le point E est tel que $TC=CE$. Il est appelé le centre de l'équant. L'équant ou cercle égalisateur est un cercle de centre E , de rayon égal à celui du déférent. C'est le rayon de ce cercle qui tourne à vitesse constante. »

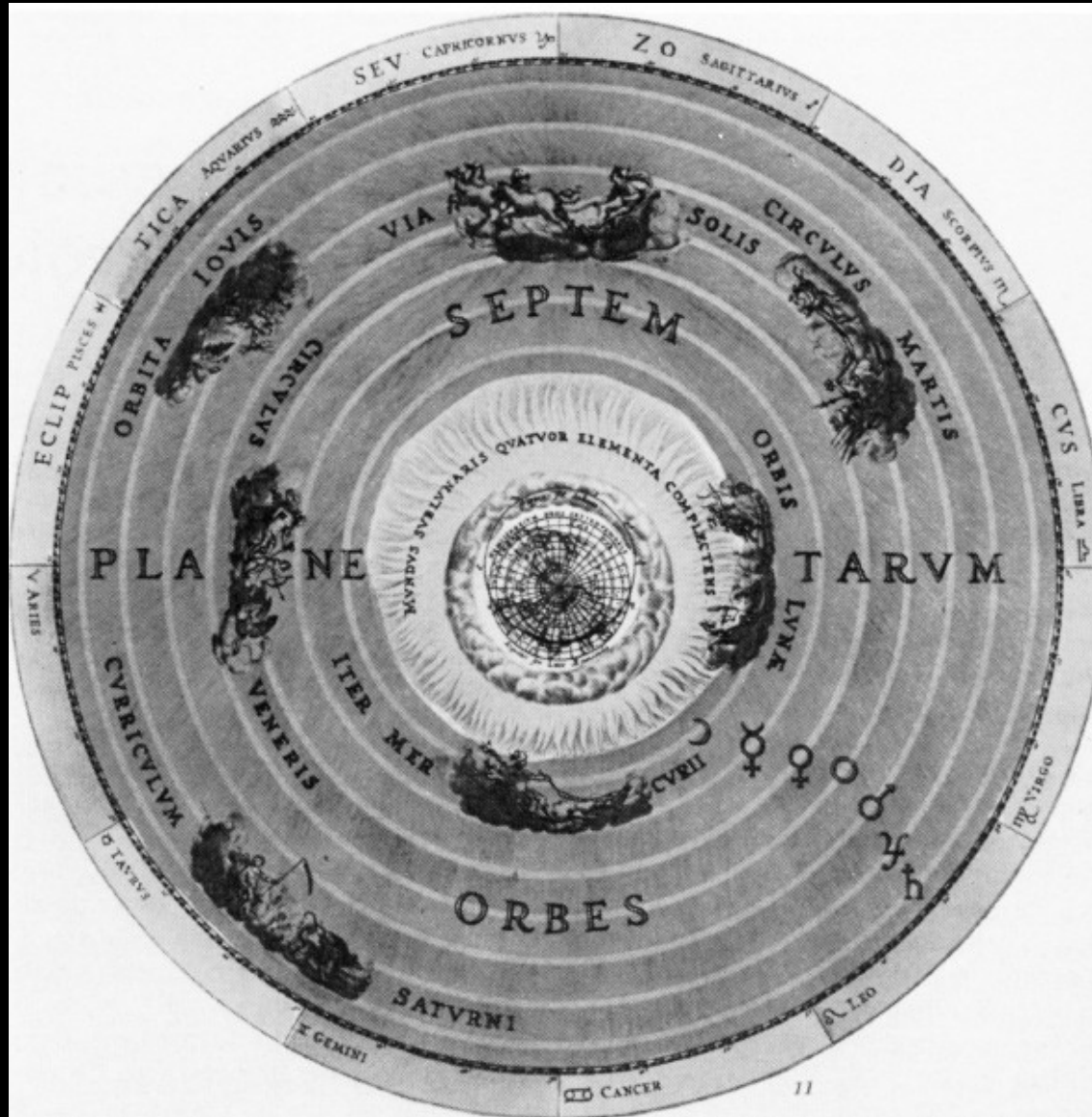
[5] – vol 105 – page 91

« En introduisant cette modification, Ptolémée réussissait à interpréter les observations, mais il faisait une entorse grave à la théorie du mouvement uniforme. Cependant il a fait preuve d'une souplesse d'esprit suffisante pour adapter la théorie à l'exigence des observations. »

