

À LA RECHERCHE DE LA PARALLAXE DES ÉTOILES

UN ARGUMENT DANS LA CONTROVERSE ENTRE LES CONCEPTIONS HÉLIOCENTRIQUES ET GÉOCENTRIQUES DU SYSTÈME SOLAIRE

Description

Les documents fournis ont pour but d'éclairer la controverse entre les conceptions héliocentrique et géocentrique du système solaire à partir de textes et documents consacrés à la question de la parallaxe des étoiles.

Mots-clés

Géocentrisme, héliocentrisme, parallaxe d'une étoile, unités astronomiques, relations trigonométriques, écriture scientifique.

Références au programme

3.3 – La Terre dans l'Univers

Savoirs

Observée dans un référentiel fixe par rapport aux étoiles, la Terre parcourt une trajectoire quasi circulaire autour du Soleil.

Le passage d'une conception géocentrique à une conception héliocentrique constitue l'une des controverses majeures de l'histoire des sciences.

Savoir-faire

Interpréter des documents présentant des arguments historiques pour discuter la théorie héliocentrique.

Catégorie de ressource

Documents illustrant le modèle de Tycho Brahé, textes historiques, mesures de parallaxes.

Problématique historique

Tycho Brahe (Tyge Ottesen Brahe), dit Le noble Danois, est un astronome danois dont les ressources illimitées lui ont permis de faire bâtir Uraniborg, le plus grand observatoire astronomique de l'époque, sur l'île de Hven (Suède). On le surnommera également L'homme au nez d'or pour des raisons plus romanesques.

« À une époque où prévaut encore le respect de la tradition et des anciens, il donne la priorité à l'observation, avec le souci constant de valider ses hypothèses au regard de celles-ci. Il prend grand soin de la fabrication et de la mise au point de ses instruments qui lui permettent de recueillir un nombre considérable de données. Bien qu'effectuées à l'œil nu, ces mesures sont, à leur meilleur, au moins dix fois plus précises que celles de ses prédécesseurs en Europe. »

« Ses observations très précises des positions de la planète Mars jouent un rôle décisif dans la découverte par Johannes Kepler de la trajectoire des planètes et plus généralement des trois lois qui régissent le mouvement de celles-ci. »

Extrait de la fiche Wikipédia « Tycho Brahe »

Tycho Brahe (1546 - 1601), séduit par la simplicité du système de Copernic, ne va pourtant pas jusqu'à adopter complètement ce modèle. Pourquoi ?

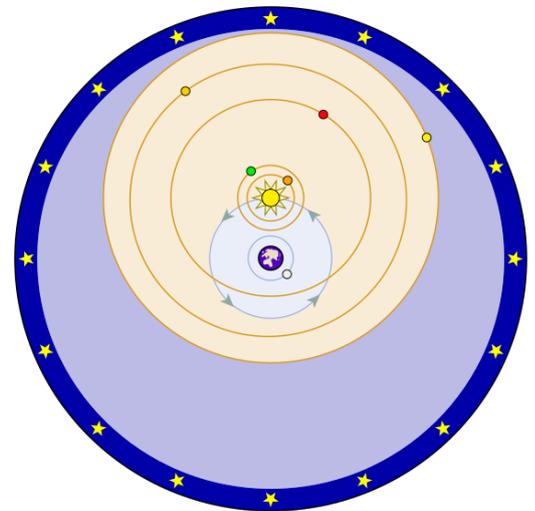
Documents

Document 1 - Modèle de Tycho Brahé (1588)

De ses observations, Tycho Brahe déduit un système à mi-chemin entre le système géocentrique et le système héliocentrique.

Dans ce système, la Terre est toujours au centre de l'univers ; la Lune et le Soleil tournent autour de la Terre ; en revanche Mars, Jupiter, Mercure, Vénus et Saturne tournent désormais autour du Soleil.

