



Cours 3:

**La Révolution astronomique
et les fondements du savoir scientifique**

LU2HS003
**INTRODUCTION À L'HISTOIRE
DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES**

2019–2020, 1^{re} période
David Aubin

PROGRAMME DES CM

1	12 septembre	Présentation du cours (DA)
2	19 septembre	Systèmes du monde: théorie et observation dans l'antiquité (DA)
3	26 septembre	La Révolution astronomique: les fondements du savoir (DA)
4	3 octobre	Observation et expérience: naissance des sciences empiriques (DA)
5	10 octobre	Ordonner la nature: histoire des classifications (SA)
6	17 octobre	Raconter la nature: la découverte des paysages (SA)
7	24 octobre	Expérimenter sur le vivant: la respiration (SA)
	31 octobre	Sans enseignement
	7 novembre	Sans enseignement – partie en séance de TD
8	14 novembre	Vers la grande synthèse newtonienne (DA)
9	21 novembre	Sciences et industrie au siècle des Lumières (DA)
10	28 novembre	Une histoire naturelle des technosciences ? (DA)
11	5 décembre	Le progrès en question: contre-histoires de la modernité (DA)
12	12 décembre	Nouvelles histoires de la globalité (DA)
	19 décembre	Examen final

Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 7

LA RÉVOLUTION ASTRONOMIQUE

Quoi?

- Passage d'une conception **géocentrique** de l'univers (la Terre au centre du monde) à une conception **héliocentrique** (le Soleil au centre).

Quand?

- 1543**: Des Révolutions des orbés célestes (Copernic).
- 1687**: Principes mathématiques de la philosophie naturelle (Newton).

Comment?

- Des discussions soutenues entre lettrés
- Relation dialectique entre mathématiques et observations...

Pourquoi?

Cours 3 - 26/09/2019

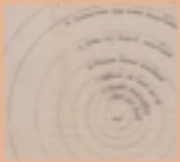
LU2HS003 - D. AUBIN 3

PROGRAMME DE LA SÉANCE

1. Copernic: le système héliocentrique
2. Tycho Brahe et l'astronomie d'observation
3. Kepler, l'ellipse et la physique céleste
4. Galilée: nouveaux outils, nouveaux mondes

Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 4



LE MONDE DE COPERNIC

Une « analyse coût-bénéfice » de l'héliocentrisme

Cours 3 - 26/09/2019

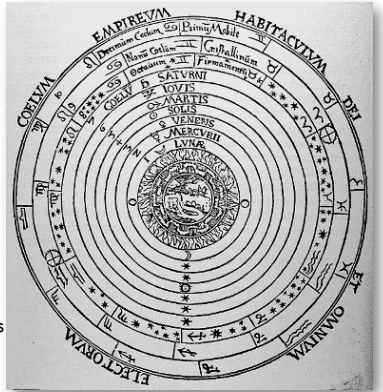
LU2HS003 - D. AUBIN

L'UNIVERS DE PTOLÉMÉE

Claude Ptolémée
(90-180 environ)

La *Grande Synthèse* (ou l'*Almageste*).

- « Il faut autant qu'on le peut adapter les hypothèses les plus simples aux mouvements célestes, mais si elles ne suffisent pas, il faut en choisir d'autres qui les expliquent mieux. »



Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN

L'ASTRONOMIE EN PAYS D'ISLAM

Observations

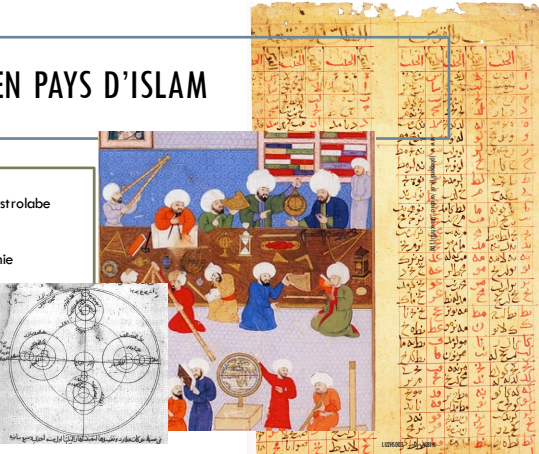
- Le premiers observatoires, l'astrolabe

Les modèles

- Développement de l'astronomie ptoléméenne

Les tables (zij).