[5] – vol 105 – page 92

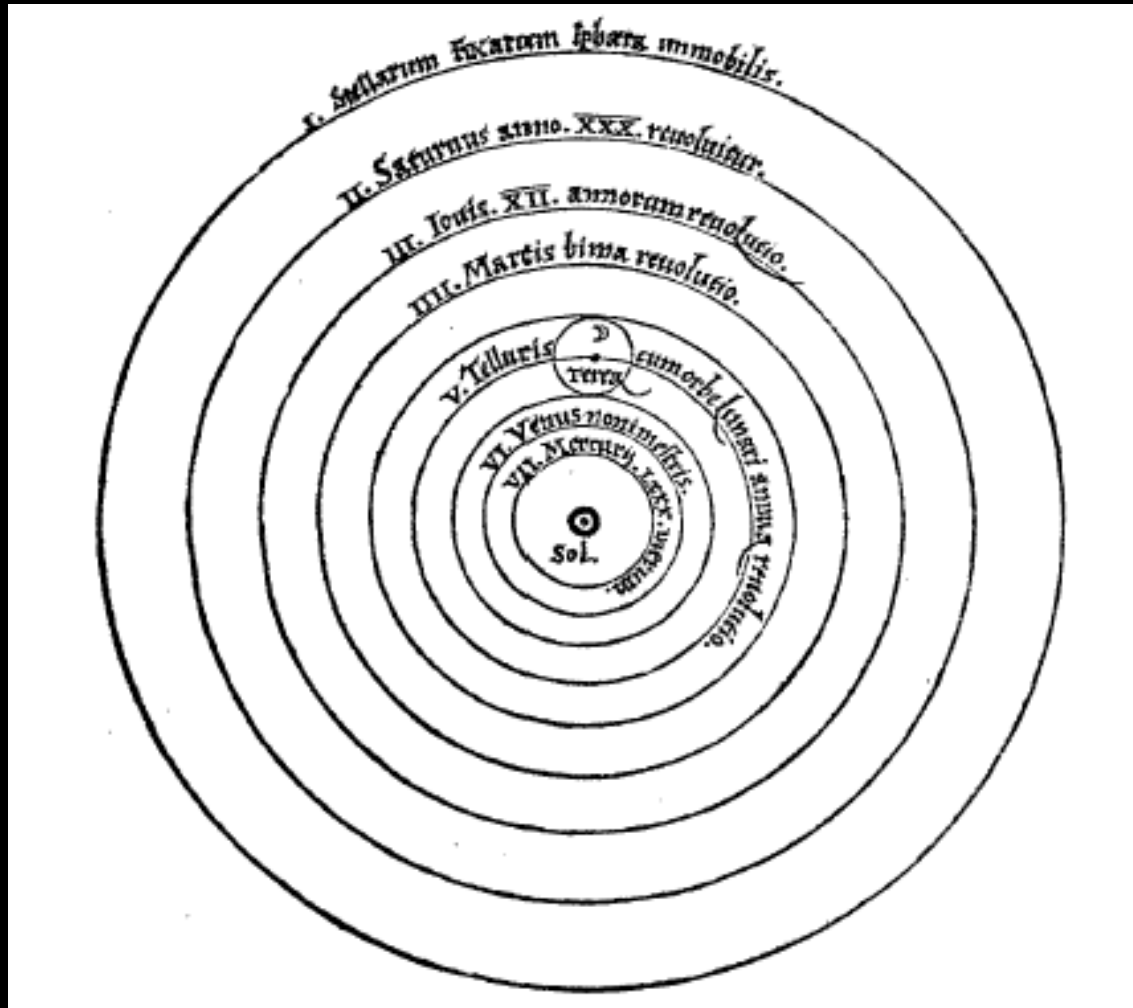
« Pour les anciens, la théorie de Ptolémée est uniquement une méthode mathématique de calcul de la position des astres. Ils n'attribuent aucune réalité aux mouvements le long des déférents et épicycles, pour eux le mouvement réel des astres reste inconnu ... L'oeuvre de Ptolémée achève le développement de l'astronomie antique. »

[5] – vol 105 – page 94



Extrait « Harmonia macrosmica » - Cellariue 1661 – Bibliothèque ORB in [5]