Extrait de la fiche Wikipédia « Tycho Brahe »



Document 2 - Extrait du dialogue entre Salviati et Simplicio à propos de la parallaxe des étoiles

Le mouvement annuel de la Terre autour du Soleil doit impliquer que les observateurs d'une étoile proche constatent que sa position par rapport aux étoiles « fixes » varie au cours du temps.

A l'époque de la parution du Dialogue sur les deux grands systèmes du monde, aucun astronome n'a encore été capable de détecter ces variations. Par l'entremise de ses personnages Simplicio et Salviati, Galilée nous propose deux explications :

SIMPLICIO : Franchement, j'éprouve une grande répugnance à admettre que la distance des [étoiles] fixes soit si grande que les variations dont vous parlez puissent ne pas être perçues du tout. [...]

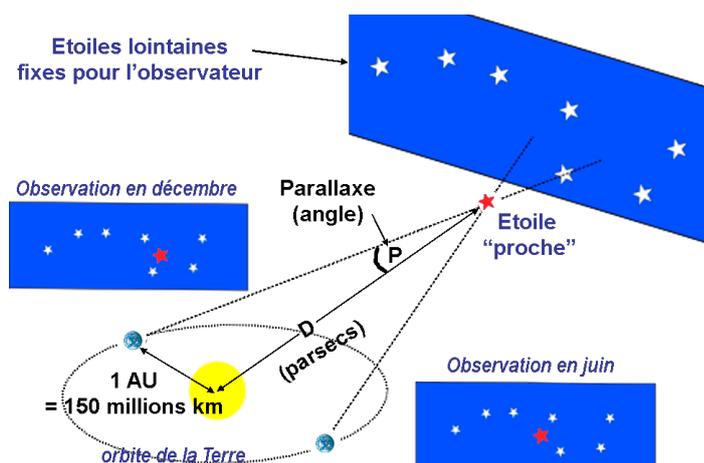
SALVIATI : [...] En bref, ce qui vous satisferait, serait-ce d'observer réellement dans les étoiles les changements qu'on devrait, vous semble-t-il, y observer si la Terre possédait le mouvement annuel ?

SIMPLICIO : Je serais satisfait sur ce point du moins.

SALVIATI : Je voudrais que vous disiez : si on observait cette variation, plus rien ne permettrait de douter de la mobilité de la Terre, puisque cette apparence ne laisserait aucune position de repli. [...], il se peut (comme l'affirme Copernic) que l'immense distance de la sphère étoilée rende inobservables de si minuscules phénomènes ; et ceux-ci, comme je l'ai dit, il se peut que jusqu'à présent on ne les ait même pas cherchés, ou bien pas comme il fallait, avec l'exactitude nécessaire pour une telle précision. Cette exactitude est difficile à obtenir : les instruments astronomiques sont défectueux, car sujets à trop d'altérations, et ceux qui les manient n'y mettent pas tout le soin qu'il faudrait.

Galileo Galilei, Dialogue sur les deux grands systèmes du monde, 1632.

Document 3 - Parallaxe d'une étoile



Source : [Wikipédia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Parallaxe_stellaire)

Le phénomène de parallaxe correspond au déplacement apparent d'un objet observé de deux endroits différents. Il est possible de le mettre facilement en évidence en regardant un objet éloigné en fermant alternativement un œil puis l'autre.

Appliqué à l'astronomie, l'objet observé est une étoile dite proche observée de la Terre à six mois d'intervalle.

Retrouvez éducol sur



Mesures de la parallaxe de quelques étoiles

À l'époque de Tycho Brahé, aucune mesure n'a permis de mettre une parallaxe en évidence.

En effet, la parallaxe d'une étoile est si faible qu'il faudra encore attendre près de deux siècles (1858 exactement) pour que Friedrich Bessel parvienne à déterminer la première parallaxe d'une étoile, l'étoile 61 Cyg ! Des mesures beaucoup plus précises ont été réalisées récemment à l'aide d'instruments embarqués par le satellite Hipparcos.

