

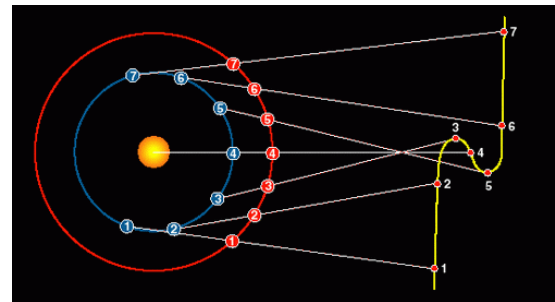


Le mouvement apparent des planètes et le modèle mathématique d'Eudoxe de Cnide (vers 410-347 av. J.C.)

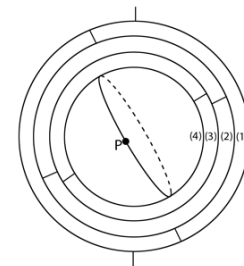
Eudoxe imagine un Univers géocentrique dans lequel les planètes et le Soleil sont animés de mouvements circulaires uniformes.

Pour comprendre la complexité du modèle conçu par Eudoxe, il faut connaître le mouvement apparent des planètes externes : le **mouvement rétrograde**

Le cercle bleu représente la trajectoire de la Terre, le cercle rouge celle d'une planète externe tournant dans le même sens autour du Soleil. La courbe jaune représente la trajectoire apparente de cette planète pour un observateur terrestre : la planète semble rebrousser chemin dans le ciel, c'est ce qu'on appelle le mouvement rétrograde.



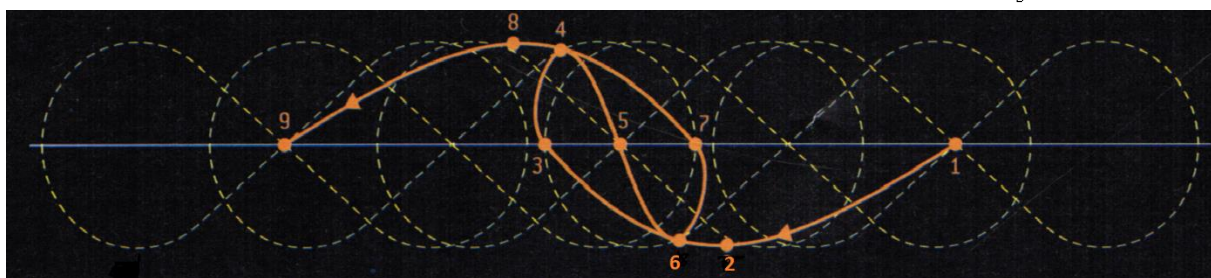
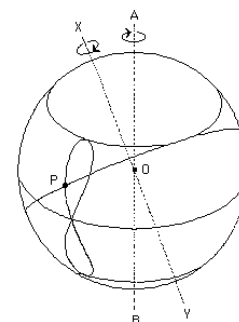
Pour traduire ces irrégularités observées des trajectoires des planètes, Eudoxe imagine qu'elles sont entraînées par quatre sphères concentriques dont les axes n'ont pas la même direction et tournant à des vitesses différentes. Trois sphères lui suffisent pour décrire les mouvements de la Lune et du Soleil qui n'ont pas de mouvement de rétrogradation.



La courbe produite par les rotations de deux sphères produit une courbe en forme de huit qu'Eudoxe nomme « hippopède » (Du grec « Hippos » : « cheval » et « pédè » : « pied » car le sabot d'un cheval grec aurait eu cette forme).

Une telle courbe peut aussi être obtenue par l'intersection d'une sphère et d'un cylindre.

La rotation des quatre sphères entraîne l'hippopède engendrant une boucle semblable à celle observée.



Crédit : Yaël Naze

Les numéros indiquent les positions successives occupées par la planète à intervalles réguliers

Ce système complexe comptant au total 27 sphères qui semblent avoir eu une existence uniquement abstraite dans l'esprit d'Eudoxe, fut amélioré et donc encore complexifié par ses successeurs : le système d'Aristote comptait 56 sphères !

Il ne rendait cependant pas compte de tous les phénomènes observés, comme la variation de vitesse et de la luminosité des planètes, aussi fallut-il concevoir d'autres modèles d'Univers.

Le modèle d'Aristarque de Samos (320-250 av. J.C.)

