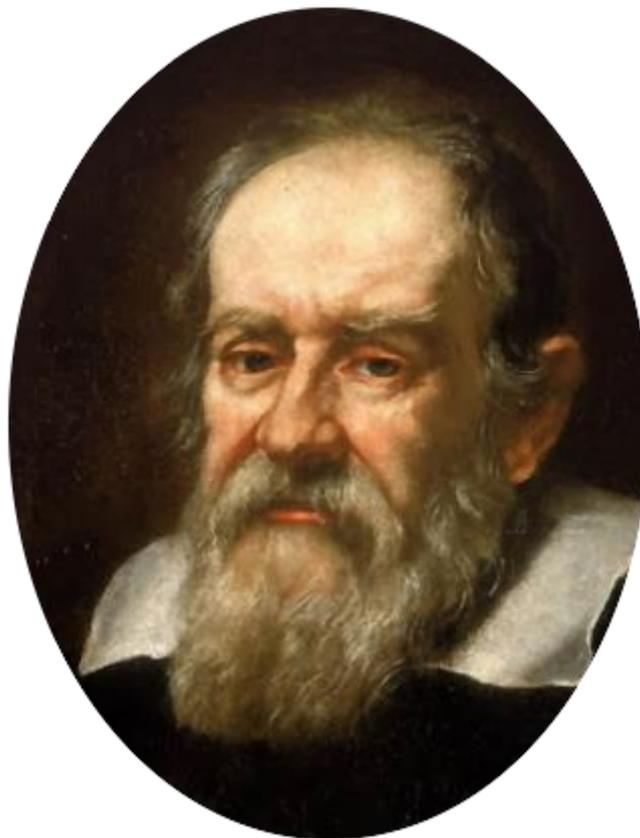


Tom Renotte et Yvon Renotte

**Comment Galilée en exploitant les
recherches de Huygens sur les lentilles,
en est-il arrivé, lors d'un procès, à nier
l'héliocentrisme ?**



« Et pourtant, elle tourne ! »

Galilée

Galilée (*Galileo Galilei* 1564-1642) : mathématicien, géomètre, physicien et astronome italien.

Mon travail se répartit en trois chapitres pour répondre à la question : « Comment Galilée en exploitant les recherches de Huygens sur les lentilles, en est-il arrivé, lors d'un procès, à nier l'héliocentrisme ? ». Le premier chapitre s'intitule : « L'homme et ses découvertes ». Dans celui-ci, je vous raconte qui était vraiment Galilée et le chemin qu'il a parcouru avant d'être publiquement attaqué. Ce qui m'amène à mon deuxième chapitre consacré aux procès qui lui ont été fait. Dans le dernier chapitre, je situe Galilée parmi les savants contemporains et présente les suites scientifiques. Je clôture mon travail par une petite conclusion et deux analyses de sources.

I. L'homme et ses découvertes

1.1. L'homme en introduction

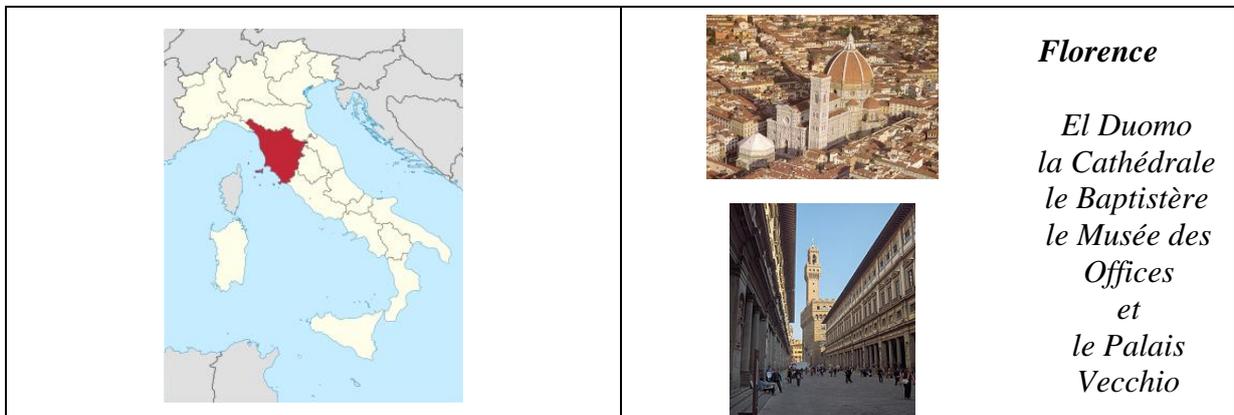
Galilée (*Galileo Galilei* 1564-1642) : mathématicien, géomètre, physicien et astronome italien.

Il né à Pise en 1564. En 1581, il étudie en arts littéraires pour faire des études de médecine qu'il ne termine pas. Étant très intéressé par les mathématiques, il se rend à Florence où se trouve l'université la plus populaire pour l'enseignement des mathématiques. A vingt-six ans, il obtient un poste de professeur de mathématique à l'université de Pise. Il n'y reste que trois ans mais, se fait beaucoup d'ennemis en contestant l'avis des anciens. Plus tard, il obtient un poste de professeur de géométrie et d'astronomie à l'université de Padoue. Avant de retourner à Florence, le Grand-Duc de Médicis lui accorde le titre de mathématicien et de philosophe officiel du Grand Duchés de Toscane.

1.2. Le contexte de ses découvertes

1.2.1. Le décor

L'Europe et en particulier la Toscane de la fin du XVIe, début du XVIIe siècle : un foisonnement d'idées nouvelles et de personnages prestigieux



Depuis l'arrivée des universités au XIII^e siècle, la Sainte Église était secouée par la question des rapports entre la foi et la connaissance. Un réseau d'universités s'était établi dans toute l'Europe : Bologne, Paris, Oxford, Cambridge, Padoue, Montpellier, Heidelberg, Cordoue, et même Louvain (Leuven). Cette ambiance de liberté et de recherche autour des universités, sous le regard bienveillant de l'Église, va être interrompue par les apparitions de l'imprimerie (*Gutenberg* - 1440) et de la Réforme (1520 – excommunication de *Luther*). Le Pape, Paul III, réagit et tente de mettre fin à l'activité désordonnée des universités, de les contrôler plus étroitement et de les ramener dans l'orthodoxie. Toutefois, le Pape encouragé par les Jésuites, estime que le fait d'avoir des savants à Rome renforcera le prestige de l'Église. Ils créent le Collège Romain qui va jouer un rôle déterminant. Robert Bellarmine en sera un savant prestigieux.

C'est dans ce contexte marqué par l'intérêt de l'Église pour la science et par l'influence croissante des Jésuites que Galilée grandit. Il n'est pas un génie isolé et incompris. C'est un intellectuel, un professeur vivant à la fin du XVI^e – début du XVII^e siècle, une époque particulièrement riche en talents et en personnalités fortes.

Galilée n'a pas tout inventé, la méthode expérimentale, la chute des corps, ni la lunette astronomique, mais dans tous ces domaines, il est allé le plus loin à son époque. Jusqu'à la fin des années 1500, il se consacre à la mécanique sans aucun problème avec l'Église. Il enseigne à Pise puis à Padoue et est soutenu par les Jésuites. Sa réputation ne cesse de grandir en Italie et dans toute l'Europe, la jalousie qu'il suscite aussi. Intelligemment, il offre sa lunette à la République de Venise dirigée par le puissant Doge Leonardo Donato. Il s'assure ainsi une solide réputation et un énorme prestige. Insatisfait de son prototype, il va construire une lunette encore plus puissante, qui grossira plus de 20 fois, en polissant lui-même les lentilles et en modifiant le tube.

