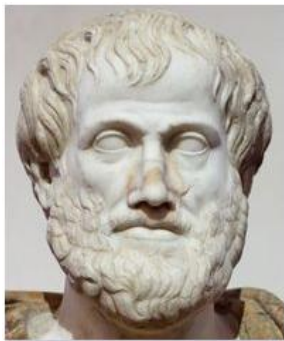
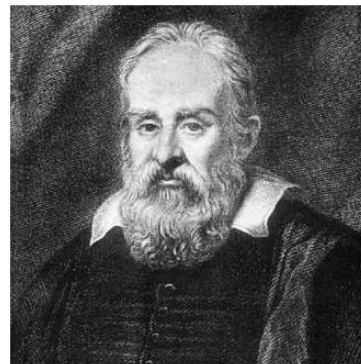
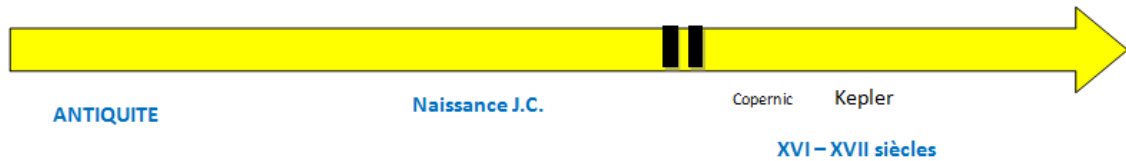


Evolution des idées en astronomie de l'Antiquité à Galilée



Détail d'un buste d'Aristote, d'après Lysippe, Musée national romain.





Compléter la frise chronologique avec le nom des savants au fur et à mesure du projet

ARISTOTE 385 323 av. J.-C

La Terre est sphérique.

Aristote est le premier à avoir avancé des arguments convaincants sur la rotondité de la Terre :

- ▶ La forme des éclipses de Lune montre que l'ombre projetée de la Terre est circulaire
- ▶ Lorsqu'un bateau s'éloigne à l'horizon, sa coque disparaît avant son mat
- ▶ Lors d'un déplacement en latitude la hauteur des étoiles dans le ciel est changeante et ne peut s'expliquer que par la courbure de la Terre



Le monde selon Aristote

C'est un monde clos, fini et hiérarchisé limité par « la sphère des fixes » : sphère céleste transparente qui supporte les étoiles et dont la rotation permet d'expliquer le mouvement des étoiles et les constellations.

▶ La Terre se trouve au centre, fixe et immobile

▶ L'orbite lunaire délimite le monde :

Supralunaire : incorruptible (créé par Dieu selon un ordre parfait et immuable)

Sublunaire : corruptible car lié au changement (naissance, vie et mort des êtres vivants)

FAIRE UN SCHEMA du monde selon Aristote

Aristarque 310-230 av J.C.

Aristarque tenta de déterminer les distances relatives de la Lune et du Soleil en mesurant leur séparation angulaire (l'angle θ) lorsque la Lune était à demi pleine (l'angle Soleil – Lune - Terre est alors de 90°). L'angle θ est de presque 90 degrés, ce qui indique que le Soleil est beaucoup plus éloigné que la Lune. Aristarque mesura un angle de 87 degrés. Il évalua donc que le Soleil était 19 fois plus éloigné que la Lune.

Puisque la Lune cache parfaitement le Soleil lors d'une éclipse solaire totale, le Soleil devait être par conséquent 19 fois plus gros que la Lune. D'autre part, par des observations d'éclipses lunaires, Aristarque évalua que la Terre était environ trois fois plus grosse que la Lune. Donc le Soleil était plusieurs fois plus gros que la Terre. Il en déduisit que la petite Terre devait logiquement tourner autour du gros Soleil.



Représentation du xvi^e siècle d'Aristarque de Samos tirée de l'atlas céleste d'Andreas Cellarius.

FAIRE UN SCHEMA du monde selon Aristarque

QUESTIONS sur le texte ci-dessous

Pour Aristarque le mouvement est relatif, il dépend du point de vue, **du référentiel**, on dit que le mouvement **d'un système est relatif au référentiel choisi**.