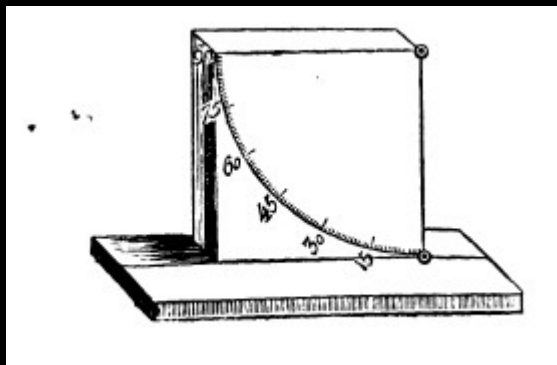
LE SYSTEME DE PTOLEEMEE



Extrait de « De revolutionibus » - Domaine public

MODELE DE COPERNIC

La modèle de Ptolémée perdurera jusqu'au modèle **héliocentrique** de **COPERNIC (1473-1543)**, proposé vers 1513.



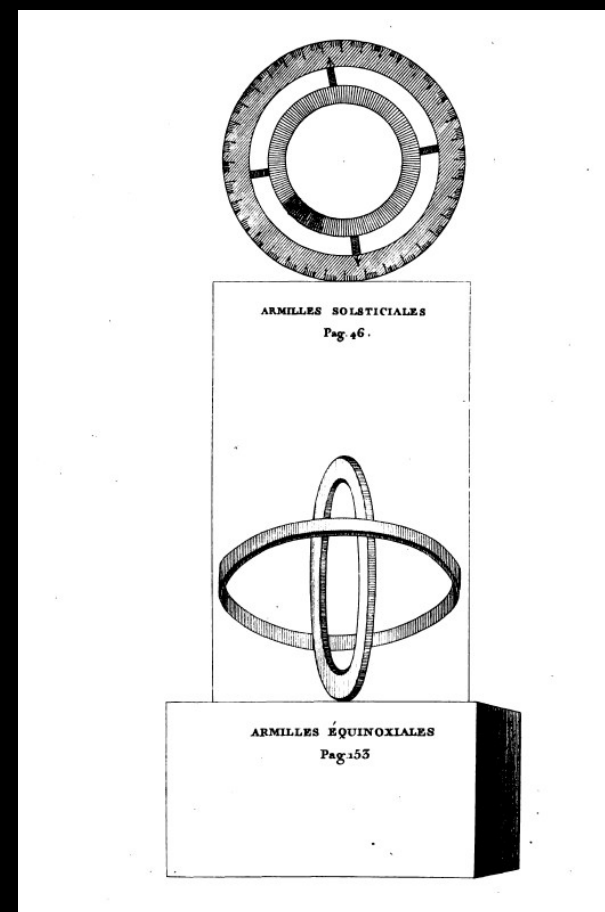
[1] L1,11 page 50

Dans les « *Préliminaires pour les démonstrations sphériques* » (L1,11), il donne le plan d'un instrument destiné à relever la hauteur des astres.

Et au chapitre suivant « Des arcs compris entre l'équateur et le cercle oblique (écliptique) » (L1,12) ; il établit une table d'obliquité.

De celle-ci, il en obtient la valeur de $23^{\circ}56'20''$ pour l'inclinaison de l'écliptique (valeur moderne $23^{\circ}26'$).

Il décrit aussi les instruments nécessaires aux relevés : **armilles**.



[1] L1,13 page 68

.... et parmi ses autres résultats :

- détermination d'une circonférence de 500 stades pour la circonférence de la Terre à partir de la méthode des « gnomons » [la valeur du stade utilisé est ignorée!]

[1] L2,6

- détermination de la distance et de la taille de la Lune et du Soleil

- | | |
|---------------------------|--|
| - distance moyenne Lune | 59 rayons terrestres (actuel 59,4) |
| - distance moyenne Soleil | 1210 rayons terrestres (actuel 23 400) |
| - diamètre Lune | 0,292 rayons terrestres (actuel 0,55) |
| - diamètre Soleil | 5,5 rayons terrestres (actuel 234) |

[1] L1,5

- détermination de la durée de l'année tropique :

$$365 + 10/4 - 1/300 = 365,2467 \text{ jours (actuel 365,25636)}$$

Ptolémée va établir une liste de 1022 étoiles dans 48 constellations.