1.2.2. La situation antérieure

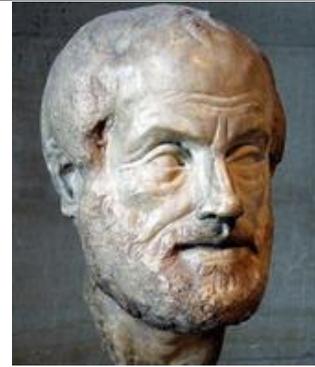
Aristote, Ptolémée et le modèle géocentrique de l'Univers Quelques précurseurs dans l'Antiquité et au Moyen-Âge

Le modèle de l'Univers proposé par *Aristote* est accepté et enseigné de l'Antiquité à la fin du Moyen-Âge. Il a été repris par l'Église parce que relativement conforme aux Écritures et est toujours la théorie officielle, dominante, au début des Temps Modernes.

Selon *Aristote*, le monde est divisé en deux parties :

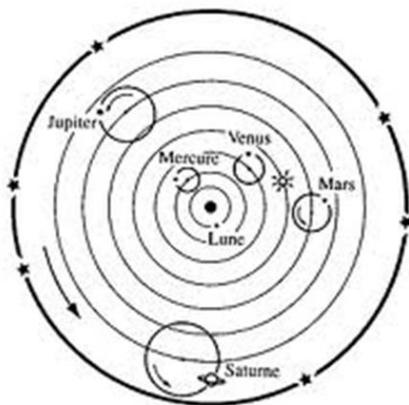
- Le monde *sub-lunaire*, situé sous la Lune et comprenant donc la Terre, est corruptible, changeant, mouvant, il est lieu du feu, de l'air, de l'eau et de la terre, les quatre éléments constituant le monde selon *Aristote*.
- Le monde *supra-lunaire*, situé au-dessus de la Lune, est incorruptible, immuable, parfait, il est le lieu de l'éther ...

Philosophe grec. Avec Platon, dont il fut le disciple, c'est un des penseurs les plus influents que le monde ait connus. Il a abordé pratiquement tous les sujets : biologie, physique, métaphysique, logique, poétique, politique, rhétorique et même l'économie. Pour lui, les êtres naturels quels qu'ils soient (vivants ou non) sont constitués des quatre éléments : la terre, le feu, l'eau et l'air. Il y ajoutera l'éther, substance divine dont sont faites les sphères célestes et les corps lourds (étoiles et planètes).



Aristote (384–322 A.C.)

Il en résulte le modèle géocentrique qui place la Terre au centre de l'univers et dans lequel les planètes et les astres connus tournent autour de la Terre. Il a été proposé par *Claude Ptolémée* (90–163), astronome et astrologue grec qui vécut à Alexandrie, en Égypte et est enseigné depuis l'antiquité. C'est donc encore le cas à l'époque de Galilée malgré les découvertes scientifiques récentes, surtout en astronomie.



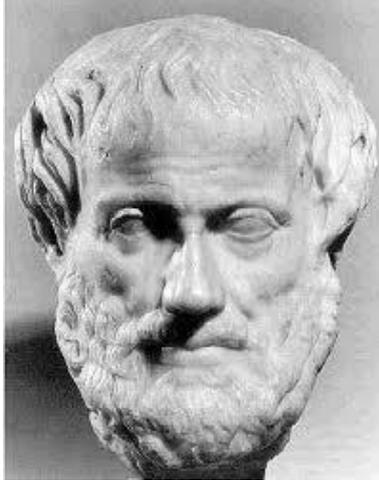
Système géocentrique de Ptolémée



Claude Ptolémée (90-163)

Ce modèle a déjà été mis en question dans l'Antiquité (*Aristarque de Samos*) et même au Moyen-Âge (*Jean Buridan* et *Nicole Oresme*) mais sans succès parce qu'il était conforme aux Saintes Écritures, et aussi parce qu'il a été impossible de le prouver expérimentalement.

Les nouveaux modèles proposés par *Tycho-Brahé*, *Kepler*, *Copernic* et même par *Descartes* en France, sont considérés comme des modèles simplement pensés, des constructions mathématiques distinctes de la réalité qui est, elle, conforme aux Écritures. C'est ainsi qu'est considéré l'ouvrage de Copernic qui est de loin le plus complet et le plus précis. Dans un premier temps, l'Église n'a donc pas tranché entre le modèle géocentrique et les nouvelles idées.



*Aristarque de Samos
(310–230 A.C.)
astronome et
mathématicien grec mal
connu. On sait qu'il proposa
une théorie de
l'héliocentrisme vers 280
A.C.*



*Jean Buridan (1292–1363)
philosophe français,
docteur scolastique, fut
l'instigateur du scepticisme
religieux en Europe.*



*Nicole Oresme (1320/22–
1382), évêque de Lisieux,
économiste, mathématicien,
physicien, astronome,
philosophe, psychologue,
musicologue et théologien
français. Surnommé l'Eistein
du XIV^e s, ses idées
annoncent la Renaissance*

Des événements astronomiques et des observations montrent que le monde supra-lunaire n'est pas immuable mais changeant : le passage de trois comètes en 1618, l'existence de montagnes sur la Lune qui montre que celle-ci n'est pas une sphère parfaite, l'existence des taches solaires, des phases de Vénus, des anneaux de Saturne, le fait que Jupiter possède des satellites donc que le système Terre – Lune n'est plus un cas unique. Galilée fera appel au soutien de Kepler qui est d'abord un peu méfiant et lui demande des témoignages fiables. Ce n'est qu'après avoir reçu un bon modèle de lunette et effectué ses propres observations qu'il accorde confiance aux observations de Galilée.

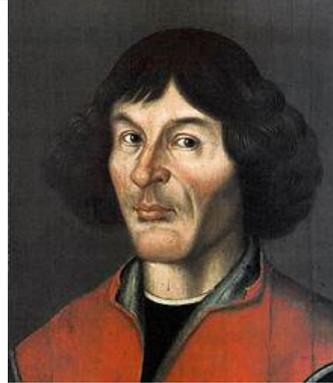
1.2.3. L'arrivée de nouveaux concepts

Copernic et le modèle héliocentrique

Huygens : les lentilles et la lunette astronomique

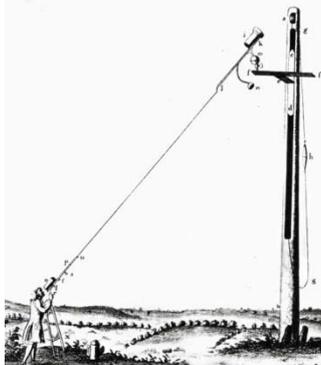


Système héliocentrique de Copernic



Nicolas Copernic (1473–1543)

chanoine, médecin et astronome polonais, célèbre pour avoir développé et défendu la théorie de l'héliocentrisme. Les conséquences de cette approche seront profondes à de nombreux points de vue : scientifique, philosophique, religieux. On l'appellera «la révolution copernicienne».