Pour illustrer le propos d'Aristarque : à l'aide d'une webcam Imaginez une expérience pour étudier le même mouvement avec différents points de vue.

Peut-on faire un parallèle avec l'affaire Galilée ?

Aristarque vient de publier son ouvrage « Les grandeurs et distances du Soleil et de la Lune ». Le scandale éclate...

Le grand-prêtre de Sérapis, le plus important personnage religieux d'Alexandrie, demanda au roi une audience immédiate. Et celui-ci, devant la gravité des faits, convoqua Aristarque séance tenante, devant un conseil restreint. Le roi, à l'instar de son père, avait assisté à certains cours de l'astronome, et il s'était montré assez bon élève en géométrie. Mais quand Aristarque se présenta, Ptolémée laissa la parole à l'accusation.

— J'ai lu ton ouvrage, dit le grand-prêtre sur un ton insidieux. Je ne suis pas spécialiste de ce genre de choses et j'ai peut-être mal compris. Oui, j'ai dû mal comprendre. Un homme aussi savant que toi...

— Je n'ai fait que calculer la distance qui sépare le Soleil de la Terre, en me fondant sur la puissance du raisonnement géométrique, qui...

— Sans doute, sans doute, coupa le prêtre. Mais cette distance me semble immense.

— Entre dix-huit et vingt fois celle qui nous sépare de la Lune³. Ma méthode ne permet pas, hélas, de mieux...

— Et si le Soleil est si loin que tu le dis, ou que j'ai cru le comprendre, interrompit à nouveau le prêtre agacé par les précisions de l'astronome, il est bien plus gros qu'il n'y paraît.

— Tu l'as parfaitement compris. J'avais peur de ne pas être assez clair pour parvenir à cet exploit.

Le grand-prêtre ne perçut pas le sarcasme, tant il sentait la colère monter en lui :

— Il est même, à te croire, beaucoup plus gros que la Terre. Des dizaines de fois plus gros.

— Tes dons en astronomie sont aussi grands qu'en divination. Il faudrait joindre sept Terres bout à bout pour égaler le diamètre du Soleil. Ou si tu préfères, ajouta Aristarque non sans malice, le volume de cette sphère radieuse est dans un rapport de trois cent cinquante avec celui de notre modeste habitacle⁴.

— Roi, je te prends à témoin, cet homme est d'un orgueil insensé, et par ses raisonnements fallacieux, et avec la déesse Hestia, notre Terre sacrée, comme il le ferait avec de vulgaires billes !

— Comme la luciole autour de la lanterne du monde, approuva Aristarque, imperturbable.

— Comme la luciole ! Misérable ! Te prends-tu donc pour un dieu pour te permettre d'un coup de bâton et de quelques chiffres posés sur un papyrus de détruire l'ordre du monde, d'insulter à la mémoire de tous les sages depuis la nuit des temps ? Roi, cet homme est allé trop loin. Il vient de cracher à la sainte face de la divinité. Au bourreau, Aristarque !

— Ah ! Et quelle autre hérésie profères-tu dans ton « hypothèse » ? interrogea le grand-prêtre avec une joie non dissimulée, espérant que cette fois l'astronome irait se fourvoyer dans une voie sans recours.

— J'en déduis d'abord pour l'Univers des dimensions beaucoup plus grandes que celles que nous venons de dire. De même que la Terre joue le rôle de point par rapport à la sphère du Soleil, le Soleil joue lui-même le rôle de point par rapport à la sphère des étoiles fixes. Et puisque le Soleil et le ciel des fixes sont si lointains, il est déraisonnable de penser que de si grands corps puissent tourner en bloc, et en seul jour, autour d'une aussi petite Terre.

— Absurdité ! Nos yeux nous montrent que c'est la grande voûte du ciel qui tourne ! L'évidence le crie !

— Grand-prêtre, si tu consentais à faire un tour complet sur toi-même en regardant défiler sous tes yeux les flambeaux qui ornent les murs de cette salle circulaire, n'aurais-tu point l'impression que c'est la salle qui tourne, et toi qui demeures immobile ?

