

GÉOCENTRISME-HÉLIOCENTRISME - HISTOIRE D'UNE CONTROVERSE OU L'INVENTION DE LA SCIENCE MODERNE

Description

Cette ressource résume les principales étapes historiques de la controverse entre les représentations géocentrique et héliocentrique du monde. Elle permet également de s'interroger sur la notion même de controverse scientifique.

Mots-cles

Controverse - héliocentrisme - géocentrisme – cosmologie.

Références au programme

Thème 3 : La Terre, un astre singulier
3.3 : la Terre dans l'Univers

Savoirs

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.

Introduction

Il s'agit ici de comprendre comment les savoirs et les croyances peuvent s'opposer et comment les connaissances nouvelles basées sur des calculs, des progrès dans les instruments de mesure et d'observation permettent de préciser notre représentation du monde.

Contenus scientifiques - Repères historiques : du géocentrisme à l'héliocentrisme

Observations - faits établis

Antiquité et Moyen-Âge : la pensée dominante du géocentrisme

Caractéristiques du géocentrisme

Le **géocentrisme** est une représentation du monde dans laquelle la Terre se trouve immobile, au centre de l'Univers. C'est autant une conception scientifique visant à expliquer l'univers qu'une conception philosophique du monde. Il repose sur deux principes :

- la Terre est immobile, au centre de l'univers: les changements des saisons, le jour et la nuit se font donc par mouvements extérieurs à la Terre ;
- les mouvements des planètes sont parfaits, donc circulaires, les mouvements angulaires ou rectilignes étant considérés comme brusques, forcés.

Des Hommes et des idées : chronologie

Dans la cosmologie des premiers philosophes grecs (**Thalès** vers - 625 par exemple), on trouve déjà des traces d'une thèse géocentrique selon laquelle les astres sont des corps fixés sur des sphères en révolution centrées sur la Terre. **Platon** (428 av. J.-C. – 348 av. J.-C.) voit la Terre comme une sphère au centre de l'Univers, entourée d'une sphère d'eau alors que les 7 planètes évoluent dans une région intermédiaire : sa représentation est donc également géocentrique.

Aristote (384 av. J.-C.- 322 av. J.-C.) propose lui aussi un modèle géocentrique avec une Terre sphérique. L'univers fini dans l'espace se divise en deux parties : le monde sublunaire (concerne tout ce qui est situé sous l'orbite de la Lune : cette région de l'Univers est le siège de mouvements, d'incertitudes, tout y est altéré et instable) et le monde supra lunaire. Les astres sont portés par des sphères concentriques et se déplacent à différentes vitesses suivant une trajectoire circulaire.

Ces modèles ne permettent pas d'expliquer le mouvement rétrograde des planètes, déjà bien connu : dans leur mouvement apparent depuis la Terre, les planètes semblent par moment revenir en arrière quelque temps avant de reprendre leur course, c'est la rétrogradation.

Le système permettant de modéliser ce mouvement rétrograde des planètes est proposé par **Hipparque** (190 av. J.-C. -120 av. J.-C.). On lui attribue la théorie des épicycles : les planètes tournent sur un épicycle (sorte de cercle excentré) qui lui-même tourne sur un déférent. À partir de ce système, sont créées des tables astronomiques très précises et très fiables. Ces tables permettront les premiers calculs des dates d'éclipse solaire. Enrichie de l'hypothèse des épicycles, le modèle géocentrique permet de prévoir les observations astronomiques de l'époque.

Le système de Claude **Ptolémée** (100 - 168) astronome, géographe, mathématicien et astrologue est décrit dans son œuvre « *Almageste* » écrite en grec. Il propose une théorie géométrique pour décrire de manière mathématique les mouvements apparents des planètes, du Soleil et de la Lune. Il conçoit l'univers comme un espace clos, limité par une enveloppe sphérique avec la Terre au centre et les corps célestes autour d'elle - étoiles, planètes et Soleil y compris.

Le succès du système de Ptolémée est dû au fait que ses explications concordent avec la plupart des observations faites par les astronomes de l'époque et s'accordent avec les Saintes Écritures en plaçant la Terre au centre de l'Univers, ce qui satisfait l'Église. Le géocentrisme perdure au-delà du Moyen-Âge jusqu'au XVI^e siècle.

L'époque moderne : l'émergence de l'héliocentrisme ou la naissance de la science moderne

Les premières mentions connues de l'héliocentrisme se trouvent dans des textes védiques (religions hindoues) datant des IX^e et VIII^e siècles av. J.-C. Au V^e siècle av. J.-C. **Philolaos de Crotona** est le premier penseur grec à affirmer que la Terre n'est pas au centre de l'Univers ; il fait tourner notre planète en un jour autour d'un « Feu central ». Comme elle tourne sur elle-même également en un jour, ce feu central nous est invisible et nous percevons uniquement sa lumière réfléchiée par le Soleil.