Télescope à ciel ouvert de Huygens (1686)

En 1655, Huygens découvre Titan, la Lune de Saturne et examine les anneaux entourant la planète. En 1656, il observe que ces anneaux sont constitués de roches. La même année, il observe la nébuleuse d'Orion. En utilisant son « télescope moderne », il put séparer la nébuleuse en différentes étoiles. Galilée s'est beaucoup inspiré de ses travaux en mécanique, en astronomie et en optique pour construire sa lunette astronomique.



Christiaan Huygens (1629–1695)

mathématicien, astronome et physicien néerlandais. En sciences physiques, il est célèbre pour la formulation de la théorie ondulatoire de la lumière, le calcul de la force centrifuge et la théorie du pendule oscillant. Il a eu l'idée de réguler des horloges au moyen d'un pendule afin de rendre la mesure du temps plus précise.

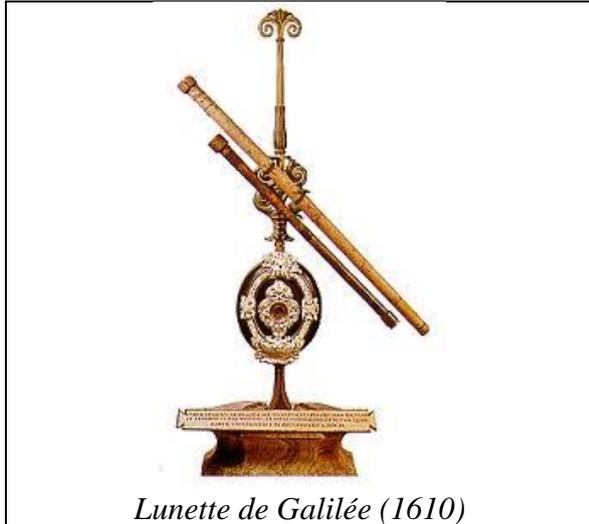
1.3. Les découvertes de Galilée

On ne sait pas qui a inventé les lentilles ni qui a eu l'idée de les associer pour construire des instruments mais elles existaient déjà dans l'Antiquité. Au 16^{ème} siècle, l'intérêt pour les lunettes et les lentilles réapparaît notamment suite aux travaux de l'astronome allemand Kepler qui fut l'un des premiers à utiliser une lunette pour observer le ciel. C'est à cette période que le Hollandais Huygens construit l'une des premières lunettes astronomiques. Jusqu'à cette époque les lunettes étaient principalement utilisées par les militaires et les marins. Huygens ayant taillé lui-même les lentilles de sa lunette astronomique fut le premier à apercevoir un satellite de Saturne et à élucider l'énigme de l'anneau qui n'était pas unique mais bien divisé en plusieurs parties. Son invention s'est très vite répandue jusqu'en Italie. Galilée commence à s'intéresser très fortement aux lunettes et à leur construction. Il décide à son tour d'en construire une sur base des modèles existants et des recherches effectuées par les lunetiers. Il invente la lunette dite « de Galilée » en perfectionnant la lunette astronomique, elle-même dérivée de la découverte hollandaise d'une lunette d'approche, pour procéder à des observations rapides qui ont bouleversé les fondements de l'astronomie.

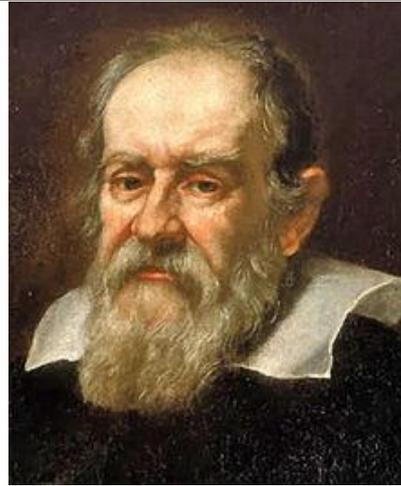
Galilée n'est donc pas l'inventeur de la lunette mais a introduit son usage en astronomie comme Huygens. Il commence donc à observer le ciel grâce à sa lunette.

Ses premières observations lui permettent de faire la différence entre les planètes et les étoiles. A l'œil nu, les objets astronomiques (étoiles et planètes) apparaissent comme des points. Observés avec une lunette les planètes deviennent des disques lumineux dont le diamètre augmente avec la puissance de cette lunette. Par contre les images des étoiles restent des points. On peut donc ainsi classer les objets astronomiques en deux catégories distinctes. Grâce aux propriétés de grossissement des lunettes il put aussi découvrir l'existence de très nombreuses étoiles invisibles à l'œil nu. Mais ce n'est que plus tard que l'on identifiera les galaxies par rapport aux étoiles individuelles.

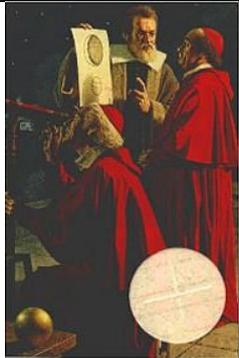
Après avoir réalisé de nombreuses observations de la Lune. Il proposa une description détaillée de sa surface et de ses cratères. Il remarque que la Lune a une surface « montagneuse » comme celle de la Terre. La Lune n'est donc pas une sphère parfaite comme le supposait la tradition d'Aristote reprise par l'Église. Ces observations l'amènèrent donc à s'interroger à propos de la nature parfaites du monde céleste. En outre, il découvre l'existence de satellites autour de Jupiter, comme la Lune autour de la Terre, ce qui confirme l'hypothèse héliocentrique émise par Copernic.



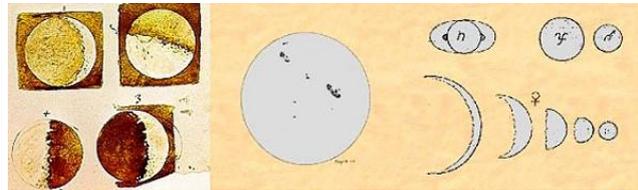
Lunette de Galilée (1610)



Galilée (Galileo Galilei 1564-1642)



Galilée montrant la lunette qui lui fit découvrir les satellites de Jupiter, les cratères de la Lune, observer les anneaux de Saturne et les phases de Vénus



Dessins de Galilée, résultats de ses observations à la lunette

*à gauche : les phases et les cratères de la Lune
au milieu : les taches solaires
à droite : les anneaux de Saturne (haut)
les phases de Vénus (bas)*

Le modèle du monde depuis l'antiquité plaçait la terre en son centre. Issu des travaux de Ptolémée, à Alexandrie, au premier siècle de notre ère, il décrit un univers dans lequel la Terre est fixe et regarde tourner autour d'elle le Soleil, la Lune, les cinq planètes connues à l'époque (Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne) et les étoiles. Le système de Ptolémée pouvait paraître cohérent en l'absence d'observations astronomiques précises. A la même époque, un autre astronome grec Aristarque de Samos supposa déjà que la Terre tournait sur elle-même et autour du Soleil. C'était l'hypothèse de l'héliocentrisme (avec toutefois un Soleil fixe) qui sera confirmée par le prêtre polonais Copernic, dix-sept siècles plus tard. Au tout début du dix-septième siècle, grâce aux observations remarquables effectuées pendant vingt ans par son maître le Danois Tycho Brahe, l'astronome allemand Kepler découvrit que les planètes ne tournaient pas autour de la Terre mais autour du Soleil et que leurs orbites étaient des ellipses et non des cercles parfaits. Ce système fut démontré ensuite par Galilée à partir de l'étude des phases de Vénus qui ne s'expliquent que par le fait que la Terre tourne autour du Soleil.

