

La Terre dans l'Univers

Objectif

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

Constitution du groupe

6 élèves dont :

- 3 HGGSP
- 1 HLP
- 1 PC
- 1 Math

Pour l'exposé

Vous êtes les seuls à avoir une vue d'ensemble des exposés. Vous interviendrez ponctuellement entre chaque groupe pour faire le lien entre les parties :

- **G1 : le modèle de l'Antiquité**
- G2 : Aristarque
- **G1 : Les complications du modèle antique**
- G3 : Ptolémée
- **G1 : Le problème du calendrier**
- G4 : Copernic
- **G1 : De Copernic à Galilée**
- G5 : Galilée
- **G1 : L'héliocentrisme et l'Eglise**
- G6 : Isaac Newton
- **G1 : Conclusion et part de l'observation et des mathématiques dans la construction de la connaissance.**

—
—

1. Le modèle de l'Antiquité

HGGSP

Document 1 : Des objets immobiles et d'autres en mouvement

En observant le ciel, nous pouvons identifier deux types d'objets célestes :

- ceux qui nous paraissent immobiles ;
- ceux dont nous distinguons le mouvement.

Dans l'Antiquité, les premiers furent appelés « étoiles », les seconds « planètes », du grec *planetes asteres* « astres errants ». Les Grecs comptaient sept planètes : la Lune, le Soleil, Vénus, Mercure, Mars, Jupiter et Saturne.

Le Soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest. Nous observons le mouvement circulaire du Soleil autour de la Terre au fur et à mesure de l'avancement de la journée. Dans le référentiel géocentrique, le Soleil tourne autour de la Terre

Document 2 : La voûte céleste selon Platon et Aristote

Selon Platon (428-348 av. J.-C.), le monde est construit par le dieu Démoniurge et est divisé en deux parties :

- la sphère des étoiles qui tourne immuablement autour de l'axe du monde ;
- sept cercles inégaux correspondent aux sept planètes, en mouvement autour de la Terre située au centre.

Dans son Traité du ciel, Aristote (384-322 av. J.-C.) souhaite décrire le cosmos tel qu'il est réellement. D'après sa théorie des quatre éléments, la Terre doit être au centre car ce qui est lourd va naturellement vers le bas. Ce modèle sera adopté par la majorité des savants de l'Antiquité et du Moyen-Âge. Selon lui :

- en dehors de la sphère ultime, il n'y a rien ;
- la sphère ultime fait tourner la sphère des étoiles autour de l'axe du monde, elle est animée par le premier moteur ;
- le cosmos est divisé en deux régions : le monde sublunaire, celui du mouvement et des quatre éléments : de la Terre jusqu'à la Lune, le monde supralunaire, parfait et immuable : au-delà de la Lune.

Document 3 : L'Harmonie des sphères selon Pythagore

Selon Pythagore (VI^e siècle av. J.-C.), la Terre est placée au centre du cosmos, et autour d'elle se trouvent les sept planètes, chacune portée par une sphère en rotation. Les planètes ne sont donc pas elles-mêmes en mouvement, mais portées par une sphère en mouvement.

1. D'après les documents, représenter le Cosmos tel que le voyait les Anciens.
2. Est-ce que ce modèle est cohérent ? Justifier.

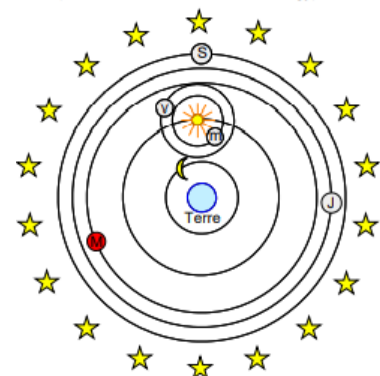
2. Les complications du système géocentrique

PC

Document 4 : La place de Vénus et Mercure

L'observation attentive du ciel a poussé les Egyptiens, cinq siècles avant JC, à modifier un peu ce système, en effet Vénus et Mercure ne sont jamais observés en pleine nuit mais seulement au lever ou au coucher du Soleil. Pour les Egyptiens, Mercure et Vénus ne tournent pas directement autour de la Terre : elles tournent autour du Soleil qui lui-même tourne autour de la Terre.

Représentation de l'univers chez les Egyptiens



1. Utiliser le logiciel Stellarium pour montrer que « *Vénus et Mercure ne sont jamais observés en pleine nuit mais seulement au lever ou au coucher du Soleil.* »
2. Montrer que l'organisation de l'univers des grecs permet d'imaginer une situation où Mercure et Venus sont visibles en pleine nuit. Proposer une explication en réalisant un schéma.
3. Montrer que le l'organisation de l'univers des égyptiens permet de résoudre le problème de Mercure et Vénus.

Document 5 : Des irrégularités observées

Platon observe des irrégularités lorsqu'il essaye de déterminer la trajectoire des astres. Les prédictions du modèle géocentrique « simple » ne correspondent pas à la réalité observée.

