

Géo et héliocentrisme : Une (courte) histoire de notre vision de l'Univers

Yves A. Delhaye

3 décembre 2015

Résumé

Ce document est destiné aux élèves et fait un rapide tour des théories géocentriques et héliocentriques.

Le point de vue est très "ethnocentriste" puisqu'il se limite à la vision "occidentale".

L'objectif est double :

- provoquer une discussion pour montrer que les Anciens n'étaient pas "idiots" mais disposaient de moins d'information que nous ;
- exposer les élèves une première fois (et tout en douceur) aux lois de Kepler.

Ce document sert de base à des exposés et à des démonstrations (pas seulement au sens mathématique) qui sont liés à l'étude des lois de la mécanique céleste et donc de la gravitation. Ce texte est *très* largement inspiré des cours de physique d'Yvonne Verbiest et de Messieurs Bribosia, Nachtergaele, Vanderperren et Villers publiés aux éditions De Boeck.

Je dis encore un tout grand merci à Véronique Bastin (du Planétarium de Bruxelles) qui a réalisé la plupart des figures.

Introduction

Vous trouverez ici un court historique de la cosmologie occidentale : Comment "s'organisait" l'Univers selon les Anciens.

Les deux modèles principaux qui se sont "affrontés" au cours de l'histoire sont le géocentrisme et l'héliocentrisme.

Nous évoquons les principaux acteurs dans cet affrontement pour montrer une progression dans les points de vue.

1 Le modèle géocentrique

La Terre est fixe et constitue le centre du monde, les autres planètes tournent autour d'elle.

A Thalès de Milet (600 avant J.-C.)

Ce philosophe d'Asie Mineure voit la Terre comme une plateforme reposant sur les océans qui, eux-mêmes, s'étendraient jusqu'à la voûte céleste.

B Anaximandre (550 avant J.-C.)



FIGURE 1 – La Terre est un cylindre chez Anaximandre.

Cet élève de Thalès de Milet constate que, si on se déplace à la surface de la terre ferme du nord vers le sud, la Terre est toujours courbée dans le même sens. Il en conclut que la Terre flotte librement dans l'espace sans aucun support. Il suppose que la Terre ressemble à un cylindre de hauteur finie et dont l'axe serait orienté suivant la direction est-ouest (Fig. 1 p. 2) .

C Pythagore (530 avant J.-C.)

Ce mathématicien vivant au sud de l'Italie observe que les navires sur la mer n'émergent que progressivement à l'horizon, au fur et à mesure qu'ils se rapprochent de la terre ferme et cela, quelle que soit la direction d'où ils viennent. La surface des mers serait sphérique et la Terre, dans l'espace, serait une grosse sphère (globe). Il fut le premier à attirer l'attention sur le fait qu'en dehors de la Lune et du Soleil, il existe 5 autres planètes de même forme que la Terre : Mercure (mercredi), Vénus (vendredi), Mars (mardi), Jupiter (jeudi) et Saturne (samedi). Partant de ces observations, il suppose que le monde serait formé d'un ensemble de sphères concentriques imbriquées les unes dans les autres et centrées sur la Terre immobile, chaque sphère étant animée d'un mouvement perpétuel, la dernière sphère étant celle des étoiles (théorie des sphères pythagoriciennes). L'ordre par rapport à la Terre serait Lune, Mars, Vénus, Soleil, Mercure, Jupiter, Saturne, Etoiles.

D Anaxagore (450 avant J.-C.)

Il confirme la théorie des sphères pythagoriciennes en observant la Lune. Cette dernière est un corps sphérique non lumineux qui tourne autour de la Terre et est éclairée par le Soleil. Le Soleil tourne également autour de la Terre mais à une plus grande distance (Fig. 2 p. 4)

Lors de la nouvelle lune (1), la Lune se trouve entre la Terre et le Soleil.

Au début de la lunaison (2), on observe le 1er quartier.

Lors de la pleine lune (5), la Terre se trouve entre la Lune et le Soleil.

A la fin de la lunaison (8), on observe le dernier quartier.

Un cycle complet dure 29 jours et 1/2. C'est sur cette base qu'est né le premier calendrier avec 1 mois = 30 jours (± 1 jour).