En 1610, Galilée publie les résultats de ses observations en Latin et décrit le système solaire jusqu'à Saturne, dernière planète connue à l'époque. Il confirme sa conception de l'héliocentrisme dans son ouvrage le plus accompli dédié à l'étude des taches solaires.

1.4. Les conséquences

Suite à la publication de ses ouvrages, Galilée est critiqué et même attaqué par de nombreux collègues notamment de l'université de Padoue. Ils l'accusent d'avoir publié des faux résultats de recherche. Peu de gens de l'époque croient en l'héliocentrisme du système solaire qui semble contredire les enseignements de l'Église. Beaucoup de savants pensaient à l'époque que les sens humains étaient les plus parfaits et qu'il n'y avait pas besoin de les augmenter avec une lentille ou une lunette. Galilée a donc dû proposer un raisonnement philosophique pour montrer que les yeux ne sont pas l'outil le plus performant pour la vision des détails. Ils contestent le fait que la lunette de Galilée permette l'observation exacte d'étoiles très éloignées de la Terre. Une fois que les savants ont admis le fait que la vision peut être améliorée et non pas déformée par les lentilles, il n'était pas difficile à Galilée de démontrer leur efficacité ainsi que celle de la lunette.

Il a donc soutenu Copernic en proposant l'idée de l'héliocentrisme et des mouvements satellitaires. Il s'est heurté aux critiques des partisans du géocentrisme ainsi qu'aux théologiens de l'Église catholique romaine. Galilée, qui ne disposait pas de preuves directes du mouvement terrestre, a parfois oublié la prudence de ses protecteurs religieux dont un ancien ami de l'université de Padoue, *Paolo Gualdo*.

II. L'affaire Galilée

2.1. La controverse

Horky, le premier à contredire Galilée sur un plan scientifique, est ridiculisé par ses partisans et est chassé par son maître *Magini*. Mais une fois les observations de Galilée confirmées par le Collège romain, les attaques changent de nature. *Ludovico Delle Combe* (ou *Colombe*) attaque Galilée sur le plan religieux. En effet, à cette époque les écritures soutenaient le modèle géocentrique dans laquelle la Terre est « ferme et immobile ». Galilée est inattaquable sur le plan astronomique. Ses adversaires changent donc de cible dès la fin 1611.

Dès 1612, la querelle reprend mais sur un autre plan. Les dominicains Lorini et Caccini déclenchent les hostilités dans des sermons de plus en plus violents. Les opposants utilisent le passage biblique dans lequel, à la prière de Josué, Dieu arrête la course du Soleil et de la lune, comme arme théologique. Le 6 janvier 1615, un copernicien, le carme Paolo Foscarini, publie une lettre soutenant l'opinion de Copernic sur la mobilité de la Terre. La controverse prend de l'ampleur et le cardinal Bellarmine est obligé d'intervenir en condamnant la thèse héliocentrique.

2.2. L'argument religieux

Il est écrit dans l'Ancien Testament (*Livre de Josué 10, 12-14*) que lors de la conquête de la Terre promise, les troupes de Josué (1355–1245 A.C., successeur de Moïse) mettent en déroute les armées amorites. Afin de les anéantir totalement, « Josué parla à l'Éternel, ..., et il dit en présence d'Israël: Soleil, arrête-toi sur Gabaon, Et toi, Lune, sur la vallée d'Ajalon! »

« Et le Soleil s'arrêta, et la Lune suspendit sa course, Le Soleil s'arrêta au milieu du ciel, Et ne se hâta point de se coucher, presque tout un jour. »

Les opposants à Galilée utilisent comme arme théologique contre lui ce passage biblique dans lequel, à la prière de Josué, Dieu arrête la course du Soleil et de la Lune et non celle de la Terre. Galilée répond à cet argument par un raisonnement très subtil exposé dans plusieurs lettres entre 1613 et 1615. Il estime que Dieu parle aux hommes à travers deux grands livres : les Saintes Écritures et le Grand livre de la Nature. Les Saintes Écritures sont adaptées à l'intelligence limitée des hommes, elles sont susceptibles de comprendre des erreurs. Lorsqu'il y a une contradiction entre la Science et les Saintes Écritures, c'est à la Science qu'il faut faire confiance. Ces arguments ne feront qu'amplifier la polémique.

Représentations du miracle de Josué



Image d'histoire sainte



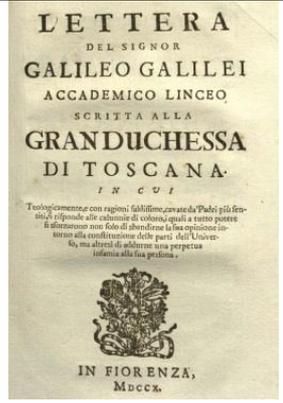
tableau complètement surréaliste d'Esteban March (1610-1668), peintre baroque espagnol

2.3. Les procès

Galilée contre-attaque sur le plan de la théologie. Il veut montrer que la philosophie, la physique et l'astronomie ne relèvent pas du domaine de l'Église mais de la science. Il a raison mais il faut démontrer que le mouvement héliocentrique n'est pas contraire aux Écritures ce qui n'est pas évident à démontrer à l'époque. Il veut convaincre que certains passages de la Bible ne doivent être considérés comme des images. En 1613, Il exprime sa réinterprétation des Écritures dans une lettre adressée à Castelli, l'un de ses amis.

En 1615, Galilée écrit à Christine de Lorraine, mère de Cosme II, une longue lettre dans laquelle il développe admirablement ses arguments en faveur du système copernicien. En y discutant des passages des Écritures qui posaient problème d'un point de vue cosmologique, il accepte le débat sur le plan religieux. Galilée se rend à Rome pour se défendre contre les attaques et surtout pour essayer d'éviter une interdiction des idées de Copernic. Mais il lui manque la preuve évidente de la rotation de la Terre. Son intervention arrive trop tard, le Saint-Office ayant été prévenu de son arrivée avait déjà commencé le procès.

Les Dominicains déposent un acte d'accusation auprès de l'Inquisition de Florence puis auprès du Saint-Office à Rome : Galilée y est présenté comme défendant des thèses douteuses, fausses et hérétiques.

 <p>« Réponse à l'opposition » (1613) Lettre de Galilée à Benedetto Castelli Galilée repousse l'accusation d'hérésie et démontre que c'est la Terre qui tourne autour du Soleil et non l'inverse, comme l'implique un passage célèbre de la Bible.</p>	 <p>Benedetto Castelli (1578–1643) moine bénédictin, mathématicien et physicien italien. Il fut disciple de Galilée et participa à l'étude des taches solaires. Il s'occupa surtout d'hydraulique.</p>	 <p>« Lettre à la grande Duchesse de Toscane » (1615) s'engage ouvertement dans la bataille copernicienne, s'appliquant à convaincre les autorités religieuses d'adopter le nouveau système ou du moins à ne pas le condamner</p>
--	---	--

1616 : le premier procès

Malgré les manœuvres des Jésuites, du Grand-Duc de Toscane et des cardinaux Bellarmin et Barberini pour retarder la procédure, le procès sera inévitable d'autant que Galilée refuse de suivre les conseils de ses amis et partisans. Ceux-ci lui suggèrent d'accepter la « *théorie des hypothèses* » selon laquelle l'héliocentrisme ne prétendrait pas au statut de vérité mais simplement être une hypothèse de travail. Galilée ne comprend pas bien cette stratégie et affronte les opposants au lieu d'accepter d'étouffer l'affaire. Il s'en prend même aux Jésuites qui le soutiennent.