Un silence stupéfait figea l'assemblée des juges durant quelques secondes.

— J'affirme donc que les étoiles fixes et le Soleil restent immobiles, reprit Aristarque en scandant ses mots. J'affirme que la Terre tourne autour du Soleil sur une circonférence de cercle. J'affirme que le Soleil occupe le centre de cette trajectoire, et que la sphère des fixes s'étend autour du même centre que le Soleil !

Deuxième silence stupéfait, brisé par un cri angoissé du grand-prêtre :

— Mais s'il en est ainsi, la Terre n'est plus le centre de l'Univers !

— Elle ne l'est plus, car elle ne l'a jamais été.

— Et la voûte céleste ne tourne plus harmonieusement au-dessus de nos têtes, car selon ta prétention insane, ce serait nous qui tournons autour du Soleil !

J.P. Luminet
Le bâton d'Euclide

Claude Ptolémé 100 -168 ap J.C.

Ce géographe et astronome grec du II^{ème} siècle a vécu à Alexandrie.

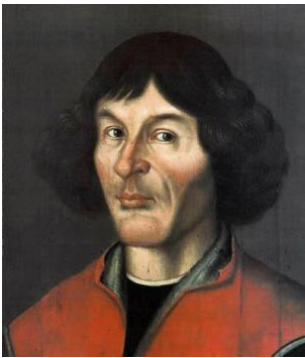
Ce **que l'on retient principalement de son œuvre**, c'est l'idée que la Terre, située au centre de l'univers, est un objet immobile, autour duquel se meuvent tous les autres objets, tels que le Soleil et les planètes.

C'est ce que l'on appelle le **géocentrisme**. (voir animation sur le réseau « ptolemaic »)

Pourquoi l'Eglise s'accommode-t-elle de ses idées ?



Nicolas Copernic



1473 – 1543 Pologne

La théorie développée par Ptolémée, semblait complexe et parfois inexacte à COPERNIC. Fort des idées développées par Aristarque, il se mit à envisager différemment le mouvement des astres.

Mathématicien, il présenta de façon fort prudente sa théorie dans **De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri** Il bouleverse les dogmes et présente son travail comme une hypothèse mathématique et non comme une réalité physique.

C'est ce qu'on appelle l'**héliocentrisme**

- En vous aidant de la simulation « ptolemaic » dessiner le système de Ptolémée et celui de Copernic et faites apparaître les légendes suivantes :

- *géocentrisme - Terre immobile et soleil en mouvement - Terre en mouvement et soleil immobile - héliocentrisme*

Copernic ne possédait alors aucune preuve directe que toutes les planètes, y compris la Terre, étaient bien en orbite autour du Soleil, mais sa théorie permettait d'expliquer correctement le mouvement des planètes. Cependant, elle n'était pas plus précise que celle de Ptolémée. Elle avait néanmoins l'avantage d'être esthétique, c'est-à-dire simple et en accord avec les observations.

Johannes KEPLER (1571-1630)

Astronome célèbre pour avoir étudié l'hypothèse héliocentrique de Nicolas Copernic .
Poursuivi pour ses convictions religieuses et ses idées coperniciennes, Johannes Kepler se réfugie à Prague invité par l'astronome danois Tycho Brahe pour y devenir son assistant
Les relations entre les deux personnages furent particulièrement houleuses ; Tycho Brahe ne croyant pas à l'héliocentrisme de Nicolas Copernic mais soutenant une autre théorie dans laquelle la Terre est au centre mais les autres planètes tournent autour du Soleil