E Hipparque (150 avant J.-C.)

Il constate que le Soleil, en tournant autour de la Terre, se déplace sur une trajectoire circulaire excentrique par rapport à la Terre (Fig. 4 p. 5) .

De plus, les planètes, sur leur trajectoire, décrivent des cercles. C'est le modèle des épicycles (Fig. 3 p. 5) .

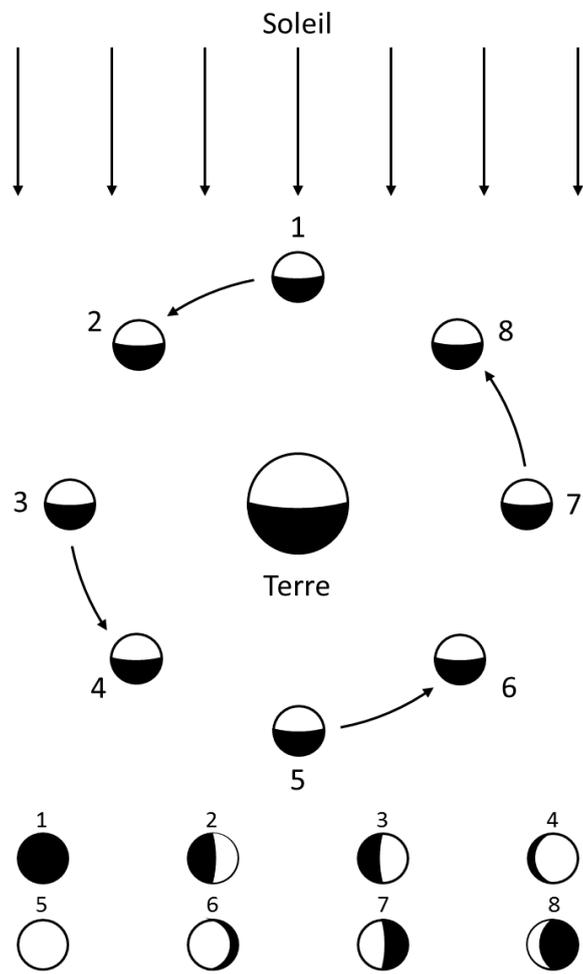


FIGURE 2 – Les phases de la Lune selon Anaxagore.

F Ptolémée (120 après J.-C.)

Il confirme la thèse d'Hipparque et introduit une précision supplémentaire. Mercure et Venus, qui restent toujours au voisinage du Soleil, suivent leur trajectoire selon un épicycle dont le centre se situe sur une droite reliant la Terre au Soleil (Fig. 5 p. 6) .

G Conclusions

Le géocentrisme se base sur 3 postulats :

- la Terre est immobile et elle est le centre du monde ;

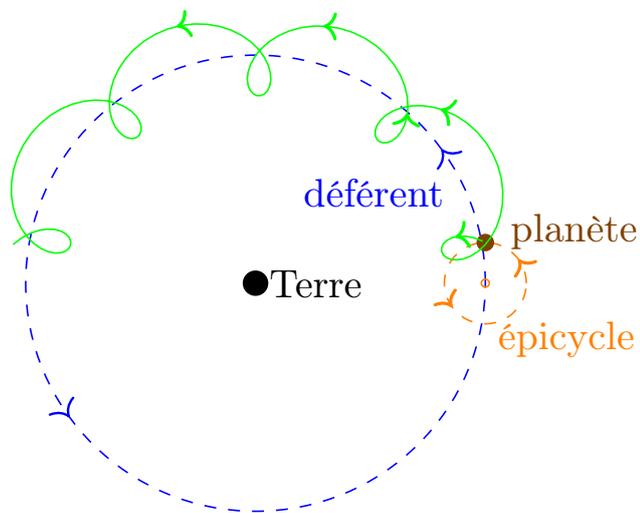


FIGURE 3 – Les épicycles selon Hipparque.