Les 25 et 26 février 1616, le tribunal condamne le système héliocentrique de Copernic ainsi que son livre et Bellarmin clôt l'affaire en assurant que Galilée s'est soumis. Ce qui est loin d'être le cas. Il est assigné à résidence et va se tenir tranquille pendant quelques temps.

Mais il est frustré, humilié et furieux, et s'en prend maladroitement aux Jésuites, c'est « l'affaire des comètes ». En 1618, il s'attribue des observations fort précises et irréfutables, effectuées par des astronomes Jésuites du Collège Romain, du passage de trois comètes, des taches solaires et des phases de Vénus. C'est une sorte de déclaration de guerre à la congrégation qui prend ses distances vis-à-vis du savant.



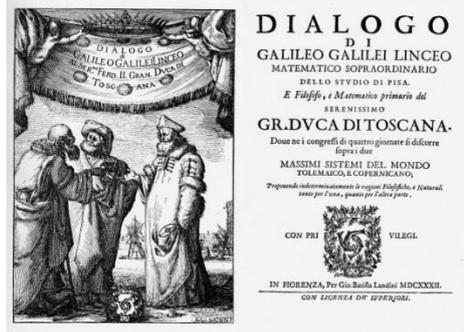
*Roberto Bellarmin
(1542–1621)*

Jésuite italien, théologien, écrivain et proche conseiller de plusieurs papes. Cardinal en 1599, membre de l'Inquisition romaine, il participe activement à la controverse autour des théories de Galilée.



*Maffeo Barberini
(1568–1644)*

Il étudie à Pise et entre ensuite à la curie romaine où il accumule les postes prestigieux. Cardinal en 1606, il est élu Pape en 1623 sous le patronyme d'Urbain VIII. (statue du Bernin- 1635)



L'ouvrage Dialogue sur les deux grands systèmes du monde demandé à Galilée par le Pape Urbain VIII vers 1620 et publié en 1632

Les disputes se multiplient jusqu'en 1623-24 où le cardinal Barberini devenu Pape sous le patronyme d'Urbain VIII, fait revenir Galilée à Rome. Il est beaucoup plus ouvert que ses prédécesseurs à propos de l'héliocentrisme et voudrait avoir la science à ses côtés dans sa lutte contre la Réforme protestante. Il commande donc à Galilée un ouvrage comparant les systèmes d'Aristote et l'héliocentrisme de Copernic du point de vue des hypothèses. Il émet deux conditions : l'ouvrage devra être neutre, il ne pourra pas être en faveur de la thèse de Copernic et devra être publié à Rome. Galilée ne tiendra pas compte de ces recommandations.

C'est cet ouvrage intitulé « Dialogue », publié en 1632, qui va causer la perte de Galilée.

1632 : « Le dialogue sur les deux grands systèmes du monde »

Le 21 février 1632, l'ouvrage publié à Florence, en Italien, se présente comme un échange entre trois personnages, se déroulant à Venise durant quatre jours : Filippo Salviati, le Florentin défenseur des idées de Copernic et Galilée, Simplicio, le traditionaliste un peu « simplet », mauvais défenseur de la physique aristotélicienne, personnage caricatural qui ne pose que des questions idiotes, et Jovan Francesco Sagredo, le Vénitien, esprit ouvert et éclairé à qui il confie le rôle d'arbitre. La discussion permet à Galilée de rejeter les thèses d'Aristote sur la rotation de la Terre. Le contenu scientifique est globalement exact mais la forme est franchement polémique : rien n'est démontré, tout est affirmé y compris des idées fausses comme la théorie des marées. En plus, il prétend avoir découvert lui-même tout ce qui a été observé depuis qu'il a construit sa lunette. Le ton est agressif,

méprisant et insultant vis-à-vis des Jésuites et même du Pape Urbain VIII qu'il ridiculise en l'assimilant à Simplicio.

Il y soutient la théorie de l'héliocentrisme comme démontrée et incontestable, le contraire de ce que la Pape lui avait recommandé. Celui-ci, se sentant doublement trahi par la défense des idées de Copernic et par la publication à Florence, veut empêcher la diffusion du livre mais il est trop tard. Celui-ci a déjà été largement distribué à Florence.

Soumis à des pressions internationales et internes, ne supportant plus les provocations de Galilée, le Pape doit réagir.

1633 : le deuxième procès



Galilée devant le Saint Office en 1633 – Joseph-Nicolas Robert-Fleury, Musée du Louvre (1847)

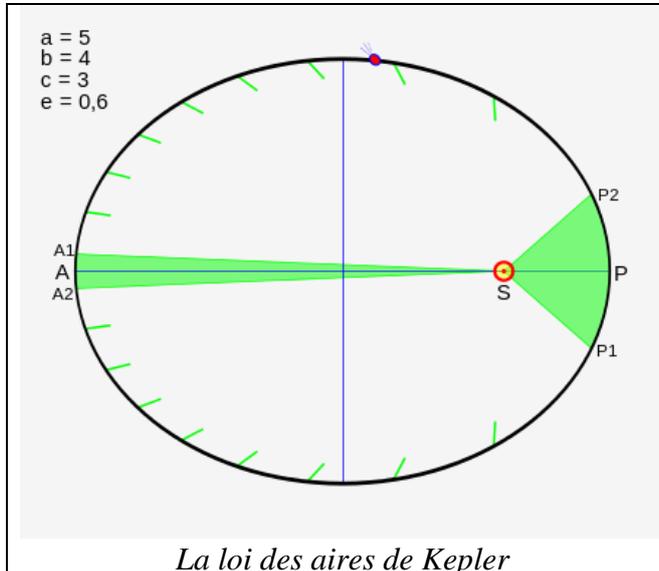
Le Pape convoque une commission, malgré tout plutôt favorable à Galilée. Le procès dure vingt jours : il est condamné à abjurer ses erreurs, assigné à résidence et l'ouvrage est interdit. Le 22 juin 1633, en l'absence de preuve scientifique, Galilée est contraint à abjurer l'héliocentrisme et à rester enfermé dans sa villa près de Florence. Le Pape, en souvenir de leur ancienne amitié et de son admiration, lui a épargné une sanction plus lourde, être emprisonné dans les prisons du Saint-Office. Le texte de la sentence est largement diffusé en Italie, en Allemagne, aux Pays-Bas Espagnols, mais jamais en France où il aura toutefois une conséquence importante puisque René Descartes renonce prudemment à faire paraître son « *Traité du monde et de la lumière* » dans lequel il soutenait la théorie copernicienne. C'est à partir de ce moment qu'il va se consacrer plus à la philosophie et qu'on lui devra le célèbre « *Discours de la Méthode* » (1637) qui était initialement l'introduction de trois traités scientifiques : « *La Dioptrique, Les Météores et La Géométrie* ». Ce procès a fait couler beaucoup d'encre. Le livre « *Le Dialogue* » est assez faible sur le plan scientifique mais est prophétique dans ses conclusions. Souvent présenté en exemple de l'obscurantisme de l'Église face à la Science, il apparaît finalement que l'analyse doit être nuancée.