la

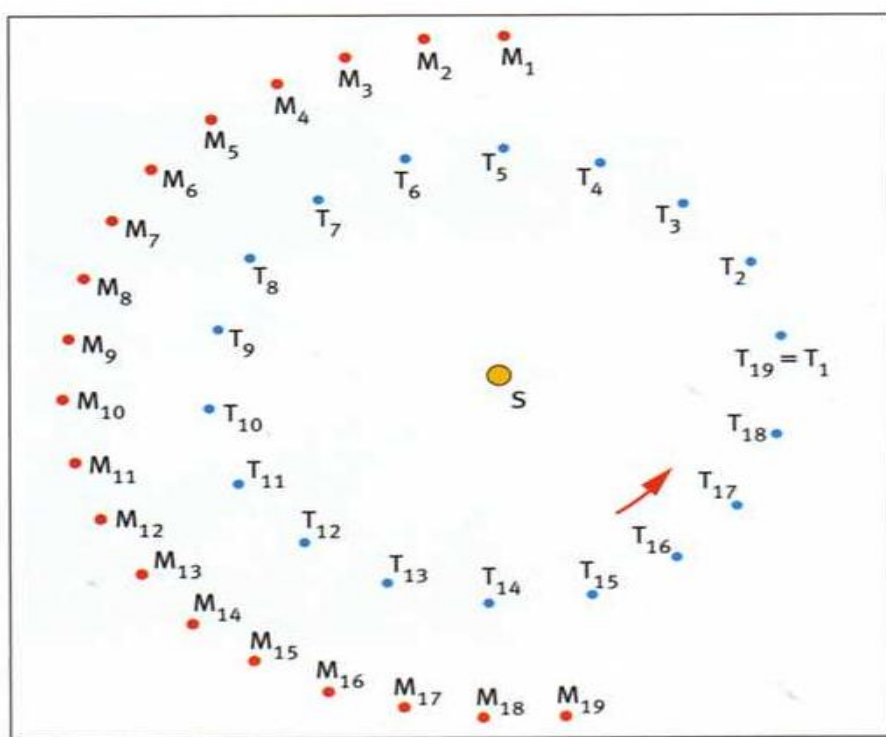
Kepler utilise les mesures de Tycho Brahe pour pouvoir expliquer le mouvement de la planète Mars

https://fr.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler

Ouvrir le fichier rétrogradation de Mars sur le réseau et noter les positions de la planète Mars au cours du temps

Comment expliquer cette curieuse trajectoire ?

Vous avez à disposition le document 2 et un morceau de papier calque



Doc. 2 Différentes positions du centre de la Terre et du centre de Mars autour du centre S du Soleil dans le plan de l'écliptique

Que représente la courbe que vous avez tracée sur le papier calque ?

Les astronomes parlent de « la rétrogradation de Mars ». Proposer une explication.

Conclusion :

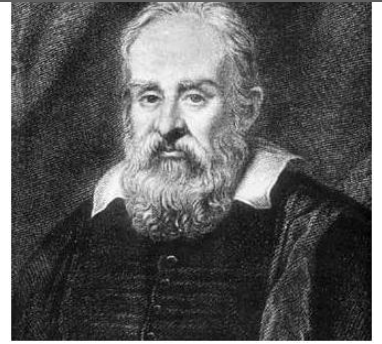
Donner une définition du **Référentiel Héliocentrique** :

du Référentiel Géocentrique :