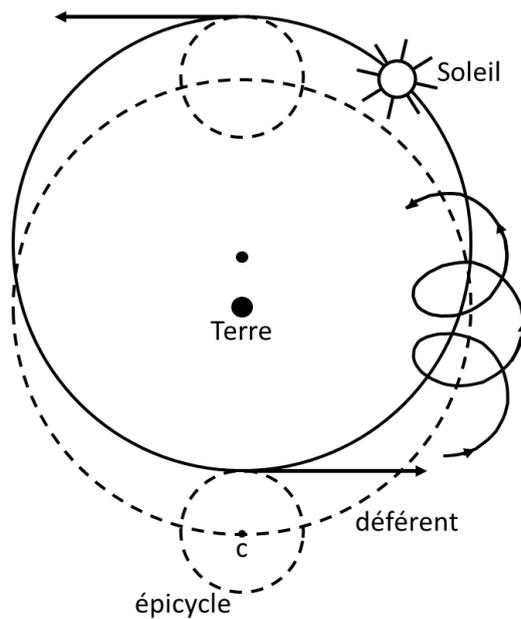


FIGURE 4 – Le Soleil selon Hipparque.

- les astres se déplacent sur des épicycles par rapport à la Terre ;
- il existe 2 mondes différents dans l'Univers : les corps terrestres et les corps célestes.

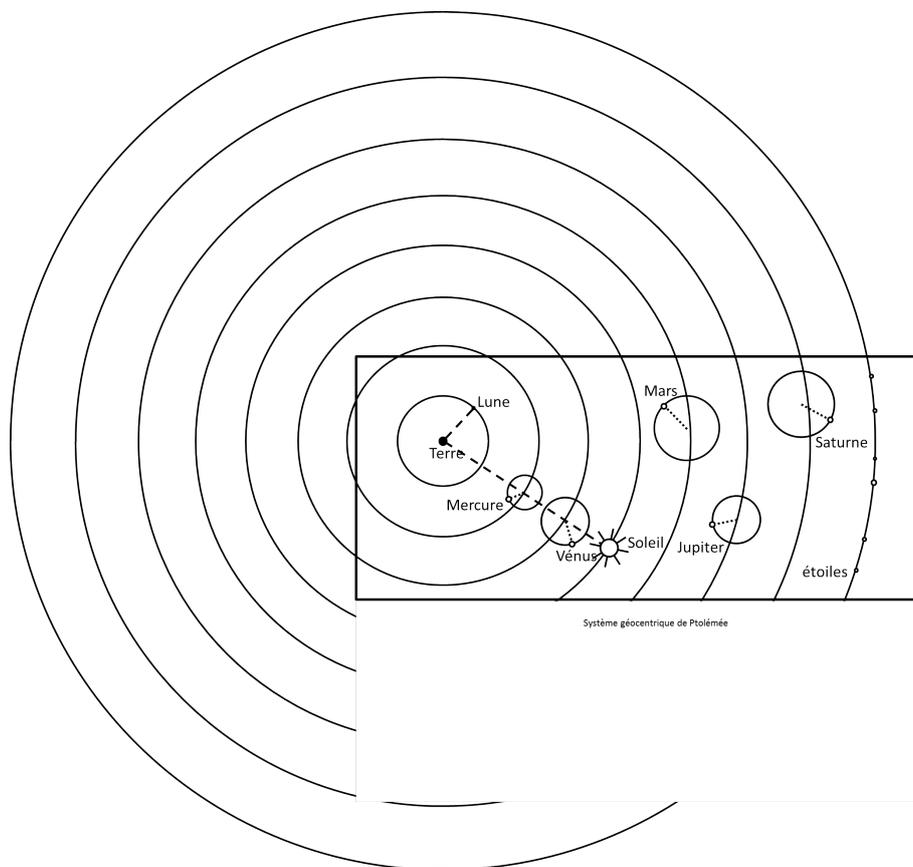


FIGURE 5 – Les épicycles selon Ptolémée.

2 Le modèle héliocentrique

Le Soleil est le centre de l'Univers et les autres planètes tournent autour de lui.

A Aristarque de Samos (III^e siècle avant J.C.)

Il disait que :

- la Terre tourne autour d'un axe nord-sud en 23h56' ;
- la Terre tourne autour du Soleil ;
- l'axe de rotation de la Terre est incliné par rapport à l'orbite terrestre de 23°.