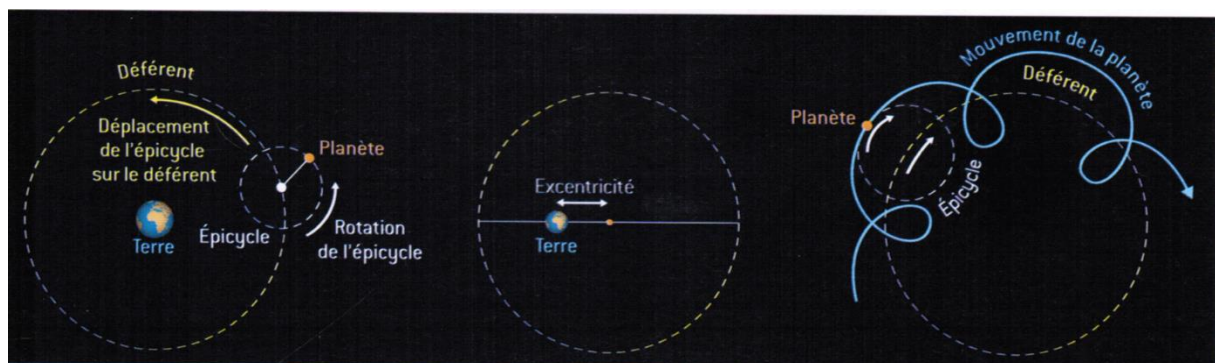
Il est le premier à avoir formulé, sans succès, l'**hypothèse héliocentrique**. Archimède explique qu'Aristarque « *suppose en effet que les étoiles fixes et le Soleil restent immobiles, que la Terre tourne autour du Soleil sur une circonférence de cercle, le Soleil occupant le centre de cette trajectoire, et que la sphère des fixes, qui s'étend autour du même centre que le Soleil, à la distance des étoiles fixes est comparable au rapport du centre de la sphère à la surface* ». (Archimède, Arénaire, I).

La mécanique d'Appolonius de Perge (262-190 av. J.C.)

Il aurait été le premier à imaginer les systèmes des **épicycles** et des **excentriques** permettant à la fois de modéliser les boucles de rétrogradation et les changements de vitesse et de luminosité.

Pour les épicycles (modèle utilisé pour décrire le mouvement des planètes), la Terre est au centre d'un cercle nommé déférent (du latin *deferens*, portant). Le centre C de l'épicycle se meut sur le déférent autour de la Terre dans la période où la planète fait un tour du ciel (sa révolution sidérale), tandis que la planète parcourt son épicycle.

Ce système, par le rapprochement et l'éloignement périodiques de la Terre, permet d'expliquer les différences de luminosité et de taille observées.



Crédit : Yaël Nazé

Pour les excentriques (modèle utilisé pour décrire le mouvement du soleil), le corps céleste se déplace le long de la circonférence d'un cercle « excentrique », c'est-à-dire un cercle dont le centre ne coïncide pas avec la Terre.

Ce que l'astronomie contemporaine doit à Hipparque de Nicée (190 - 120 av. J.C.)

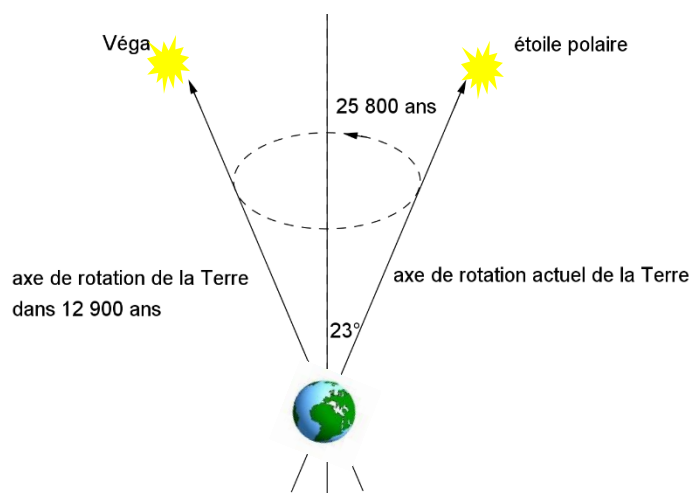
La précision des observations s'accroît progressivement. On doit à Hipparque le premier **catalogue astronomique** dans lequel les étoiles sont classées selon leur luminosité. Pline l'ancien explique l'importance de ce catalogue :

« Il osa ainsi faire quelque chose qui serait téméraire même pour un dieu : à savoir, compter le nombre des étoiles à l'intention de ses successeurs et réviser nommément la liste des constellations. Pour ce faire, il inventa des instruments qui permettaient d'indiquer leurs diverses positions et leurs grandeurs, de façon que l'on pût découvrir facilement, non seulement si certains astres périssaient et naissaient mais encore si l'un ou l'autre changeait de position, ou était en mouvement, et aussi s'ils croissaient ou décroissaient en grandeur. Il laissa ainsi le ciel en héritage à l'humanité, si l'on avait pu trouver quelqu'un qui eût été en mesure de revendiquer cet héritage ». (Pline, *Histoire naturelle*, II, 25, 95).