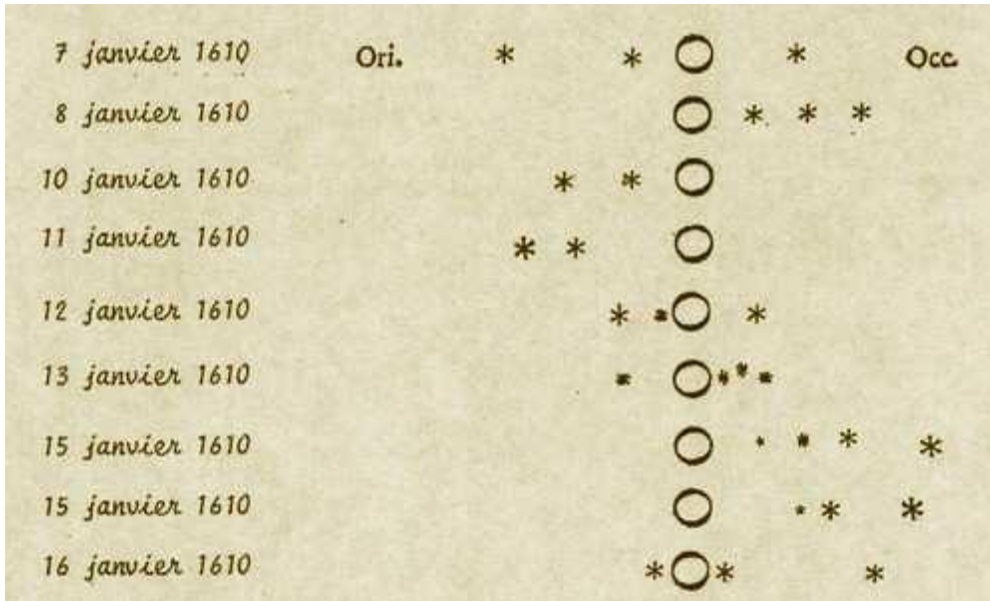
et du **Référentiel Terrestre :**

Les travaux de Galilée

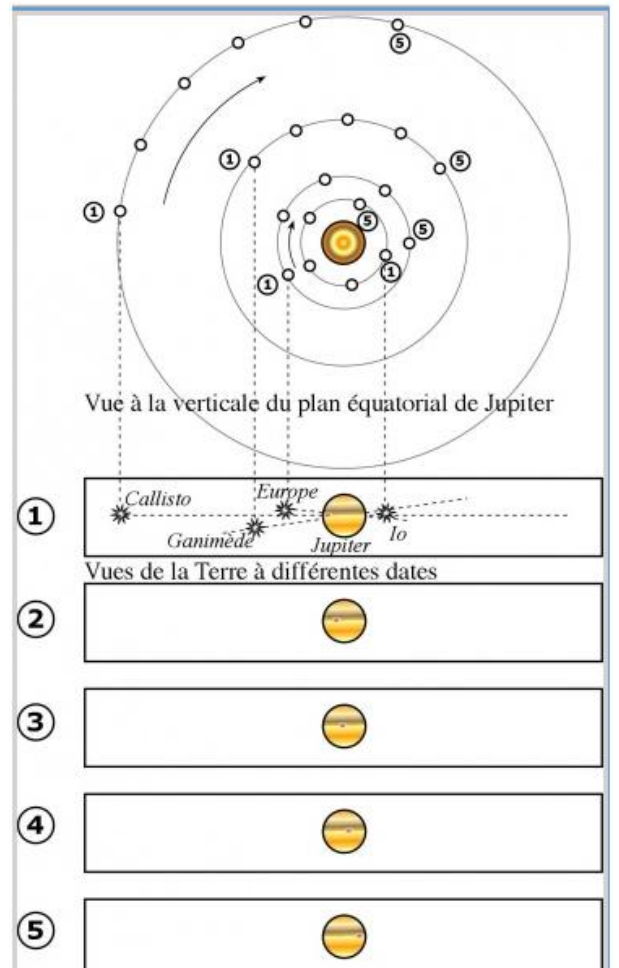
Grâce à sa lunette astronomique, Galilée observe de nombreux phénomènes dans le ciel qui le conforte de plus en plus dans une conception héliocentrique de l'univers.



Exemple 1 : Les observations de Galilée en 1610 de la planète Jupiter et de ces satellites.



Complète les schémas suivants « vue de la terre à différentes dates » avec les positions des satellites de Jupiter et compare résultats aux observations de Galilée.

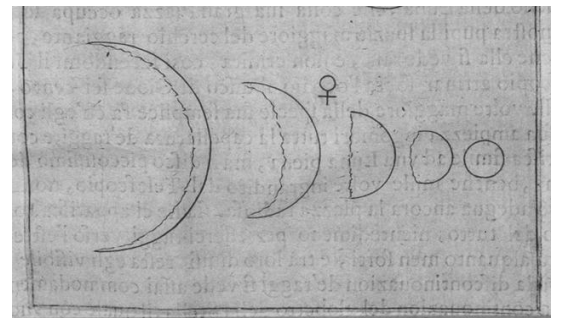


les

Pourquoi est-ce une découverte révolutionnaire ?
Que prouve-t-elle ?