Mais il ne fut pas écouté car le modèle géocentrique était trop bien implanté.

B Nicolas Copernic (Début XVIe siècle)

Il reprend l'idée des sphères concentriques de Pythagore en plaçant le Soleil au centre du système.

Il disait que :

- le Soleil est immobile et au centre de l'Univers ;
- les planètes (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter et Saturne) tournent autour du Soleil suivant des trajectoires propres ;
- la sphère des étoiles est fixe ; leur mouvement proviendrait de la rotation de la Terre sur elle-même.

Ce mathématicien et astronome polonais utilise le terme "orbite" pour définir la forme des trajectoires parcourues par les planètes. Ces trajectoires sont circulaires et uniformes.

C Tycho-Brahé (Fin XVIe siècle)

Ce Danois décida de faire un relevé précis des positions successives de toutes les planètes afin d'établir de nouvelles tables astronomiques. Il détermina ainsi la longueur de l'année à une fraction de seconde près et contribua ainsi à la réforme du calendrier.

D Kepler (1571-1630)

Ce mathématicien, élève de Tycho-Brahé, remplaça les anciennes trajectoires circulaires de Pythagore par des trajectoires elliptiques. Il en tira trois lois :

a) Loi n° 1

Chaque planète se déplace sur une orbite elliptique dont le Soleil occupe un des foyers (Fig. 6 p. 8).

N.B. Une ellipse est constituée par un ensemble de points P tels que la somme des distances par rapport aux foyers ($\overline{PF_1} + \overline{PF_2} = \overline{AB}$).

o est le centre de l'ellipse.

F_1 et F_2 sont les foyers de l'ellipse.

Si le Soleil est en F_1 , P est le périhélie ou périhélie (point le plus proche du Soleil) et A est l'aphélie (point le plus éloigné du Soleil).

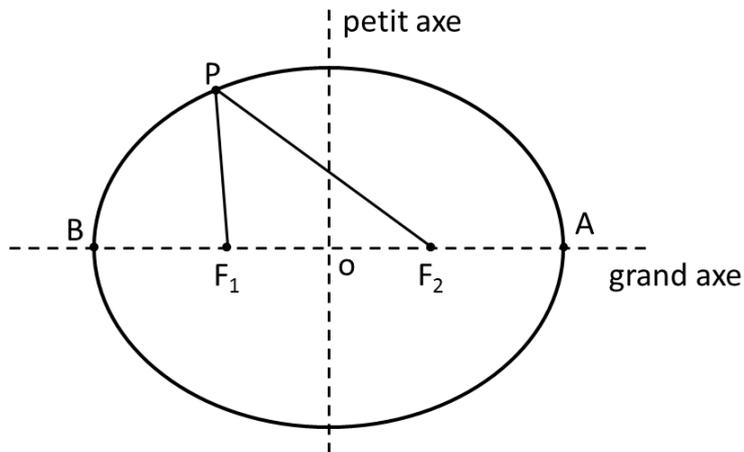


FIGURE 6 – Une ellipse : les distances depuis ses foyers jusqu'à un point de sa périphérie.

b) Loi n° 2

Une ligne reliant le Soleil à la planète balaie des aires égales en des laps de temps égaux (Fig. 7 p. 8) .

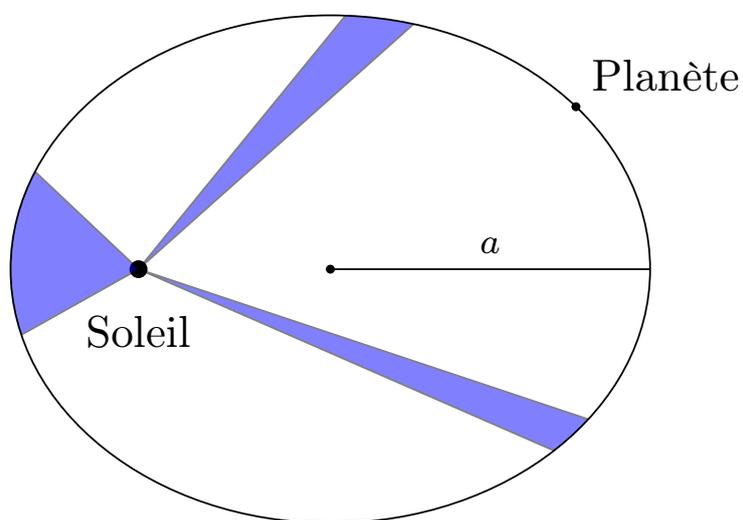


FIGURE 7 – Une planète balaie des aires égales en des temps égaux.