- Nouveaux calculs détaillés (trigonométrie).



Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN

A LA COUR D'ALFONSE DE CASTILLE (13^E SIÈCLE)



Libro de Saber

<http://www.ub.edu/~historia/RS/Alamy/226/>



Tables alfonsines

Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN

L'ASTRONOMIE DANS L'UNIVERSITÉ MÉDIÉVALE

Astronomie comme branche du **quadrivium** (avec géométrie, arithmétique et musique)

Mais assez peu enseignée.

Un manuel: *Le traité de la Sphère* de **Sacrobosco** (enseignant à Paris au 13^e siècle).



Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 9

FOI ET RAISON AU MOYEN ÂGE



Nicole Oresme, *Livre du Ciel et du Monde* (1377).



Gregor Reisch, *Margarita philosophica* (1496).

Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 10

QUE S'EST-IL PASSÉ LE 5 OCTOBRE 1582 À ROME?

Rien!

Le lendemain du 4 octobre 1582 est le 15 octobre 1582!

Adoption du calendrier grégorien.

- Années bissextiles tous les 4 ans...
- Sauf années divisibles par 100... : non bissextiles!
- Sauf années divisibles par 400... : bissextiles!



Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 11

NICOLAS COPERNIC (1473–1543)

Le système héliocentrique

- Proposé par Aristarque (3^e s. av. J.-C.).
- Les calculs de Copernic, à partir de 1512.

Des Révolutions des orbes célestes, publié en 1543.

- Conserve le cercle et le mouvement uniforme.
- Préface d'**Osiandre**: hypothèse ou réalité?



Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 12

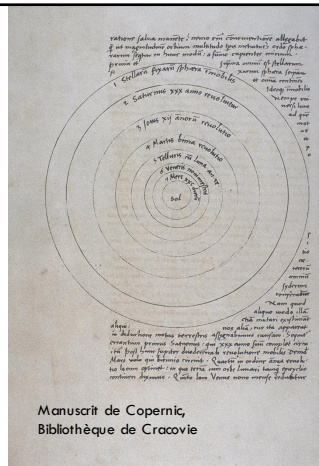
SYSTÈME DE COPERNIC

Ses succès

1. Orbites des planètes internes
2. Grandeur des orbites
3. 3^e mouvement
4. Simplicité ?

Ses problèmes

1. Contredit par l'observation
 - a. Mouvement de la Terre
 - b. Éclat constant de Vénus
 - c. Parallaxe des étoiles fixes
2. Contradiction avec la Bible.
3. Besoin d'une nouvelle physique.



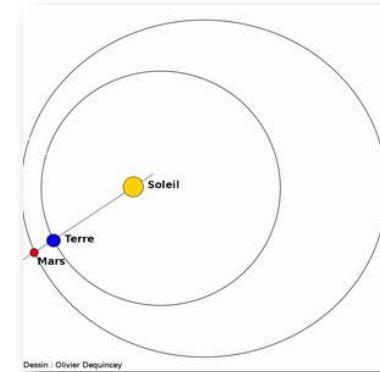
Manuscrit de Copernic,
Bibliothèque de Cracovie

LES PLANÈTES INTERNES

Les planètes externes peuvent être en opposition.

Les planètes internes (Mercure et Vénus ne le peuvent pas).

Explication ad hoc.

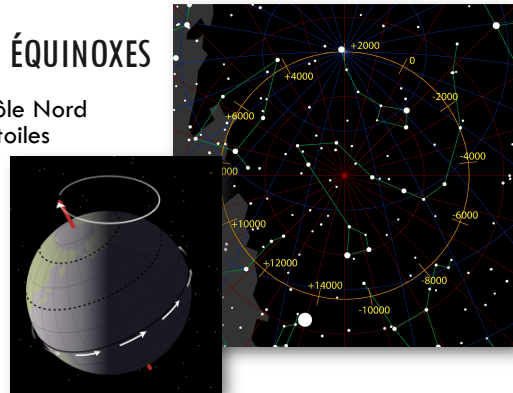


Dessin : Olivier Dequigny

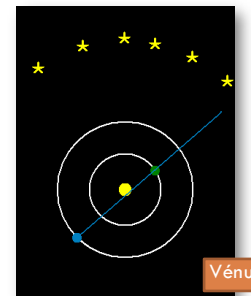
PRÉCESSION DES ÉQUINOXES

Déplacement du pôle Nord sur la sphère des étoiles fixes.