Au Moyen-Orient, vers l'An Mil, **Al-Biruni** remet en doute la cosmologie ptoléméenne en envisageant la rotation de la Terre autour du Soleil.

Le cas Copernic

Nicolas Copernic (1473 – 1543) est né dans une famille polonaise, catholique et aisée ; il bénéficie d'une excellente formation. Orphelin de père, il est pris en charge par son oncle, un évêque, qui l'envoie à l'université de Cracovie dans l'objectif de le faire élire chanoine. Copernic y découvre l'astronomie qu'il étudie pendant trois ans, car cette discipline fait partie des sept arts libéraux enseignés à l'époque à l'Université. Il se rend ensuite en Italie et y étudie le droit à l'université de Bologne. Dès son arrivée, il s'adonne aussi à l'astronomie, sa vraie passion. Il se lance dans l'observation du ciel (dès 1497) et dans la lecture de l'« *Almageste* » de Ptolémée.

En 1510, Copernic qui a refusé la carrière épiscopale à laquelle le destinait son oncle peut travailler à sa nouvelle théorie qu'il énonce dans un document intitulé « *Commentariolus* ». Ce document - qui présente l'héliocentrisme - est diffusé de façon anonyme à quelques lecteurs choisis, ce qui lui vaut d'acquiescer dans le milieu des savants une bonne réputation d'astronome et de mathématicien. Cependant certaines démonstrations mathématiques présentent des défauts.

En 1539, l'Allemand Georg Joachim **Rheticus** est attiré en Pologne suite à la lecture du « *Commentariolus* ». Il est mathématicien et a dans ses bagages le texte original, en grec, de l'« *Almageste* », beaucoup plus clair que la traduction arabo-latine sur laquelle travaillait Copernic. Il l'aide à finaliser son œuvre majeure, « *De revolutionibus orbium coelestium* » (Des révolutions des orbés célestes) qui repose sur les trois mêmes composantes que l'« *Almageste* » : une cosmologie, un outil mathématique (trigonométrie plane et sphérique) et une modélisation du mouvement des planètes. L'ouvrage publié en 1543 à Nuremberg, peu avant le décès de Copernic, présente deux préfaces. Celle de Copernic, adressée en tant que catholique au pape Paul III qui précise que sa doctrine est conforme à la véritable constitution du monde. Et celle du théologien luthérien Andreas **Osiander** qui stipule qu'il ne s'agit que d'hypothèses destinées à faciliter le calcul de la position des planètes ; c'est lui qui a surveillé l'impression du livre et il semble avoir anticipé les réactions de l'Église.

Retrouvez éducol sur



Le livre repose sur des travaux comportant peu d'observations (76) mais des calculs, des tables et des démonstrations permettant d'aboutir à l'héliocentrisme. Sa sortie est diversement appréciée :

- ceux qui calculent les éphémérides et dressent des horoscopes y voient une nouvelle source de profit, mais restent circonspects vis-à-vis de l'héliocentrisme qu'ils considèrent non pas comme une nouvelle cosmologie mais comme une simplification mathématique ;
- d'autres, tels le danois Tycho Brahe¹ et un certain nombre d'astronomes jésuites, adoptent un système géo-héliocentrique : la Terre demeure au centre du monde et les cinq autres planètes connues tournent, elles, autour du Soleil ;
- d'autres, enfin, acceptent très vite l'héliocentrisme comme véritable système du monde.

Mais, à l'époque, les autorités religieuses ne sont pas prêtes à admettre cette nouvelle cosmologie qui représente une rupture théologique inadmissible. En 1616, soit 73 ans après la publication tout de même, elles mettent le traité de Copernic à l'Index. Il y restera jusqu'en 1835 !

De la théorie à la validation des idées

L'Allemand **Johannes Kepler**, en 1619, publie son traité l' « *Épitome* » où il applique à toutes les planètes les trois lois des mouvements qu'il a découvertes et qui décrivent notamment leur orbite elliptique.

Il en va de même pour l'Italien **Galileo Galilei** (1564 - 1642) – connu en France sous le nom de **Galilée** : ses observations progressent alors grâce à l'invention de la lunette (1609) et confirment la thèse copernicienne. Il aurait ainsi découvert des montagnes sur la Lune, des lunes autour de Jupiter, des phases de Vénus et des étoiles jusqu'alors inconnues. En 1615, il est convoqué à Rome afin d'y défendre ses conceptions. De cette convocation s'ensuit le procès de Vatican dirigé par le cardinal Bellarmine qui l'accuse d'hérésie puisque sa théorie s'oppose aux Saintes Écritures (Psaume 93 : dieu a fixé la Terre ferme et immobile).