III. Les acteurs

3.1. Les contemporains

3.1.1. Les pous

- Des scientifiques :
 - Kepler
 - Descartes
- Des nobles :
 - le Grand-Duc de Toscane Cosme II
 - Christine de Lorraine
- Des ecclésiastiques :
 - Foscarini
 - le cardinal Barberini futur Pape Urbain VIII
 - le cardinal Bellarmin



Johannes Kepler (1571–1630)

Johannes Kepler (1571–1630) : astronome bavarois célèbre pour avoir étudié l'hypothèse de l'héliocentrisme de Copernic et surtout découvert que les planètes ne tournent pas autour du Soleil suivant des orbites parfaitement circulaires mais elliptiques. Il a énoncé les trois lois mathématiques qui expliquent les mouvements des planètes sur leur orbite : la loi des orbites elliptiques, celle des aires et celle des périodes de rotation autour du Soleil.

Ces relations fondamentales seront plus tard exploitées par Isaac Newton pour mettre au point sa théorie de la gravitation universelle.

Galilée fera appel au soutien de Kepler qui est d'abord un peu méfiant. Ce n'est qu'après avoir reçu un bon modèle de lunette et effectué ses propres observations qu'il accorde confiance aux observations de Galilée.

René Descartes (1596–1650), 'le prudent' : mathématicien, physicien et philosophe français, il est considéré comme l'un des fondateurs de la philosophie moderne. En physique, il a apporté une contribution à l'optique en énonçant la loi de la réfraction de la lumière. Son ouvrage le plus célèbre, *Le Discours de la méthode* (1637), marque une rupture nette par rapport à l'enseignement aristotélicien des universités. Comme Galilée, il se rallie au système copernicien mais, par prudence envers la censure, il dissimule partiellement ses idées qui révolutionneront à leur tour la philosophie et la théologie.



Dessin du système héliocentrique de Descartes (1772)



René Descartes (1596–1650)

Dans les années 1610, Galilée est soutenu par Cosme II de Médicis, son ancien élève et grand-duc de Toscane qui lui attribue une généreuse pension à vie et lui propose un poste officiel de géomètre du duché de Florence. Il accepte le poste de Premier Mathématicien de l'Université de Pise et celui de Premier Mathématicien et Premier Philosophe du grand-duc de Toscane.

En 1611, il est invité par le cardinal Maffeo Barberini (le futur Pape Urbain VIII) à présenter ses découvertes au Collège pontifical de Rome. Galilée y reçoit tous les honneurs.

Mais le cardinal Bellarmine demande des informations au Collège romain, dirigé par les jésuites. La réponse signée par Christophorus Clavius, un éminent mathématicien, confirme que les observations de Galilée sont exactes mais se garde bien de confirmer ou d'infirmer les conclusions qu'il en a tirées.

Galilée s'empresse de faire connaître cette opinion depuis Florence.

C'est le début de la controverse et des problèmes avec l'Église.



*Cosme II de Médicis (1590–1621)
Grand-Duc de Toscane, il reçut une
éducation moderne et scientifique.
Galilée fut son précepteur de 1605
à 1608. Il fut son ami et son
protecteur.*



*Christine de Lorraine (1565–1637)
Petite-fille de Catherine de Médicis
et mère du Grand-Duc de Toscane
Cosme II, elle soutient Galilée et la
doctrine copernicienne.*



*Roberto Bellarmin
(1542–1621)
Jésuite italien, théologien,
écrivain et proche conseiller
de plusieurs papes. Cardinal
en 1599, membre de
l'Inquisition romaine, il
participe activement à la
controverse autour des
théories de Galilée.*



*Maffeo Barberini
(1568–1644)
Il étudie à l'université de
Pise et entre ensuite à la
curie romaine où il accumule
les postes prestigieux. Il
devient cardinal en 1606 et
est élu Pape en 1623 sous le
patronyme d'Urbain VIII.*



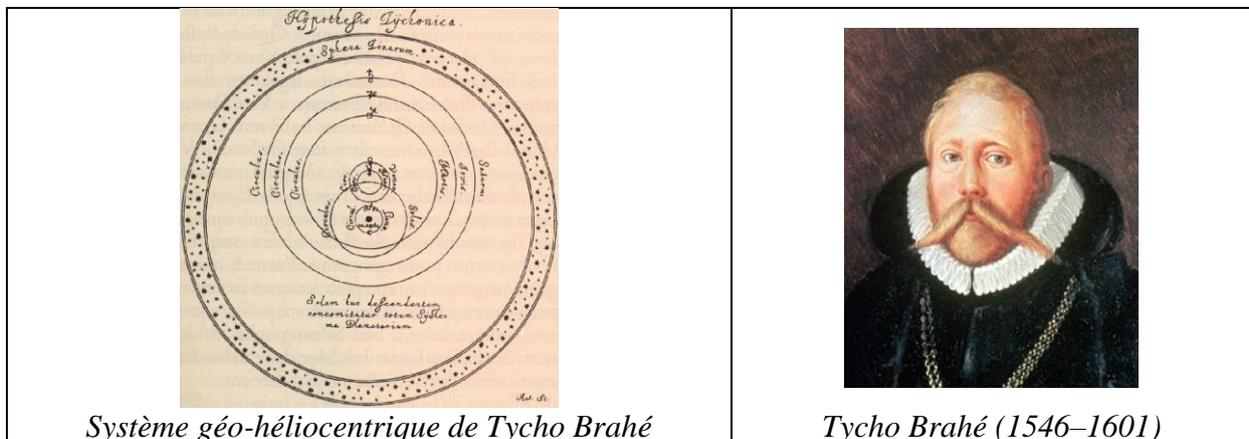
*Paolo A. Foscarini
(1565–1616)
Carme et scientifique italien,
Il publie une lettre dans
laquelle il envisage le
système copernicien comme
une réalité physique.*

3.1.2. Les neutres, les sceptiques

- Des scientifiques :
 - Tycho Brahé
 - Clavius
 - Magini
- Des ecclésiastiques : - les Jésuites

Tycho Brahé (1546–1601) : astronome danois, il marque une rupture dans l'histoire de l'astronomie, et plus généralement dans l'histoire des sciences. Il donne la priorité à l'observation, avec le souci constant de valider ses hypothèses par rapport à celles-ci. Il prend grand soin de la fabrication et de la mise au point de ses instruments. Il remet en cause l'immuabilité du monde supra-lunaire, remise en cause confirmée par ses observations de la grande comète de 1577, dont il met en évidence qu'elle ne peut être un phénomène atmosphérique.

Grand admirateur de Copernic, il ne se résout pas à abandonner le géocentrisme et préfère mettre au point un système mixte, dit géo-héliocentrique : la terre reste immobile au centre de l'univers, les autres planètes tournent autour du soleil, entraînées également par le mouvement de celui-ci autour de la terre. Ce système sera soutenu tout au long du XVIIe siècle par les jésuites qui y verront la seule façon de sauver l'immobilité de la terre, conforme aux Écritures.