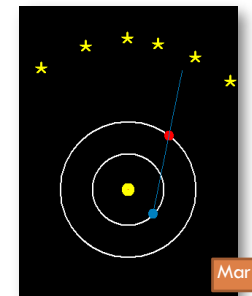
3^e mouvement de la Terre.



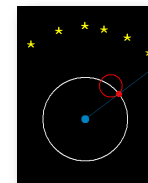
MOUVEMENT RÉTROGRADE SELON COPERNIC



Vénus



Mars

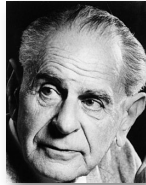


Le modèle de l'épicycle

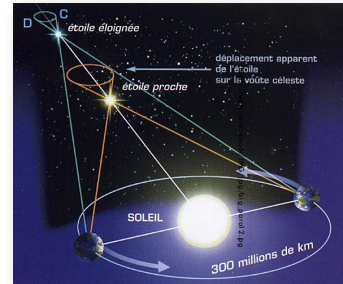
PARALLAXE ET RÉFUTATION



L'astronome Karl Friedrich Bessel en 1832.



Le philosophe Karl Popper: théorie héliocentrique réfutée?



Du « gaspillage »?

Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 17

NOUVELLE PHYSIQUE

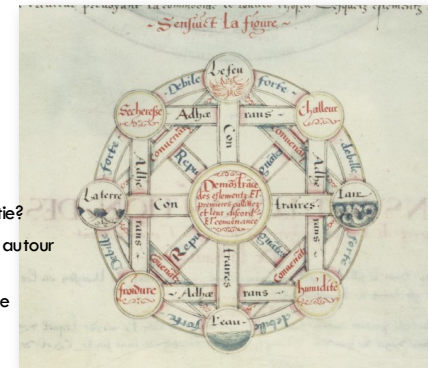
Aristote: La Physique

- Théorie des mouvements naturels
- L'étude des causes.

Quel est le nouveau principe d'inertie?

Pourquoi les planètes bougent-elles autour du Soleil?

Pourquoi les orbites ont-elles la taille qu'elles ont?



Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 18

CONSÉQUENCES DE LA RÉVOLUTION COPERNICIENNE

Classification des causes:

- Vraies
- Vraisemblables
- Inconnues, mais des hypothèses qui permettent le calcul.

Changement dans la hiérarchie des fondements du savoir:

1. L'autorité, en particulier la foi
2. La raison, en particulier la logique et les mathématiques
3. L'observation, en particulier l'expérimentation

La préface d'Andreas Osiandre au livre de Copernic: « Au lecteur sur les hypothèses de cette œuvre »

- « Il n'est pas nécessaire que les hypothèses (en astronomie) soient vraies ni même vraisemblables; une seule chose suffit: qu'elles offrent des calculs conformes à l'observation »



Andreas Osiander (1498-1552), théologien réformateur allemand.

Cours 3 - 26/09/2019

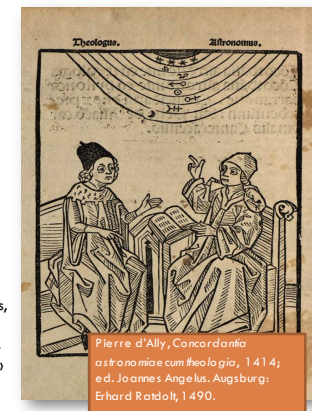
LU2HS003 - D. AUBIN 19

UN DÉBAT ENTRE ASTRONOMES ET THÉOLOGIENS?

Giodano Bruno: brûlé à Rome le 25 décembre 1600.