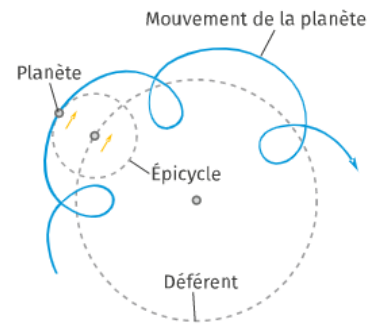
- Mars et Saturne : pour un observateur terrestre, en prenant comme référence les étoiles très éloignées, Mars semble par moment reculer, pour reprendre ensuite sa trajectoire circulaire. On parle de « rétrogradation ». De même, Saturne semble ralentir, puis accélérer : on parle de « station ».
- Précession des équinoxes : l'orientation de l'axe des pôles par rapport aux étoiles change au fil du temps.
- Variation de l'éclat des planètes : les planètes semblent plus ou moins lumineuses selon le moment d'observation, ce qui indiquerait que leur distance à la Terre varie.
- Variation de l'axe de rotation du monde : les planètes semblent monter ou descendre par rapport à leur plan de rotation.

3. Le calendrier

MATH

Document 6 : La théorie de l'épicycle

Ptolémée, dans l'Almageste au cours du II^e siècle après J.-C., s'éloigne des principes philosophiques d'Aristote, notamment des sphères solides portant les planètes, et traite l'astronomie de façon géométrique. Il formalise la théorie de l'épicycle initiée par Eudoxe en lui ajoutant la notion d'équant.



1. Quels sont les avantages et les limites du modèle de Ptolémée ?

Document 7 : Le concile de Nicée

Le concile de Nicée établit que l'Almageste, ouvrage d'astronomie de Ptolémée, serve de référence pour établir les dates religieuses du calendrier julien.

La date de Pâques est fixée par le concile de Nicée au premier dimanche après la première pleine lune qui suit l'équinoxe de printemps. Il faut donc trouver cette date pour l'équinoxe.

Mais la rotation de la Terre sur elle-même n'étant pas parfaitement synchrone avec sa rotation autour du Soleil, l'équinoxe se décale en réalité de 11 minutes par an. La date de Pâques est donc inexorablement décalée vers l'été.

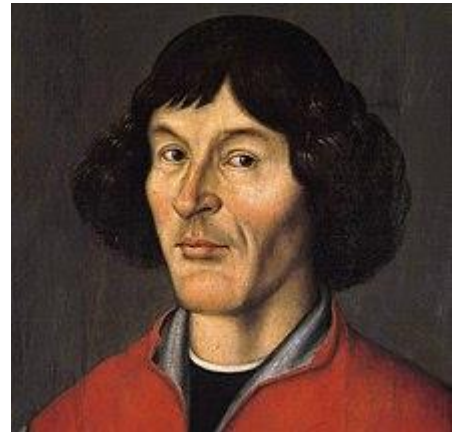
2. Rechercher ce qu'est le calendrier julien.
3. Rappeler ce qu'est un équinoxe. Quel jour se produit-il cette année ?
4. Expliquer « Mais la rotation de la Terre sur elle-même n'étant pas parfaitement synchrone avec sa rotation autour du Soleil ».
5. En combien d'années le décalage atteint-il un jour ?
6. De combien de jours est le décalage en 1512, lors du Ve Concile de Latran ?

7. De Copernic à Galilée

HGGSP

Document 8 : Nicolas Copernic

Nicolas Copernic (1473-1543) est issu d'une famille de commerçants polonais. Reconnu pour ses compétences mathématiques, il est sollicité par le Ve Concile de Latran pour expliquer le décalage entre les observations astronomiques et le calendrier. Après 30 années de mesures, de recherches et de calculs, il finit d'écrire *De revolutionibus orbium coelestium*, œuvre dans laquelle il explique les mouvements des astres par le modèle héliocentrique.



Son système n'est cependant pas exempt de problèmes, car les trajectoires des planètes ne sont pas parfaitement circulaires. Il introduira donc des épicycles, comme Ptolémée l'avait fait avant lui. Malgré la présence de ces épicycles, le système créé ici est bien plus élégant que celui de Ptolémée. À l'époque de Copernic, ce modèle n'a guère de succès, principalement pour des considérations physiques :

- si la Terre est en mouvement, comment se fait-il que nous n'en ressentions pas les effets ?
- ce modèle multiplie le volume du cosmos par 8 milliards et induit donc la présence d'immenses espaces vides, ce qui est contraire aux thèses aristotéliciennes.



1. Quel est l'avantage du modèle de Copernic sur celui de l'Antiquité ?
2. Rechercher l'année de publication de son ouvrage et comparer avec l'année de sa mort. Commenter.

Le modèle de Copernic se diffuse très lentement. Un de ses défenseurs sera Johannes Kepler, mathématicien prussien qui travaillera sous l'égide de Tycho Brahé à Prague.