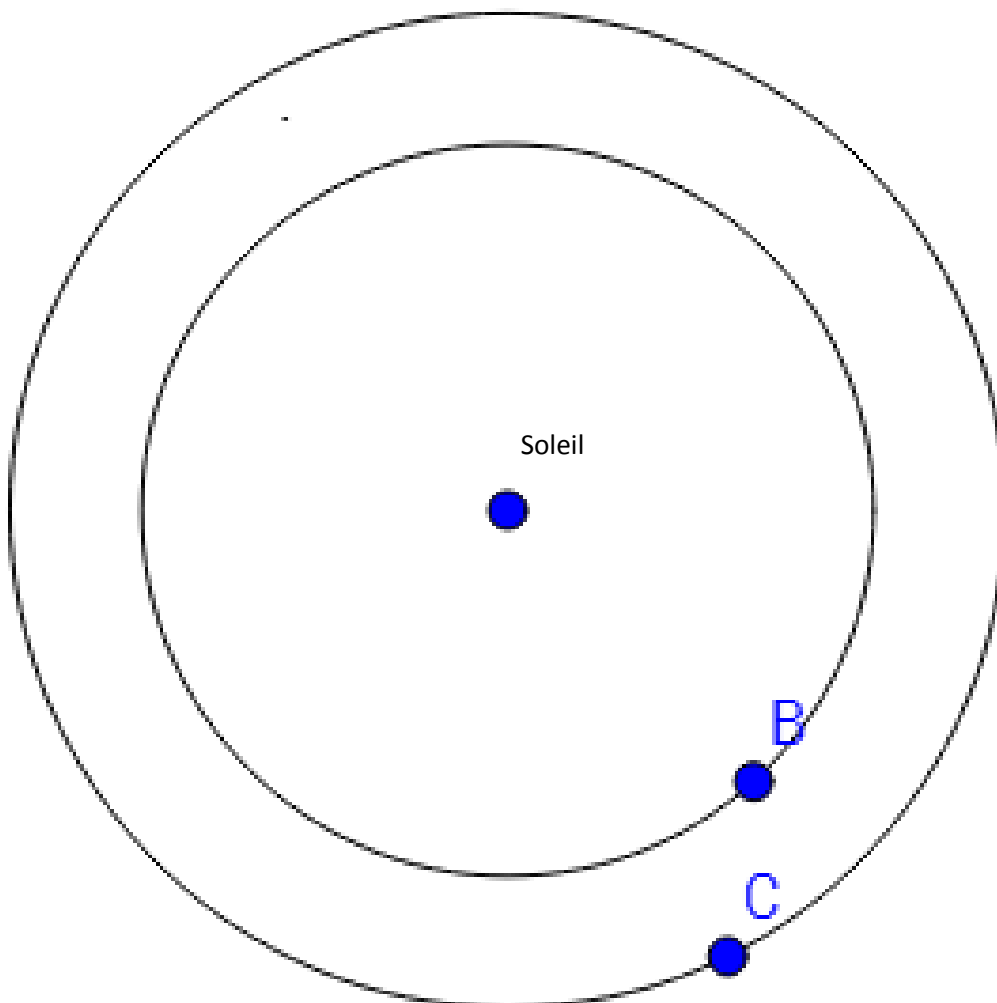
Exemple 2

Toujours en 1610, Galilée a observé et représenté ci-contre les phases de la planète Vénus.



En utilisant l'animation « Venusphases » et « ptolemaic » et les observations de Galilée pourquoi le seul modèle à valider est le modèle héliocentrique de Galilée.

Dessiner les positions respectives de la terre C et de venus B qui correspondent aux observations de Galilée.



Exemple 3

Grâce à sa lunette, Galilée observe attentivement la lune qu'il dessine et décrit dans un de ces ouvrages à succès, le *Sidereus Nuncius* (ou *Messenger des étoiles*).