En 1633, un an après son « Dialogue sur les deux grands systèmes du monde, le ptolémaïque et le copernicien », Galilée est contraint par l'Église d'abjurer l'idée que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil, et qu'elle n'est pas au centre du monde.

En 1687, **Isaac Newton** (1643 - 1727, philosophe, mathématicien, physicien, alchimiste, astronome, théologien anglais) propose une loi universelle de la gravitation prouvant la validité des lois de Kepler. Celle-ci explique pourquoi les objets sont retenus à la surface de la Terre en dépit de sa révolution autour du Soleil et pourquoi la Lune suit la Terre dans cette révolution. Il précise tout de même : « La gravité explique le mouvement des planètes, mais elle ne peut expliquer ce qui les met en mouvement. Dieu gouverne toutes choses et sait tout ce qui est ou tout ce qui peut être. »

Les lois de Kepler et de Newton sont encore utilisées aujourd'hui, notamment pour la mise en orbite des satellites.

Mais à l'époque, face aux attaques répétées de l'Église, les astronomes cherchent à établir une preuve de la doctrine copernicienne. Ce sera la parallaxe² : si la Terre tourne autour du Soleil, on doit en effet remarquer un très léger déplacement des étoiles depuis notre planète. L'astronome anglais James Bradley sera le premier, en 1717, à faire le lien entre la vitesse de déplacement de la Terre autour du Soleil et ce déplacement lui-même.

Retrouvez éducol sur



1. Voir la ressource EDUSCOL « A la recherche de la parallaxe des étoiles »

2. Voir note précédente.

En 1838 l'astronome allemand Friedrich Bessel détermine la distance entre une étoile fixe et le Soleil et montre l'effet de parallaxe. Une preuve de plus de l'héliocentrisme.

Principes et lois en lien avec le géocentrisme et l'héliocentrisme

Voir fiche « Essentiels : les référentiels géocentriques - héliocentriques ».

Apprentissage à construire

En découvrant les faits établis au cours de différentes époques et en s'appuyant sur des exemples, l'élève doit comprendre comment la science construit et perfectionne peu à peu sa compréhension de la place de la Terre dans l'univers. Il s'agit de mettre aussi en évidence que les controverses nous montrent qu'en science, la vérité absolue n'existe pas : la meilleure théorie est celle qui est en accord avec les observations - jusqu'à preuve du contraire.

Compléments

Aspects pluridisciplinaires

Remarque

Au sens ancien, le mot planète inclut le Soleil et la Lune, mais pas la Terre.

Rappel des Temps historiques, ci-dessous, utilisés en Histoire.

- Antiquité : III^e millénaire avant J.-C (invention de l'écriture) à + 476.
- Moyen-âge : Chute de l'empire romain d'Occident de 476 à 1492 (ou 1453 prise de Constantinople par les Turques).
- Époque moderne : découverte de l'Amérique par Christophe Colomb 1492 à 1789 Révolution française.
- Époque contemporaine : Révolution française 1789 à nos jours.

En histoire, en classe de seconde, les élèves ont traité de dynamique et ruptures dans les sociétés des XVII^e et XVIII^e siècles, ils abordent ainsi la philosophie des Lumières et le développement des sciences. Ils ont découvert le rôle capital de l'esprit scientifique dans l'Europe des XVII^e et XVIII^e siècles. Le professeur a pu mettre en avant l'essor scientifique, sa diffusion et l'extension de ses champs d'application au XVIII^e (par exemple par l'Encyclopédie). Il est possible d'utiliser en point de passage et d'ouverture possible Galilée comme symbole de la rupture scientifique.

Aspects épistémologiques

L'émergence d'une controverse

Une controverse émerge quand il y a un désaccord entre un savoir établi au sein d'une communauté scientifique et un énoncé qui vient le contredire. Quand, au XVI^e siècle, tout le monde admet depuis Aristote et Ptolémée que la Terre est immobile et au centre du monde, la théorie de Copernic remet tellement en cause la pensée dominante que cela déclenche une controverse. Mais pour bien comprendre la naissance de cette controverse, il faut prendre en compte non pas les individus seuls mais les institutions sociales qui structurent l'époque : ce sont les institutions de l'Index et de l'Inquisition qui condamnent Galilée à abjurer l'héliocentrisme en 1633.

Retrouvez éduscol sur



Dans l'histoire de l'opposition entre ces deux visions du monde, on rencontre deux types distincts de controverses.

Le premier type de controverse est lié à l'affrontement de deux conceptions de la vérité. Celle des scientifiques (dont Galilée), qui s'appuie sur l'observation et sur la conformité des prédictions avec les faits observés et celle de l'Église de l'époque, qui s'appuie sur les Écritures. Ce type de controverse ne peut être résolu autrement que par des arguments d'autorité : voir le procès de Galilée.