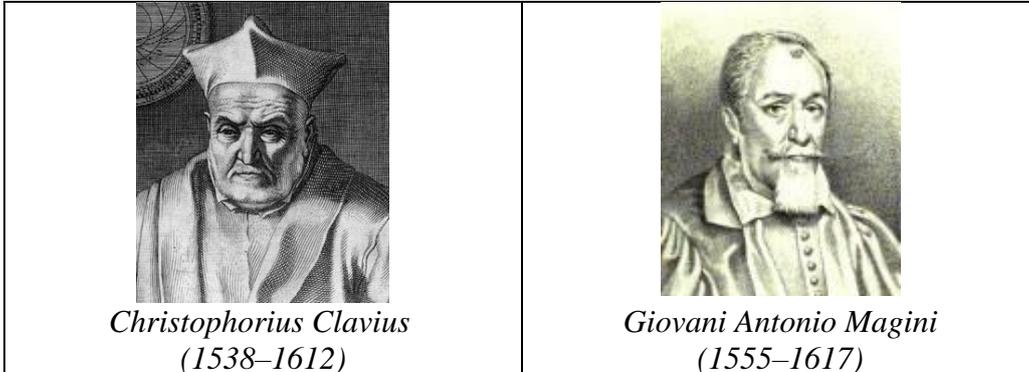
Christophorus Clavius (1538–1612) : savant jésuite allemand, mathématicien et astronome.

Célèbre mathématicien du Collège Romain, on lui demande en 1579 de réformer le calendrier julien pour corriger la dérive séculaire. Le calendrier qu'il proposa fut imposé par le pape Grégoire XIII en 1582 et progressivement adopté dans le monde entier. Il est toujours en usage aujourd'hui sous le nom de calendrier grégorien.

Il fut l'adversaire du système de Copernic et critiqua Galilée, dont il contesta les observations effectuées avec des lentilles, l'efficacité des lunettes qui donneraient une vision fautive et que les astres observés seraient imaginaires.

Giovani Antonio Magini (1555–1617) : astronome, astrologue, cartographe, et mathématicien italien, collègue de Galilée à l'université de Bologne, il a soutenu une vision géocentrique du monde et conçu sa propre théorie planétaire.

Clavius et Magini reconnaîtront plus tard que Galilée avait raison et ils admettront la validité de ses observations.

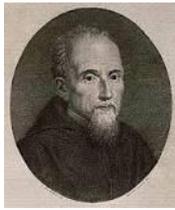


3.1.3 Les contres : les adversaires, les rivaux, les jaloux

- Des scientifiques :
 - Horky
 - Delle Combe
 - Cremonini
- Des ecclésiastiques :
 - Lorini
 - Caccini
 - les Dominicains

1610 : Horky déclenche les hostilités contre Galilée, les opposants se déchaînent.





Lettre de Horky (10-7-1610) : Conservée dans les courriers de Paolo Sarpi (1552-1623), historien, érudit scientifique et consultant de la République de Venise Martin Horky (XVII^e siècle) Astronome bohémien, élève de Magini, il contesta la validité des observations de Galilée disant que les lunes de Jupiter étaient des aberrations optiques introduites par les lentilles. Il tenta de monter Kepler contre Galilée.



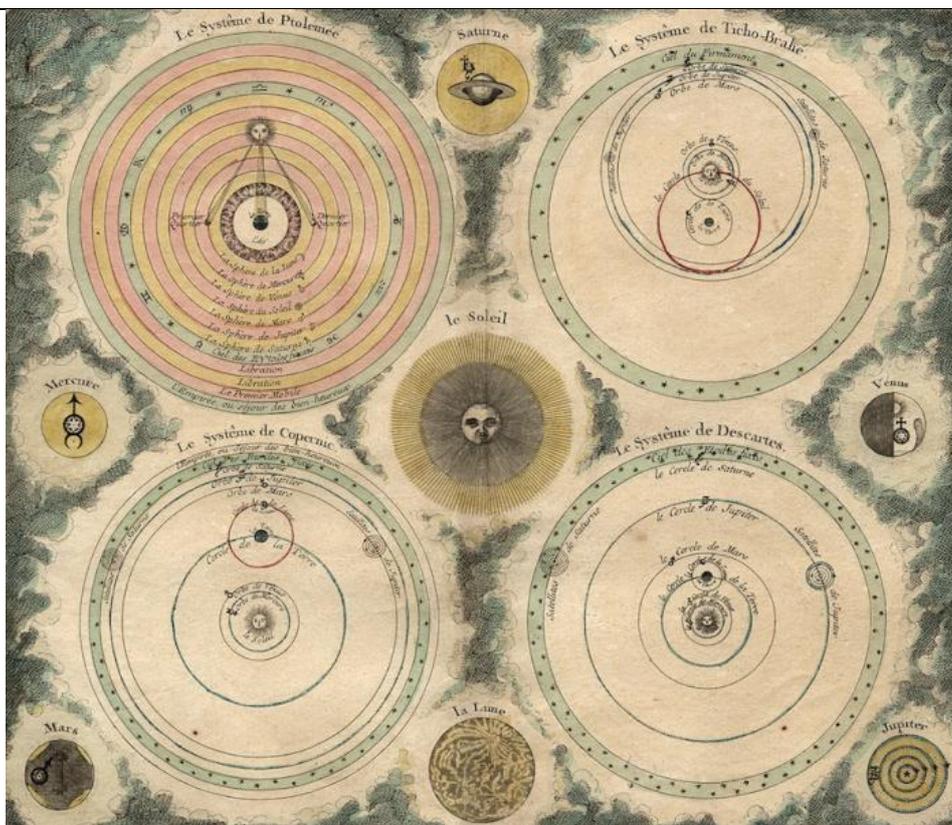
1611

Discours 'Contro il moto della Terra' (contre le mouvement de la Terre) Ludovico Delle Combe (1565–1617) Philosophe, astrologue, mathématicien et poète italien, professeur à l'université de Pise. Il attaque Galilée sur le plan religieux en lui demandant s'il compte interpréter la Bible pour la faire s'accorder à ses théories.



1612

Discorso Apologetico Delle Combo (Bataille des corps flottants) Ludovico Delle Combe (1565–1617) « La bataille des corps flottants » est le point sur lequel les adversaires de Galilée vont l'attaquer violemment.



Schémas comparant les quatre systèmes

En haut : à gauche : le système géocentrique de Ptolémée ; à droite : le système géohéliocentrique de Tycho Brahé

En bas : à droite : le système héliocentrique de Copernic ; à gauche, celui de Descartes

3.2. Après, le « *génial successeur* »

3.2.1. Newton et la théorie de la gravitation universelle

Isaac Newton (1643–1727) : philosophe, mathématicien, physicien, alchimiste, astronome et théologien anglais. Il est connu pour avoir fondé la mécanique classique aussi appelée «mécanique newtonienne», et pour sa théorie de la gravitation universelle. Il a établi les trois lois universelles du mouvement qui sont à la base de la théorie expliquant le mouvement des corps. En optique, il a montré que la lumière blanche est composée de plusieurs couleurs (les teintes de l'arc-en-ciel). Il a aussi inventé le télescope à réflexion appelé télescope de Newton.