« Chacun peut se rendre compte avec la certitude des sens, que la lune est dotée d'une surface non point lisse et polie, mais faite d'aspérités et de rugosités, et que tout comme la face de la terre elle-même, elle est toute en gros renflements, gouffres profonds et courbures. »

Galilée, Sidereus Nuncius

Depuis les Grecs Aristote et Ptolémée, au Moyen-âge et encore à l'époque de Galilée, la lune est considérée comme un astre parfait appartenant au monde supra lunaire constitué d'une « cinquième essence » ou matière : la quintessence. Le monde sublunaire des hommes est constitué de quatre éléments imparfaits : la terre, l'air, l'eau et le feu.

Dans le même ouvrage, Galilée décrit et dessine les tâches qu'il a remarquées à la surface du soleil. Celles-ci se déplaçant chaque jour.

Source

https://www.acclermont.fr/disciplines/fileadmin/user_upload/HistoireGeographie/5Hist/transfo_europe_et_ouverture/Galilee_epi.pdf

Pourquoi les observations de Galilée viennent contredire la Tradition ?

La résistance de l'église

Déjà en 1616 l'Eglise condamna les idées de Copernic et interdit que l'on considère que la Terre soit en mouvement. Un décret fut rédigé, stipulant que la théorie héliocentrique **“est stupide et absurde, et fautive en philosophie, et formellement hérétique, car elle contredit explicitement, et en de nombreux paragraphes, les sentences de l'Écriture Sainte, lue selon le sens propre des mots et l'interprétation commune des saints Pères et des théologiens”**.

Le 21 février 1632, Galilée, fait paraître à Florence son **Dialogue sur les deux grands systèmes du monde**, où il raille implicitement le géocentrisme de Ptolémée. Galilée est traduit devant l'Inquisition, contraint de se rétracter et assigné à résidence jusqu'à sa mort en 1642.

l'abjuration :

« Moi, Galiléo, fils de feu Vincenzo Galilei de Florence, âgé de soixante dix ans, ici traduit pour y être jugé, agenouillé devant les très éminents et révérends cardinaux inquisiteurs généraux contre toute hérésie dans la chrétienté, ayant devant les yeux et touchant de ma main les Saints Évangiles, jure que j'ai toujours tenu pour vrai, et tiens encore pour vrai, et avec l'aide de Dieu tiendrai pour vrai dans le futur, tout ce que la Sainte Église catholique et apostolique affirme, présente et enseigne. Cependant, alors que j'avais été condamné par injonction du Saint-Office d'abandonner complètement la croyance fautive que le Soleil est au centre du monde et ne se déplace pas, et que la Terre n'est pas au centre du monde et se déplace, et de ne pas défendre ni enseigner cette doctrine erronée de quelque manière que ce soit, par oral ou par écrit ; et après avoir été averti que cette doctrine n'est pas conforme à ce que disent les Saintes Écritures, j'ai écrit et publié un livre dans lequel je traite de cette doctrine condamnée et la présente par des arguments très pressants, sans la réfuter en aucune manière; ce pourquoi j'ai été tenu pour hautement suspect d'hérésie, pour avoir professé et cru que le Soleil est le centre du monde, et est sans mouvement, et que la Terre n'est pas le centre, et se meut. J'abjure et maudis d'un cœur sincère et d'une foi non feinte mes erreurs. [...] »

Rome, couvent Santa Maria sopra Minerva, le 22 juin 1633.

C'est en 1992 que le pape Jean-Paul II prononce un discours devant l'Académie pontificale des Sciences. « ...Ensuite, la représentation géocentrique du monde était communément admise dans la culture du temps comme pleinement concordante avec l'enseignement de la Bible dont certaines expressions, prises à la lettre, semblaient constituer des affirmations de géocentrisme. Le problème que se posèrent donc les théologiens de l'époque est celui de la compatibilité de l'héliocentrisme et de l'Écriture...

...Ainsi la science nouvelle, avec ses méthodes et la liberté de recherche qu'elles supposent, obligeait les théologiens à s'interroger sur leurs propres critères d'interprétation de l'Écriture. La plupart n'ont pas su le faire.... »

https://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/fr/speeches/1992/october/documents/hf_jp-ii_spe_19921031_accademia-scienze.html

Connaissez-vous aujourd'hui des sujets où le débat dépasse la communauté scientifique ?