[1] L7 , L8

[#]	Description		λ (°)	β (°)	Mag.	[Désignation moderne]
I · Ὑρκτος μικρά · Ursa Minor · UMi · Petite Ourse						
7 + 1 étoiles						
Retour au haut de la page						
1	L'étoile au bout de la queue	II	0⅞	+66	3	1 α UMi
2	Celle d'à côté sur la queue	II	2½	+70	4	23 δ UMi
3	Celle d'à côté, avant l'endroit où la queue rejoint [le corps]	II	10⅞	+74⅓	4	22 ε UMi
4	La plus méridionale des étoiles du côté avancé du rectangle	II	29⅓	+75⅓	4	16 ζ UMi
5	La plus au nord de [celles du] même côté	Ϡ	3⅓	+77⅓	4	21 η UMi
6	L'étoile du sud à l'arrière	Ϡ	17½	+72⅙	2	7 β UMi
7	Celle du nord du même côté	Ϡ	26⅞	+74⅞	2	13 γ UMi
Étoile(s) voisine(s) ne faisant pas partie de la constellation :						
8	L'étoile qui est sur une ligne droite avec les étoiles à l'arrière [du rectangle] et au sud d'elles	Ϡ	13	+71⅞	4	5 UMi

Nota : λ Longitude – β Latitude [12]

À noter que Ptolémée réfère les longitudes aux signes du zodiaque. La conversion est la suivante :

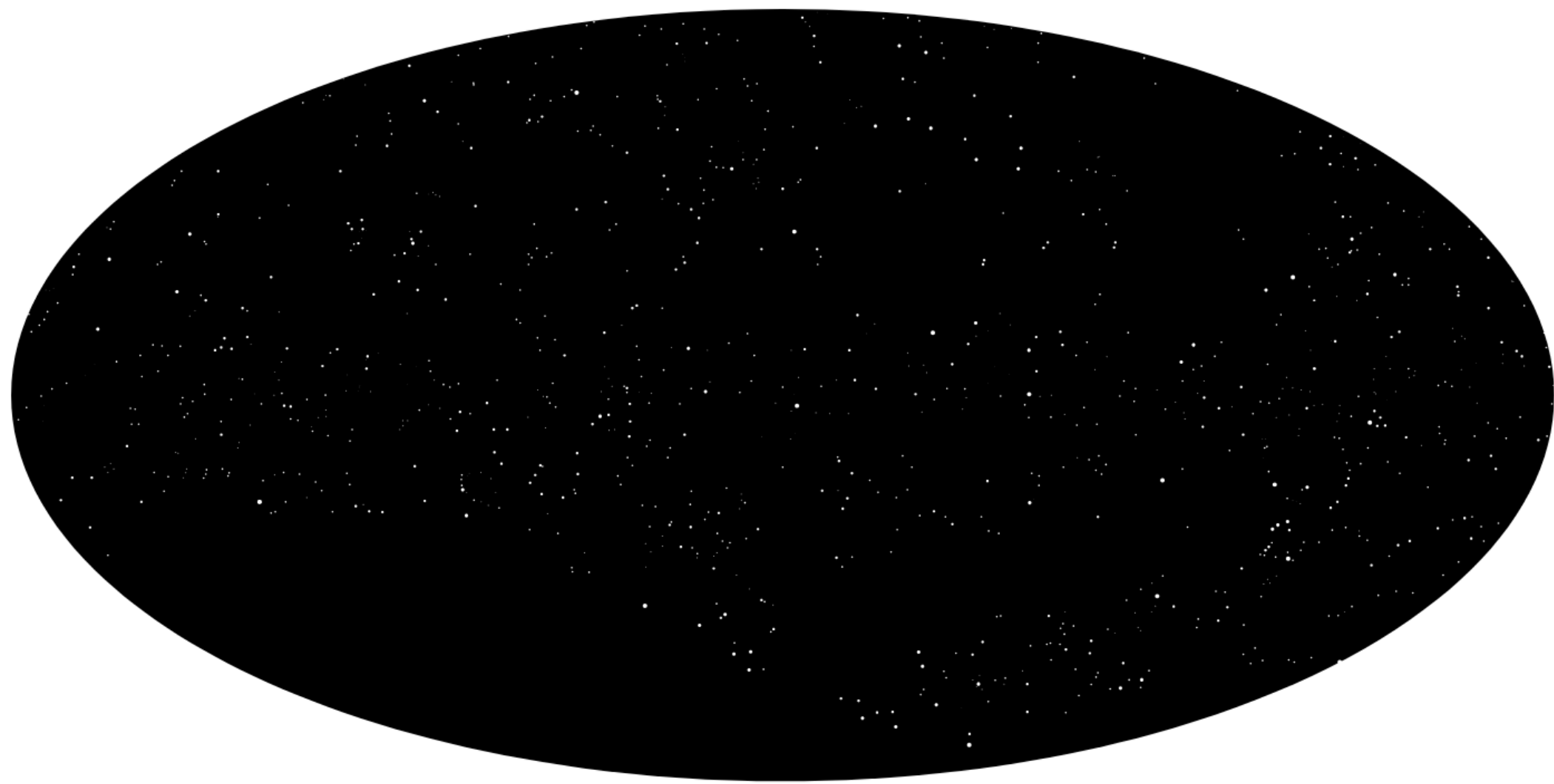
♈ 0° · ♈ 30° · ♊ 60° · ♋ 90° · ♌ 120° · ♍ 150°
♎ 180° · ♏ 210° · ♏ 240° · ♏ 270° · ♏ 300° · ♏ 330°