Réplique du télescope (6 pouces) de Newton (1672)



Isaac Newton (1643–1727)

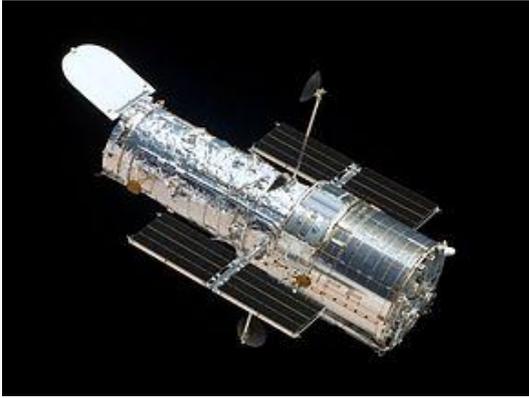


*Télescope construit par Newton (1668)
appelé «le miroir aux alouettes»
Une réplique est conservée au Whipple
Museum de Cambridge (UK), il fut présenté
à la Royal Society en 1671*

Dôme du télescope du Mont Palomar



*Le principe du télescope de Newton est
toujours utilisé aujourd'hui parce que c'est
la « configuration la plus économique » pour
fabriquer des télescopes de grands diamètres
- 5 m : Mont Palomar – Californie (USA),
1706 m d'altitude
- 8,2 m + des auxiliaires mobiles de 1,8 m,
VLT (Very Large Telescope) de l'ESO
(European Southern Observatory) Paranal
(Chili) – depuis 1962
c'est l'observatoire astronomique en lumière
visible le plus évolué au monde*



Télescope spatial Hubble développé par la NASA (USA) avec une participation de l'Agence spatiale européenne (ESA).
 Il est opérationnel depuis 1990.
 Son miroir de grande taille : 2,4 mètres de diamètre, lui permet de surclasser les instruments d'observation au sol les plus puissants handicapés par la présence de l'atmosphère terrestre.
 Les données collectées par Hubble ont contribué à des grandes découvertes dans le domaine de l'astrophysique et la connaissance de l'Univers.

3.2.2. Différences et intérêt du télescope par rapport à la lunette astronomique

La lunette utilise uniquement des lentilles. Elle devient rapidement lourde et encombrante lorsqu'on tente d'atteindre des puissances importantes et l'observateur est donc rapidement limité.

Le télescope utilise des lentilles et au moins un miroir ce qui permet de réduire l'encombrement des instruments à puissance égale tout en élargissant le champ d'observation et l'éclairement des images.

	<p><i>Schéma de principe de la lunette astronomique</i></p>
	<p><i>Schéma de principe de la lunette de Galilée (à puissance égale, elle est un peu plus courte que la lunette astronomique)</i></p>
	<p><i>Schéma de principe du télescope de Newton</i></p>

Et après

Les suites

Les rétractions de l'Église Conséquences et conclusions

Lorsqu'on examine l'affaire Galilée plus de trois cent cinquante ans après, quelques réflexions viennent à l'esprit.

Galilée avait philosophiquement raison en réclamant la liberté de pensée de la science vis-à-vis de l'Église. Son courage scientifique fut à l'inverse de celui de Copernic et de Descartes mais ses arguments scientifiques furent peu convaincants lors de son second procès. Les astronomes Jésuites du Collège romain n'avaient pas tort, leurs observations étaient correctes. Ils furent plus sérieux que Galilée qui ignora volontairement la démonstration mathématique du système héliocentrique proposée par Kepler.

Les rétractions de l'Église

En 1757, le Pape Benoît XIV autorise l'interprétation scientifique de la Bible.

En 1835, l'Inquisition retire son interdiction de publication des livres de Copernic et de Galilée donc admet enfin et officiellement le modèle héliocentrique et autorise son enseignement et sa diffusion.

Le 31 octobre 1992, le Pape Jean-Paul II supprime la condamnation de Galilée lors d'une déclaration devant l'Académie pontificale des sciences, soit trois cent cinquante ans plus tard.

Conséquences et conclusions

L'affaire Galilée est intéressante sur plusieurs points.

- Historiquement : elle illustre une politique pas toujours très claire de l'Église qui va déplacer pour des siècles l'essor de la science dans le monde protestant et son recule chez les catholiques.
- Symboliquement : d'un côté, une église beaucoup moins fermée qu'on ne l'a souvent dit, qui voudrait bien rallier la science ; de l'autre, une science qui n'accepte pas toujours la discussion.

Finalement, on peut dire que dans cette affaire, paradoxalement, Galilée a eu «scientifiquement» tort alors qu'il avait raison dans son débat «philosophique» sur l'héliocentrisme et sur l'attitude de l'Église vis-à-vis de la Science. Ce qui est inadmissible, c'est l'idée même du procès qui est une atteinte à la liberté d'expression.

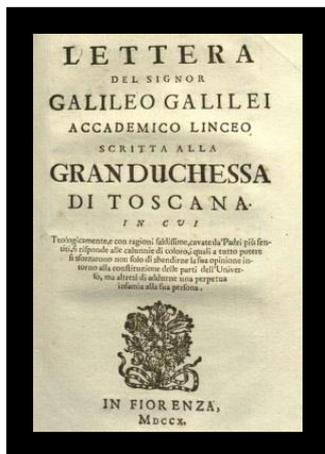
Analyses de sources

1. Galilée devant le Saint Office au Vatican



Qui ?	Joseph-Nicolas Robert-Fleury
Quoi ?	Source non-écrite, iconographique
Quand ?	1847
Où ?	Il a été peint en France et est pour le moment dans le musée du Louvre à Paris
Pourquoi ?	Commande du comte Frédéric Alexis Louis Pillet-Will
Pour qui ?	Frédéric Alexis Louis Pillet-Will

2. Lettre à la grande Duchesse de Toscane



Qui ?	Galilée
Quoi ?	Source écrite, non-officiel
Quand ?	1615
Où ?	Elle a été écrite en Toscane et éditée pour la première fois à Florence
Pourquoi ?	Pour justifier et soutenir la théorie de l'héliocentrisme
Pour qui ?	Christine de Lorraine, la grande Duchesse de Toscane

Références

Les livres :

Claude Allègre, *Dieu face à la science*, éditions Fayard, pp.11-42.

Yoav Ben-Dov, *Invitation à la Physique*, éditions du Seuil, pp.40-43.

Michel Biezunski, *Histoire de la Physique moderne*, éditions de la Découverte, pp.17-27.

Pierre Rousseau, *Histoire de la Science*, Librairie Arthème Fayard, pp.184-215.

La vidéo :

Jérôme Lamy, *L’Affaire Galilée*, Série « Explorer et Comprendre l’Univers », Unité Formation et Enseignement de l’Observatoire de Paris, www.lightcurvefilms.com.

Les sites internet :

L'affaire Galilée, <http://atheisme.org/galilee.html>

Biographie > Galilée, Physicien et astronome <http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/personnalites/d/astronomie-galilee-220/>

Galilée | Astronomie et Astrophysique <http://www.astronomes.com/lhistoire-de-lastronomie/galilee/>

L'affaire Galilée, ou l'hypothèse sans preuve,

<http://www.canalacademie.com/ida2614-L-affaire-Galilee-ou-l-hypothese-sans-preuve.html>

Les articles :

Jean-Urbain COMBY, « Procès de Galilée », Encyclopaedia Universalis :

<http://www.universalis.fr/encyclopedie/proces-de-galilee/>

James LEQUEUX, « GALILÉE (1564-1642) - (repères chronologiques),

Encyclopaedia Universalis :

<http://www.universalis.fr/encyclopedie/galilee-reperes-chronologiques/>

Jean-Urbain COMBY, « PROCÈS DE GALILÉE », Encyclopaedia Universalis :

<http://www.universalis.fr/encyclopedie/proces-de-galilee/>

Pierre COSTABEL, « GALILÉE (1564-1642) », Encyclopaedia Universalis :

<http://www.universalis.fr/encyclopedie/galilee-1564-1642/>

James LEQUEUX, « LUNETTES ASTRONOMIQUES DE GALILÉE »,

Encyclopaedia Universalis :

<http://www.universalis.fr/encyclopedie/lunettes-astronomiques-de-galilee/>