Le catalogue d'Hipparque ne nous est pas parvenu. Son existence nous est notamment connue par Ptolémée qui l'a utilisé. Il donnait la position de 850 étoiles (longitudes et latitudes).

Hipparque range les étoiles selon leur luminosité : dans la classe 1 les étoiles les plus brillantes, dans la classe 2 celles qui le sont moins, etc. jusqu'à la classe 6 pour les étoiles les moins brillantes visibles à l'œil nu. Galilée rajoutera une 7^e classe d'étoiles visibles grâce à sa lunette. Aujourd'hui on évalue la luminosité des étoiles par leur magnitude. Et comme au temps d'Hipparque, l'échelle des magnitudes est décroissante. C'est une échelle logarithmique qui s'étend de -25,6 pour l'étoile la plus brillante (le Soleil) à environ +30 pour les étoiles les plus faibles visibles grâce au télescope spatial Hubble.

Les observations d'Hipparque et leur comparaison avec les données des astronomes des siècles précédents l'ont conduit à la découverte d'une donnée astronomique capitale : la **précession des équinoxes**. La position du Nord n'est pas constante par rapport aux étoiles fixes : Il estime qu'elle se déplace d'Est en Ouest de 1° tous les 100 ans. On sait aujourd'hui, que le Nord se retrouve dans la même position tous les 25 800 ans.



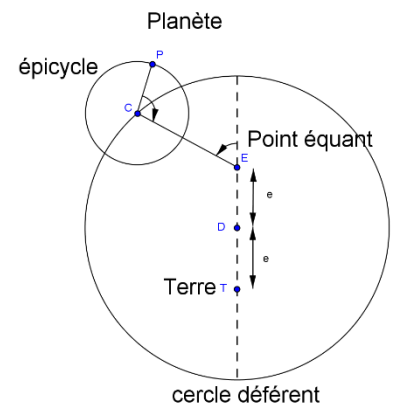
Ptolémée (60- 168) écrit une œuvre majeure de l'histoire de l'astronomie

Ptolémée est resté célèbre dans l'histoire de l'astronomie pour son grand ouvrage : « *La syntaxe mathématique* ». Brillant mathématicien, non seulement il y expose des résultats connus mais en produit de nouveaux en expliquant par quels calculs il les a obtenus. Il utilise des résultats de géométrie sphérique pour déterminer les angles entre les astres. Ce n'est pas encore la trigonométrie telle que nous la connaissons : il calcule des cordes (segment sous-tendant un arc de cercle) et en dresse des tables en montrant comment les calculer pour un angle et une latitude donnée.

Les astronomes arabes étudièrent l'œuvre de Ptolémée qui nous est parvenue sous le nom d'*Almageste* », déformation de son titre arabe.

Dans l'*Almageste*, Ptolémée reprend les modèles cosmologiques de ses prédécesseurs et conçoit un nouveau modèle plus en accord avec les observations.

- Il modifie l'ordre des astres : Terre, Lune, Mercure, Vénus, Soleil, Mars, Jupiter, Saturne, la sphère des étoiles.
- Il combine les systèmes d'épicycle et d'excentrique d'Appolonius et introduit la notion d'équant :
La Terre n'est plus au centre D du cercle déferent et le centre C de l'épicycle est animé d'un mouvement circulaire uniforme par rapport au point équant E, symétrique de la Terre par rapport à D.
La Planète est animée d'un mouvement circulaire uniforme autour de C et a fait un tour complet lorsque (EC) se retrouve dans la même direction.



Après Ptolémée, l'astronomie grecque ne progressera plus et il faudra attendre les astronomes arabes pour que des systèmes plus performants soient élaborés.

RÉFÉRENCES :

- « L'astronomie des anciens » Yaël Nazé, éditions Belin
- Le cours d'histoire de l'astronomie de l'observatoire de Paris :
http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_antiquite-moyen-age/introduction-antiquite-moyen-age.html