ainsi, la première étoile est à une longitude de ♊ 0⅞, ce qui donne une longitude de 60° + 0⅞° = 60⅞° = 60° 10'.

[12]

Pour une recension complète voir le site <https://ecliptic.ca/cat.php> [12]

CARTE DES ETOILES LISTEES PAR PTOLEEMEE



La zone vacante en bas à gauche correspond à la portion du ciel qui était invisible d'Alexandrie à l'époque de Ptolémée, soit vers l'an 150 de l'ère commune. Comme sur la plupart des cartes célestes, le nord est en haut et l'est à gauche.

« On peut ... regarder les hypothèses de l'astronomie comme de simples **fictiones mathématiques** que le géomètre combine afin de **rendre les mouvements célestes accessibles à ses calculs** ; on peut y voir aussi la description de corps concrets, de **mouvements réellement accomplis**. Dans le premier cas une seule condition est imposée à ces hypothèses, celle de **sauver les apparences** ; dans le second cas, la **liberté** de celui qui les imagine se trouve beaucoup **plus étroitement limitée** ; s'il est en effet adepte d'une philosophie qui prétend connaître à la céleste essence, il lui faudra mettre ses hypothèses en accord avec les enseignements de cette philosophie ...

Ptolémée ...[a adopté] ... la première de ces options, sans se mettre en peine de rien, si ce n'est l'accord entre les résultats [de ses] calculs et les données d'observation »

Ptolémée géographe

CLAVDII PTOLE

MÆI ALEXANDRINI
GEOGRAPHICÆ ENAR.
NATIONIS

LIBRI OCTO.

EX BIBLIBALDI PIRCKEYMHERRI

translatione, sed ad Græcæ & persicæ exemplaria à Mi-
chaele Villanouano iam primum recognita.

Adiecta insuper ab eodem Scholia,

quibus exoleta urbium no-
mina ad nostrum seculum

hæc notæ expo-
nuntur.

*

QUINQUAGINTA ILLÆ QUOQUE CUM

notis non recitatæ sed ad exemplaria præ-
sentata hæc et nota

explicatæ.



LVGDVNI
EX OFFICINA MELCHIORIS ET
GASPARIS TRECHSEL FRATRVM
M. D. XXXV.

« **La Géographie** » est divisé en huit livres. Le premier de ceux-ci expose les bases théoriques du sujet. Les six livres suivants sont consacrés aux diverses parties du monde connu, et contiennent entre autres les coordonnées d'environ 8 000 localités. Le huitième et dernier livre, après une brève introduction, utilise les informations contenues dans les livres précédents pour atteindre l'**objectif final : dessiner des cartes géographiques** de tout le monde habité. Il en contient 27, une carte générale et 26 régions détaillées.