Paolo Antonio Foscarini, Lettre sur l'opinion des pythagoriciens et de Copernic (1615)

« L'opinion des pythagoriens est ou bien vraie ou bien fausse; si elle est fausse il convient de n'en pas parler [...]; si elle est vraie, peu importe qu'elle contredise à tous, tant philosophes qu'astrologues, et qu'il faille l'affirmer et la remettre en cours une philosophie et une astronomie nouvelles à partir de nouveaux principes et hypothèses. »



Pierre d'Ailly, Concordantia astronomiae cum theologia, 1414; ed. Joannes Angelus, Augsburg: Erhard Ratdolt, 1490.

Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 20

LES ENJEUX SCIENTIFIQUES ET SOCIAUX DU COPERNICANISME

Pour être largement adopté, le copernicanisme exige:

- un **renversement hiérarchique des fondements du savoir**: les données empiriques doivent primer sur la foi et la raison.
- mais aussi, un **renversement de la hiérarchie des lettrés**: les astronomes vont-ils acquérir le droit de se prononcer sur des questions aussi importantes que la place de l'homme dans la Nature et que l'interprétation à donner à certains passages bibliques?

Le contexte du 16^e siècle a préparé le terrain pour que ce renversement devienne possible:

- l'**imprimerie** produit un brassage des savoirs;
- le **savoir empirique des artisans** commence à pénétrer et transformer le savoir universitaire.

1

Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 71

L'OBSERVATOIRE DE TYCHO BRAHE

Qu'est-ce qu'observer en astronomie ?



2

Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 72

A QUOI SERT L'ASTRONOMIE AU 16^E SIÈCLE?

Prédications astrologiques:

- Des pratiques qui se répandent et se démocratisent.
- Des pratiques encouragées par les autorités (des chaires, des bourses), mais pas par l'Eglise.

Maîtrise du temps: le calendrier et les horloges

Navigation, cartographie et géographie

Rôle symbolique: prestige, vision du monde, politique, etc.



Sébastien Brandt, *La Nef des fous*

2

Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 73

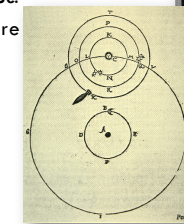
TYCHO BRAHE (1546-1601)



La supernova de 1572.

La comète de 1577:
le **système géohéliocentrique**.

Son observatoire d'Uraniborg

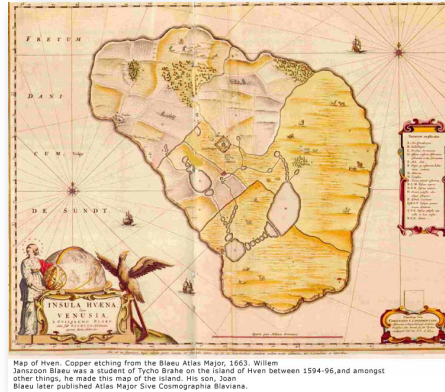


2

Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 74

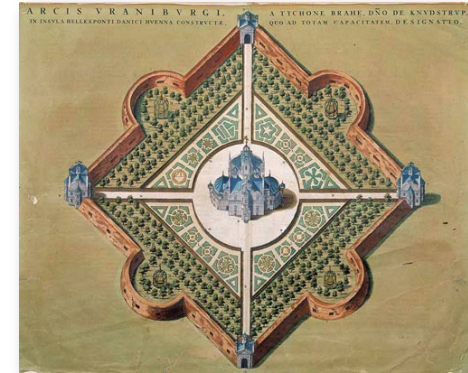
L'OBSERVATOIRE D'URANIBORG: L'ÎLE DE HVEN



Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 72

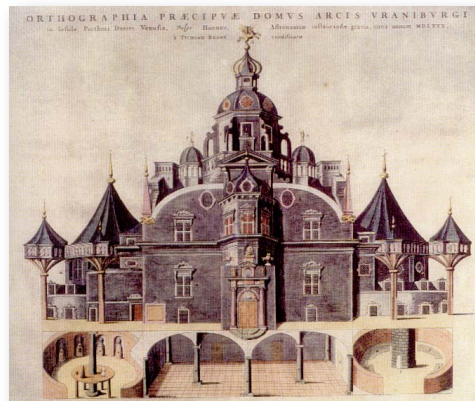
L'OBSERVATOIRE D'URANIBORG: LES JARDINS



Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 74

L'OBSERVATOIRE D'URANIBORG: LE CHÂTEAU



Cours 3 - 26/09/2019

LUDWIG - D. AUBIN 77

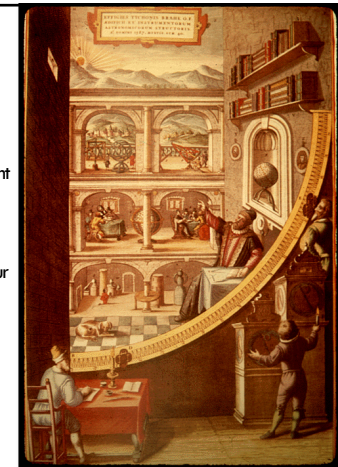
L'OBSERVATION ASTRONOMIQUE

J. Kepler:

« Assurément Copernic est préférable à Brahe (dont il est très équitable que la mention très honorée et le souvenir très reconnaissant soient faits, puisque j'ai construit tout cet édifice sur son fonds. »

« La Providence divine nous a légué un observateur si précis en Tycho Brahe que ses observations l'ont convaincu que le calcul ptolémien présentait une erreur de 8' (minutes d'arc); (...) et parce que ces 8' ne pouvaient pas être ignorées, elles seules ont amené une réforme totale de l'astronomie. »

Cours 3 - 26/09/2019





LES ELLIPSES DE KEPLER

Hypothèse, calculs et physique céleste

Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 29

JOHANNES KEPLER (1571-1630)

Copernicien depuis 1596.
Rencontre Tycho Brahe à Prague en 1600.
Étude de Mars (1604-1605): 1^{ère} et 2^e lois.
1609: *Astronomie nouvelle*.
1618: 3^e loi.
1619: *Harmonie du monde*.



Cours 3 - 26/09/2019

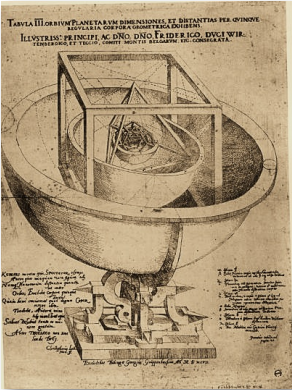
LU2HS003 - D. AUBIN 30

SPHÈRES DE KEPLER

Les lois de Kepler.

1. Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe l'un des foyers.
2. Le rayon reliant la planète au Soleil balaie une aire égale en un temps égal.
3. La période au carré est proportionnelle au cube de la distance au Soleil, c'est-à-dire $p^2 \propto r^3$.

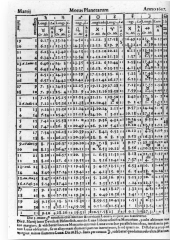
La Physique céleste.
Explication magnétique du mouvement des astres.



Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 31

KEPLER, TABLES RUDOLPHINES, 1627


Cours 3 - 26/09/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 32

LA PHYSIQUE CÉLESTE

Kepler, *l'Astronomie nouvelle* (1609):

- « mon principal dessin dans cet Ouvrage est certes d'améliorer la science Astronomique (...) particulièrement au sujet du mouvement de Mars, de sorte que ce que nous calculons à partir des tables, corresponde aux apparences célestes (...).
- « Cependant en vérité (...) je m'avance encore dans la Métaphysique d'Aristote ou plutôt dans la Physique céleste et je cherche les causes naturelles des mouvements:



3

Cours 3 - 26/01/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 32

ANALOGIE MAGNÉTIQUE

Une source pour Képler:

William Gilbert, *De Magnete* (1600).

La physique expérimentale comme source pour l'astronomie.

Le soleil comme **cause** magnétique du mouvement des planètes.

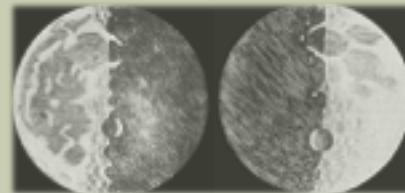
« enfin de cette considération naissent des arguments non «équivoques par lesquels la seule Opinion de Copernic sur le Monde est vraie ».