Lorsqu'une planète est proche du Soleil, sa vitesse est plus grande que lorsqu'elle en est éloignée.

c) Loi n° 3

Le carré de la période de révolution T est proportionnel au cube du rayon moyen R :

$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$ pour toutes les planètes tournant autour du Soleil

avec

$$R = \frac{r_{\min} + r_{\max}}{2}$$

Prenons un exemple : Jupiter est à une distance moyenne du Soleil qui est approximativement cinq fois celle de la Terre. La distance moyenne Terre-Soleil est appelée une unité astronomique : 1 ua.

Et donc :

$$\frac{T_{\text{Terre}}^2}{R_{\text{Terre}}^3} = \frac{T_{\text{Jupiter}}^2}{R_{\text{Jupiter}}^3}$$

$$\frac{(1\text{an})^2}{(1\text{ua})^3} = \frac{T_{\text{Jupiter}}^2}{(5\text{ua})^3}$$

$$T_{\text{Jupiter}}^2 = 5^3$$

$$T_{\text{Jupiter}} = \sqrt{125} \simeq 11\text{ans}$$

Ce qui correspond bien au temps mis par Jupiter pour effectuer une révolution autour du Soleil.

Ce qui est remarquable, c'est que cette loi peut s'appliquer dès qu'un objet est suffisamment massif pour que d'autres soient en orbite autour de lui (comme Jupiter et ses lunes, ou encore comme la Terre, la Lune et les satellites artificiels). La constante va cependant être différente selon le corps central. Mais ceci, comme les lunes de Jupiter n'avaient pas encore été observées, et qu'il faudra attendre le vingtième siècle pour que la Terre ait des satellites artificiels, Kepler ne le savait pas !

d) En résumé

Ces 3 lois qui s'appliquent aux planètes et à leurs satellites restent empiriques. Elles disent comment les planètes tournent autour du Soleil mais sans en donner les causes. Elles laissent cependant entendre qu'un principe commun est à l'œuvre pour toutes les planètes du Système solaire.

E Galilée (1564-1642)

Ce philosophe et astronome italien insistait surtout sur l'importance de partir de l'expérience pour extraire des hypothèses et non pas de se baser sur des idées préconçues.

Son conflit avec l'Église dura plus de 20 ans. Après son procès, il resta en résidence surveillée pendant les douze dernières années de sa vie.

Il construisit une lunette astronomique et observa notamment la surface irrégulière de la Lune et les taches sur le Soleil, ce qui remit en cause la perfection des astres supposée par certains.

Il fut un des premiers à observer les quatre plus grosses lunes de Jupiter et leurs mouvements autour de la planète géante. Ce qui suggérait, entre autres, que la Lune tournait autour de la Terre. Ces quatre lunes (Io, Europe, Ganymède et Callisto) sont d'ailleurs appelées les lunes galiléennes de Jupiter.

Table des matières

1 Le modèle géocentrique	2
A Thalès de Milet (600 avant J.-C.)	2
B Anaximandre (550 avant J.-C.)	2
C Pythagore (530 avant J.-C.)	3
D Anaxagore (450 avant J.-C.)	3
E Hipparque (150 avant J.-C.)	3
F Ptolémée (120 après J.-C.)	4
G Conclusions	4
2 Le modèle héliocentrique	6
A Aristarque de Samos (IIIe siècle avant J.C.)	6
B Nicolas Copernic (début XVIe siècle)	7
C Tycho-Brahé (XVIe siècle)	7
D Kepler (1571-1630)	7
a) Loi n° 1	7
b) Loi n° 2	8
c) Loi n° 3	9
d) En résumé	10
E Galilée (1564-1642)	10