Miguel Servet – Domaine public

« [Ptolémée] va finalement donner suite à son projet et faire pour le monde habité ce qu'il avait fait pour le ciel étoilé : en dresser la carte, ou plutôt en donner les éléments nécessaires pour permettre à quiconque d'en dresser la carte »

[2] page 107

« L'étude de la forme et des dimensions de la Terre , la connaissance de sa position par rapport au ciel, sont des préalables indispensables si l'on veut être capable d'indiquer les dimensions et les caractéristiques connues de la Terre »

[2] page 302

« « **La Géographie** » ... instruction pour dessiner une carte du monde ... a été conçue ... comme un manuel de cartographie ... description de l'**Oeucumène*** faite de lieux définis par leurs coordonnées ... discussion sur la meilleure méthode pour représenter les terres habitées en fonction des sources disponibles ... (Observations astronomiques, mesures itinéraires sur terre et sur mer) ... une série d'instructions en vue de construire les cartes »

* Oeucumène : ensemble des terres habitées

[4] page 14

Cet ouvrage n'est connu qu'à travers plusieurs traductions dans des langues différentes.



Reproduction d'une carte de Ptolémée imprimée au XVe siècle.
(Lord Nicolas the German – Domaine public)

Son Oeucumène s'étend sur une longitude de 180° dont le méridien d'origine est les Îles Fortunées (Canaries) et en latitude de -16° (Agisymba en Afrique subsaharienne) à $+63^\circ$ (Thulé = Islande?) par rapport à l'équateur.

Ptolémée astrologue

Le traité de Ptolémée sur l'astrologie, le **Tetrabiblos** était l'ouvrage astrologique le plus célèbre de l'Antiquité.

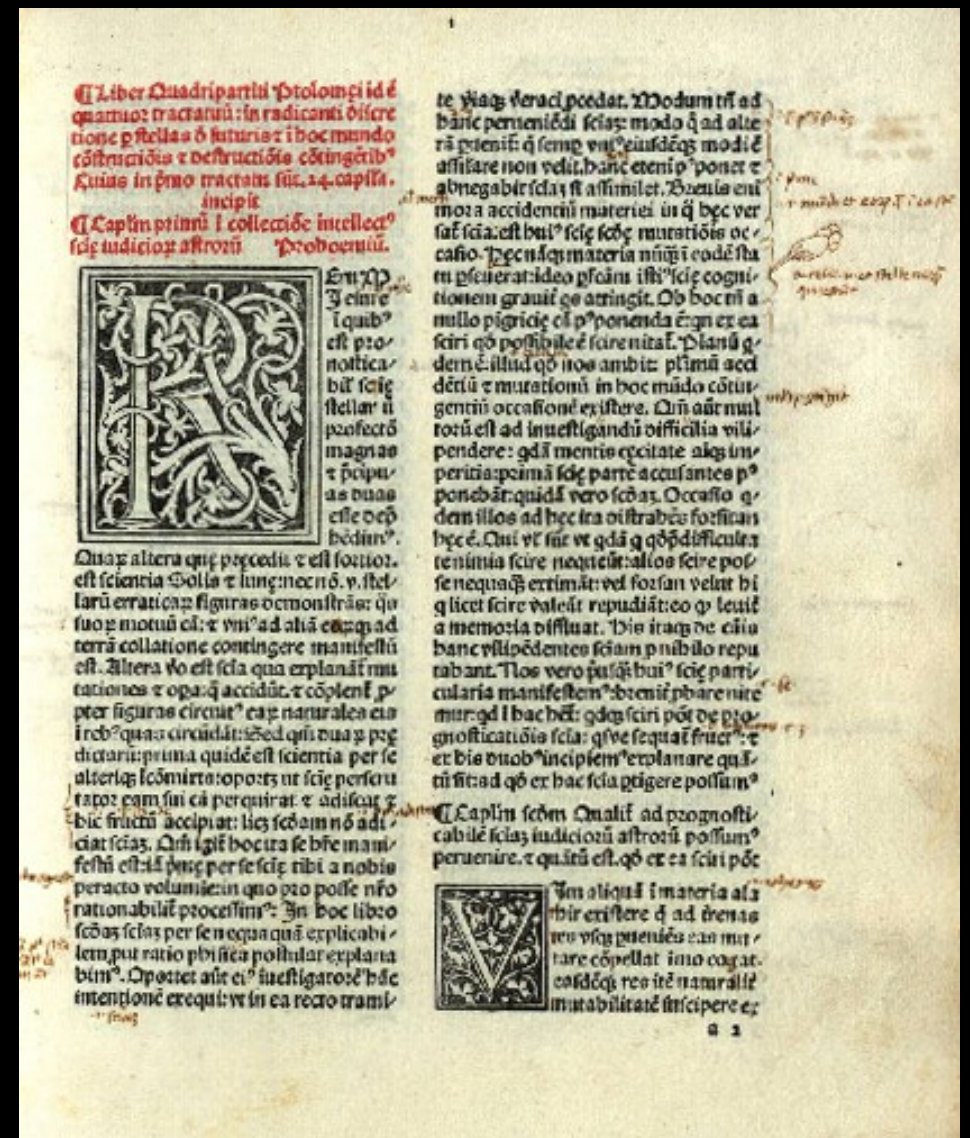
Ptolémée assigne des pouvoirs aux planètes, ainsi qu'aux constellations, dus aux saisons. Il étudie les relations entre signes et les affinités planètes/signes.