Étoile	Parallaxe récente (par Hipparcos sauf 61 Cyg)
Polaire (α Umi)	$0'',008 \pm 0'',0001$
α Lyr	$0'',129 \pm 0'',001$
Capella (α Aur)	$0'',077 \pm 0'',001$
Sirius (α Cma)	$0'',379 \pm 0'',002$
Arcturus (α Boo)	$0'',089 \pm 0'',001$
α Cen	$0'',769 \pm 0'',003$
61 Cyg	$0'',287 \pm 0'',002$

Données :

- $1^\circ = 60' = 3600''$
- $360^\circ = 2\pi$ rad

Pistes d'exploitation pédagogique

Questions que l'on peut poser aux élèves

- Décrire en quoi le modèle de Tycho Brahe diffère de celui de Copernic.
- Présenter un argument scientifique qui permette à Tycho Brahe de justifier son choix.
- Déterminer la distance à laquelle il faut placer une pièce de 1 euro pour la voir sous un angle valant $1''$
- Déterminer la valeur du parsec (après en avoir donné la définition) en m et en année-lumière.

Un document d'aide à la résolution peut être fourni aux élèves pour mettre en relation l'angle sous lequel est vue la pièce (en radian), les dimensions de la pièce et la distance d'éloignement.

Conclure quant à la difficulté de mesurer la parallaxe d'une étoile.

Déterminer la distance de 61 Cyg pour illustrer la réponse (valeur mesurée par Bessel au XIX^{ème} siècle, $p = 0'',375$ à $0'',011$ près).

- On peut faire déterminer aux élèves les plus avancés l'incertitude commise sur la distance Terre-61 Cyg avec les mesures les plus récentes (valeur du satellite Hipparcos : $0'',294$ à $0'',029$ près).
- Il est possible de faire comprendre aux élèves les raisons qui ont poussé Tycho Brahe à proposer son modèle. En effet, l'absence de parallaxe observable (car trop faible pour la précision des instruments de l'époque) est un fait brut qui contribue à ne pas à valider le modèle héliocentrique de Copernic.

Retrouvez eduscol sur



Commentaires et points d'attention

Sources des documents originaux

Galileo GALILEI, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, 1632.

François ARAGO, *un savant généreux* de James Lequeux, p.278-279.

Précisions

On peut faire le choix de ne donner que la parallaxe de 61 Cyg dans le document 3 afin d'alléger le document à distribuer aux élèves.

Complément : parallaxe et « aberration » stellaire

La mesure de la première parallaxe ne constitue pas la première preuve du mouvement de la Terre autour du Soleil. Un autre phénomène, l'aberration stellaire, conduit pour toutes les étoiles à un changement annuel de leur direction apparente.

Dès le XVII^e siècle, les astronomes avaient observé que les étoiles, pourtant dites « fixes » parce qu'on les croyait immobiles, ont un mouvement. Sans explication, Cassini qualifie cette observation d'aberrante, ce dont s'inspire le nom « aberration stellaire » que l'on utilise aujourd'hui pour qualifier le phénomène.

C'est en 1727 que James Bradley, suite à ses observations minutieuses de l'étoile γ Draconis, l'interprétera comme le « reflet » dans le ciel du mouvement de la Terre autour du Soleil.

Pour comprendre, on peut présenter l'analogie suivante décrite dans l'ouvrage de James Lequeux, François ARAGO, *un savant généreux* p.134 : « le son qui nous parvient d'un avion en mouvement paraît provenir d'un point en arrière de sa position visible, car l'avion a avancé pendant le temps que le son a mis à nous parvenir [...]. C'est donc un effet purement géométrique. [...] Pour les astronomes, l'aberration, qui est due à la nature finie de la vitesse de la lumière, a pour conséquence que toutes les étoiles effectuent un mouvement apparent annuel dont l'amplitude totale est d'environ 40" ». Ce phénomène ne dépend pas de la distance qui sépare l'étoile observée de notre Soleil et possède une amplitude bien plus grande. Il n'en reste pas moins une preuve du mouvement de la Terre par rapport au référentiel de Copernic.

C'est dans la différence des directions apparentes *relatives* des étoiles proches et des étoiles lointaines que se situe le phénomène de parallaxe.