Le deuxième type de controverse est de nature scientifique. Chacun des protagonistes accorde une primauté aux faits d'observations, mais en propose une explication différente s'appuyant sur un modèle distinct. C'est le cas par exemple des modèles de Tycho Brahe et de Copernic. Ce type de controverse peut en principe être résolu par les observations et la meilleure conformité d'une des théories aux résultats expérimentaux disponibles. C'est ainsi que le modèle de Tycho Brahe est définitivement invalidé par la découverte des parallaxes stellaires (deux siècles plus tard) qui confirment le modèle de Copernic : la controverse est résolue.

Les éléments à prendre en compte

- On ne peut pas écarter savoirs, connaissances et histoire/société.

Nicolas Copernic naît à la charnière du Moyen-âge et de la Renaissance, au moment de la fin de la guerre de Cent Ans, la prise de Constantinople par les Turcs (1453), l'invention de l'imprimerie par l'Allemand Johannes Gutenberg (1454). C'est également le temps des grandes explorations géographiques, avec la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb en 1492. Outre-Rhin, l'Église toute puissante doit faire face à la montée du protestantisme. L'heure semble donc propice aux révolutions intellectuelles.

À cette époque, dans les universités européennes, c'est l'« *Almageste* » qui est utilisé dans l'enseignement scientifique. Il n'est pas lu directement dans sa version originale grecque, c'est plutôt un ouvrage de vulgarisation qui commente la théorie et les calculs de Ptolémée. À partir de ces textes, on élabore des tables astronomiques prédisant la position des planètes. Celles-ci permettent d'établir le calendrier et de dresser les horoscopes. D'ailleurs l'astrologie est alors très en vogue, c'est la face marchande de l'astronomie. Elle est utilisée dans de nombreux domaines comme outil d'aide à la décision, notamment en médecine et en politique.

Le développement de sociétés savantes chargées de l'étude de la nature dans une perspective non théologique s'amorce dans la seconde moitié du XVII^e siècle ; ce sont des individus travaillant à la production des savoirs incluant différents groupes sociaux, du prince à l'artisan. On s'y construit une figure, une réputation, un crédit. La production des sciences et le pouvoir sont intimement liés. Ainsi quand Galilée commence à s'intéresser à l'astronomie, il est professeur de mathématiques à l'université. Ce n'est pas une matière prestigieuse à l'époque, il fait donc partie des moins payés et donne des cours privés pour subvenir à ses besoins. Il décide, afin d'avoir du temps pour observer le ciel, de devenir mathématicien du grand-duc de Toscane, et devient ainsi courtisan. Le prince offre sa protection contre des services rendus par le savant, contribuant à son prestige.

Galilée s'impose comme celui qui a le premier réfléchi, avec ses outils et sa raison, à l'organisation du Cosmos et qui a proposé un nouveau système. On le considère actuellement – de manière rétrospective – comme le père de la science moderne.

Dans la culture occidentale, entre le XVII^e et le XVIII^e siècle, l'idée que les sociétés et l'Homme progressent s'impose en Europe, cela transforme le rapport au temps et au monde. Le moment est propice car les hommes, par les grandes explorations, les grandes découvertes, ont l'impression de maîtriser le monde, la surface du globe, l'Univers.

- On ne peut pas écarter savoirs, connaissances et techniques :

Au XVII^e siècle, les savants de la révolution astronomique côtoient les artisans qui fabriquent leurs instruments de précision avec un savoir-faire absolument décisif. Les uns et les autres sont inséparables. Ainsi Galilée, lorsqu'il n'enseigne pas, passe son temps à l'arsenal de Venise, qui se trouve être une des plus grandes fabriques d'Europe, avec des artisans du verre, des charpentiers de marine ... c'est lui qui serait à l'origine de la lunette astronomique, celle qui lui a permis de valider les calculs de Copernic.

Pour aller plus loin

- Le site Gallica.bnf.fr :
 - l'astronomie et ses fondateurs – Copernic et le système du monde – Camille Flammarion
 - Télescope – dossier de Copernic à Galilée – objectif soleil 1994
- La Revue l'Histoire
 - numéro spécial n°324
 - numéro 440 « L'affaire Galilée »
- La revue Science et avenir : 9 révolutions scientifiques qui transforment le monde - HS n°191 octobre-novembre 2017
- La revue La recherche
 - Hors-série - Les plus grandes controverses scientifiques n°24 - décembre 2017
 - Hors-série - 20 scientifiques répondent à 20 questions métaphysiques n°27 Octobre-novembre 2018
- La Vie De Galilée, pièce de Bertolt Brecht

Retrouvez éduscol sur