« ... la prévision [du Tetrabible] concerne l'homme lui-même ... dont le destin serait influencé par des « effluves » que les astres déverseraient sur la Terre »

[2] page 70

« [Ptolémée] veut prouver la possibilité d'abord, l'utilité ensuite, des prévisions qui reposent sur l'étude des configurations astrales ... Si l'on constate des erreurs, dans certains pronostics, elles sont imputables non à la science, mais aux faiblesses de ceux qui la pratiquent ... »

[2] page 74



Claudius Ptolemy — Title page of Quadrupartitum — Domaine public
Traduction en latin de Plato de Tivoli, éditée en 1484 par Erhard Ratdolt, à Venise — source : [11]

« Le Tetrabible est certainement l'un des ouvrages de Ptolémée qui a le plus suscité la controverse. Cette présentation dogmatique d'un système astrologique tout droit sorti de l'imagination de l'auteur ... paraît aux modernes peu compatible avec la haute tenue scientifique [de l'Almageste] ; pendant longtemps, en revanche, la réputation de Ptolémée a reposé essentiellement sur son œuvre astrologique »

[2] page 103

« Il ne faut pas croire que tout arrive aux hommes par une cause céleste (...)

*Les choses inférieures changent par un destin naturel et muable,
bien qu'elles prennent du ciel même les premières causes de leurs changements,
lesquels leur arrivent après par quelque conséquence. »*

Claude Ptolémée

Source : [11] – origine non sourcée

« Malgré les « erreurs » que, de façon anachronique, certains sont enclins à lui reprocher, le génie de Ptolémée associant l'imagination créatrice et la profondeur de l'analyse éclate dans le moindre de ses développements »

[4] page 7

Principales sources

- [1] Claude PTOLEMEE « Composition mathématique » ou « Almageste » (traduction M. HALMA) Eberhart 1816, sur https://www.google.fr/books/edition/Math%C4%93matik%C4%93_syntaxis/B7VAAAAAcAAJ?hl=fr&gbpv=1&pg=PP11&printsec=frontcover
- [2] Germaine AUJAC « Claude Ptolémée astronome, astrologue et géographe » CTHS 1993
- [3] James EVANS « Histoire et pratique de l'astronomie ancienne » (traduction Alain-Philippe SEGONDS) Les Belles Lettres 2016
- [4] Patrick GAUTHIER-DALCHE « La géographie de Ptolémée en occident (IV-XVIe siècle) » BREPOLIS 2006
- [5] Revue « Ciel et Terre » vol 105 p 91-94 « La Théorie des épicycles – L'oeuvre de Ptolémée » M. GABRIEL
- [6] Pierre DUHEM « Essai sur la notion de théorie physique – De Platon à Galilée » Hermann et fils 1908
- [7] Wikipedia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Claude_Ptol%C3%A9m%C3%A9e
- [8] Wikipedia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Almageste>
- [9] Wikipedia : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Hipparque_\(astronome\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hipparque_(astronome))
- [10] Wikipedia :
[https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ographie_\(Ptol%C3%A9m%C3%A9e\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ographie_(Ptol%C3%A9m%C3%A9e))
- [11] Wikipedia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tetrabiblos>
- [12] Pierre PAQUETTE L'almageste de Ptolémée-Catalogue d'étoiles
<https://ecliptiqc.ca/cat.php>

A detail from a medieval manuscript illustration. A man with a long, dark beard and hair, wearing a reddish-brown robe, is shown from the waist up. He is looking upwards and to the left, pointing his right index finger towards the top left corner. In his left hand, he holds a large, open, fan-like instrument, possibly a sundial or a similar astronomical device. The background is a light, textured surface. In the bottom right corner, there is a small, rectangular object with a grid pattern, possibly a book or a tablet. The overall style is characteristic of medieval manuscript illumination.

Merci de votre attention