3

Cours 3 - 26/01/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 34



GALILÉE

Des mathématiques à la philosophie naturelle

4

Cours 3 - 26/01/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 35

GALILEO GALILEI (1564-1642)

Son père Vincenzo Galilei:

- musicien, enseignant à l'Université.

Florence, Pise, Padoue (1592-1610):

- professeur de mathématiques

Fréquente l'Arsenal de Venise

- problème de l'agrandissement de l'échelle.
- Géométrisation du mouvement

1602-1604 : le pendule isochrone

- (théorème VI, 3e Journée).

1604 : de *Motu*

- la chute libre : la vitesse est proportionnelle à la distance parcourue.



4

Cours 3 - 26/01/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 36

LA LUNETTE ASTRONOMIQUE

Inventée en octobre 1608 par un artisan hollandais
Hans Lipperhey

Grand succès auprès des militaires, des marins, des cours...

Adaptée par Galilée pour l'étude des astres.

21 août 1609 : démonstration en présence du Sénat de Venise.

Institut et musée d'histoire des sciences de Florence
(<http://brunelleschimuseum/index.html>)



4

Cours 3 - 26/09/2019

LUDOVIC - D. AUBIN 37

DÉCOUVERTES DE GALILÉE

Satellites de Jupiter

7 janvier 1610	Ori.	*	*	○	*	Occ.
8 janvier 1610				○	*	*
10 janvier 1610		*	*	○		
11 janvier 1610		*	*	○		
12 janvier 1610		*	*	○	*	
13 janvier 1610		*	*	○	*	
15 janvier 1610			*	○	*	*
15 janvier 1610			*	○	*	*
16 janvier 1610		*	*	○	*	*

4

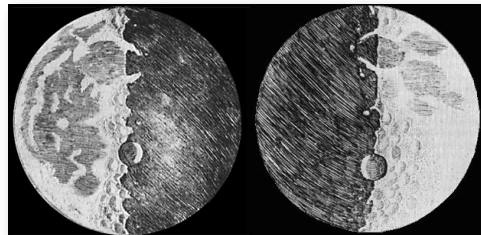
Cours 3 - 26/09/2019

LUDOVIC - D. AUBIN 38

DÉCOUVERTES DE GALILÉE

Montagnes dans la lune

Siderius Nuncius = *Le Message(r) céleste* (1610)

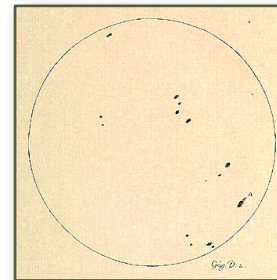


4

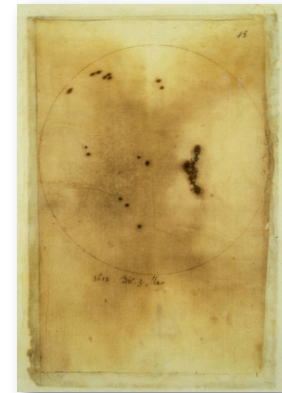
Cours 3 - 26/09/2019

LUDOVIC - D. AUBIN 39

GALILÉE: LES TACHES DU SOLEIL



Observées du 2 juin au 8 juillet 1613.



4

Cours 3 - 26/09/2019

LUDOVIC - D. AUBIN 40

DÉCOUVERTES DE GALILÉE

Phases de Vénus

4

Cours 3 - 26/01/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 41

CONCLUSIONS

Le changement de modèle implique

- Un **changement épistémologique**: privilégier les observations sur la théorie et la foi
- Un **changement social**: accroître le statut social de l'astronome, du mathématicien, du savant au détriment du théologien

Ce changement se produit dans des **contextes précis**:

- Engouement, popularisation et débats autour de l'astrologie
- Critique de l'Eglise, Réforme et Contre-Réforme
- Changement des rapports aux savoirs théoriques et pratiques: applications (surtout militaires), imprimerie, nouvel empirisme, etc.

Cours 3 - 26/01/2019

LU2HS003 - D. AUBIN 42