3. Rechercher qui est Johannes Kepler et Tycho Brahé ainsi que leurs relations.

Document 9 : Tycho Brahé

Tycho Brahé (1546-1601) est surtout connu pour l'immensité des données astronomiques qu'il a recueillies au cours de sa vie, à l'aide d'instruments de mesure qu'il créa lui-même. Les observations d'une supernova en 1572 et d'une comète en 1577 le conduisent à remettre en cause l'astronomie d'Aristote. En effet, contrairement à ce qu'affirmait le philosophe grec, le monde supralunaire n'est pas immuable, il est soumis au changement. Connaissant donc les faiblesses du modèle d'Aristote, il refuse cependant d'accepter le modèle de Copernic principalement parce qu'il impose la présence de très grandes zones de vide, ce qui lui semble absurde. Tycho Brahé crée alors un nouveau modèle.



4. Décrire le modèle de Tycho Brahé à partir de la représentation ci-dessus.



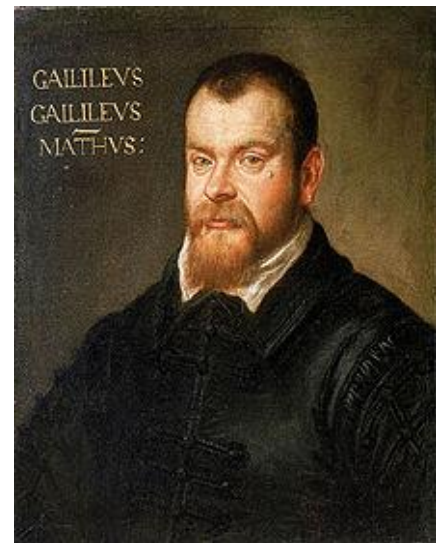
5. L'héliocentrisme et l'Eglise



Document 10 : Galilée et ses observations

Au début du XVII^e siècle, Galilée (1564- 1642) améliore des lunettes réalisées en Hollande. Il parvient notamment à fabriquer une lentille agrandissant 30 fois l'image des objets observés. Il fait alors très rapidement de nouvelles découvertes : l'imperfection de la surface de la Lune, l'existence d'étoiles encore inconnues, les anneaux de Saturne, etc. Le 7 janvier 1610, Galilée observe Jupiter :

"Le 7 Janvier de cette année 1610, à la première heure de la nuit, alors que j'observais les étoiles à la lunette, Jupiter se présenta, et comme je disposais d'un instrument tout à fait excellent je reconnus que trois petites étoiles étaient près de



Ori. * * ○ * Occ.

la planète. Je pensais que c'étaient des étoiles fixes mais quelque chose m'étonnait : elles semblaient disposées en ligne droite et étaient plus brillantes que le reste des étoiles. Voici quelle était leur position par rapport à Jupiter :

Je ne me préoccupais pas d'abord de leurs distances entre elles et Jupiter car, comme je l'ai dit, je les avais prises pour des étoiles fixes. Mais quand, le 8 Janvier, guidé par je ne sais quel destin, je regardais du même côté du ciel, je trouvais une disposition très différente. Les trois petites étoiles étaient en effet toutes à l'ouest de Jupiter et elles étaient plus proches entre elles que la nuit précédente, comme le montre le dessin suivant :"

Ori. ○ * * * Occ.

Les jours suivants, Galilée continue à observer cette région du ciel. Le 13 Janvier, pour la première fois, il aperçoit quatre "petites étoiles"...

1. En quoi l'utilisation de la lunette par Galilée est à l'époque une révolution expérimentale ?
2. En quoi ces observations remettent en question le modèle hérité d'Aristote ?

En 1632, sous la pression de l'Église catholique, Galilée revient sur le modèle héliocentrique. Il est alors assigné à résidence et poursuit son travail scientifique dans le domaine des mouvements. C'est à cette période qu'il résout indirectement un des problèmes majeurs du modèle héliocentrique : nous accompagnons le mouvement de la Terre, nous ne le ressentons donc pas, de la même manière qu'un boulet lâché du haut du mât d'un bateau en mouvement retombe directement au pied du mât et non derrière. Le principe d'inertie est alors posé.

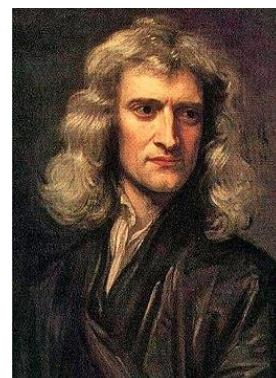
3. L'Église attaque Galilée en 1631 dans un procès retentissant. Rechercher pourquoi.

4. Newton et son héritage

HGGSP

Document 11 : Les lois de Newton

Dans *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Isaac Newton (1642-1727) décrit les mouvements des objets sur Terre et dans les cieux par trois lois mathématiques seulement. Edmond Halley les applique dans le modèle héliocentrique pour prévoir le retour d'une comète (celle observée par Tycho Brahé). La concordance entre le retour de la comète et la prévision faite avec les lois de Newton est quasi-parfaite.



1. Pourquoi parle-t-on de « loi de gravitation universelle » ?
2. Expliquer comment les lois d'Isaac Newton ont favorisé l'émergence de la physique mathématique.
3. En conclusion, quels sont les outils des scientifiques pour construire la connaissance ?