




Vendredi 24 octobre 2014, 20h

L'astronomie à l'ancienne

Conférence de M. Ilan Vardi

Mathématicien travaillant au laboratoire Instant-Lab de conception microtechnique
et horlogère de l'EPFL à Neuchâtel



Société Neuchâteloise d'Astronomie
Hôtel de la Croisée, Malvilliers (Val-de-Ruz)
Grande salle - 1^{er} étage

Savoir ce que l'on sait

- ★ Ces jours-ci, on sait beaucoup de choses
- ★ Mais est-ce que l'on comprend ce que l'on sait ?
- ★ Si on retournait 2000 ans dans le passé,
Qu'est-ce que l'on pourrait *expliquer* ?
- ★ La Terre est ronde.
- ★ La Terre tourne autour du Soleil.
- ★ La matière n'est pas continue, est composée de quarks. . .
- ★ *A la place de savoir plus, comprendre mieux ce que l'on sait.*
- ★ Identifier les idées reçues et leurs rôles culturels.
- ★ Comprendre le rôle culturel de l'astronomie.

L'astronomie élémentaire

“We are living in a period of important astrophysical and cosmological research. Many astronomical journals and scientific books deal with subjects such as birth and evolution of stars, black holes, dark matter, gamma-ray bursts, supernova remnants, or collisions between galaxies. Of course, this is important matter, but one almost seems to have forgotten the ‘old’ astronomy, the classical, mathematical science of the sky. And yet, without this fundamental astronomy modern research on the universe would never have been possible.”

Jean Meeus, *Mathematical Astronomy Morsels III*, Willmann-Bell, 2004.



WATERMELON
CUBES

PEACHES
SLICES

ORANGE
SLICES

ORANGE
SLICES

PEACHES
SLICES

WATERMELON
CUBES

ORANGE
SLICES

PEACHES
SLICES

WATERMELON
CUBES

WATERMELON
CUBES

PEACHES
SLICES

ORANGE
SLICES

ORANGE
SLICES

PEACHES
SLICES

WATERMELON
CUBES

ORANGE
SLICES

PEACHES
SLICES

WATERMELON
CUBES

MATHEMATICAL ASTRONOMY

MORSELS

LEAH III MEEDS

Esprit critique et pointilleux

In contrast to the usual lamentation, I believe that only the most intimate knowledge of details reveals some traces of the overwhelming richness of the process of intellectual life.

Otto E. Neugebauer, *Some Fundamental Concepts in Ancient Astronomy*, in his "Astronomy and History : Selected Essays," Springer-Verlag, New York 1983.

Studies
in the History of Mathematics and
Physical Sciences 1

O. NEUGEBAUER

A HISTORY
OF ANCIENT
MATHEMATICAL
ASTRONOMY

Part One

 Springer

La Terre est ronde

- ★ “Tout le monde” le sait depuis 2500 ans, au moins.

La Terre est ronde

- ★ “Tout le monde” le sait depuis 2500 ans, au moins.
- ★ La courbure de la Terre est visible sur une étendue d'eau.

La Terre est ronde

- ★ “Tout le monde” le sait depuis 2500 ans, au moins.
- ★ La courbure de la Terre est visible sur une étendue d'eau.
- ★ L'ombre circulaire de la Terre est visible sur la Lune.

La Terre est ronde

- ★ “Tout le monde” le sait depuis 2500 ans, au moins.
- ★ La courbure de la Terre est visible sur une étendue d'eau.
- ★ L'ombre circulaire de la Terre est visible sur la Lune.
- ★ Les éclipses se passent à des temps différents pour différents lieux.
- ★ Les Babyloniens qui gardaient des données complètes d'éclipses depuis 2700 ans savaient forcément que la Terre était ronde.

La Terre est ronde

- ★ “Tout le monde” le sait depuis 2500 ans, au moins.
- ★ La courbure de la Terre est visible sur une étendue d'eau.
- ★ L'ombre circulaire de la Terre est visible sur la Lune.
- ★ Les éclipses se passent à des temps différents pour différents lieux.
- ★ Les Babyloniens qui gardaient des données complètes d'éclipses depuis 2700 ans savaient forcément que la Terre était ronde.
- ★ Erastothène (220 Av–J.C.) calcule la circonférence de la Terre à 2000km près.

La Terre est ronde

- ★ “Tout le monde” le sait depuis 2500 ans, au moins.
- ★ La courbure de la Terre est visible sur une étendue d'eau.
- ★ L'ombre circulaire de la Terre est visible sur la Lune.
- ★ Les éclipses se passent à des temps différents pour différents lieux.
- ★ Les Babyloniens qui gardaient des données complètes d'éclipses depuis 2700 ans savaient forcément que la Terre était ronde.
- ★ Erastothène (220 Av–J.C.) calcule la circonférence de la Terre à 2000km près.
- ★ Ptolémée (150 A.D.) prouve que la Terre est ronde dès le début de l'*Almagest*. Livre à la base du savoir astronomique jusqu'à la Renaissance.

ΚΛΑΥΔΙΟΥ ΠΤΟΛΕΜΑΙΟΥ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΤΑΞΙΣ.
COMPOSITION MATHÉMATIQUE
DE CLAUDE PTOLÉMÉE,

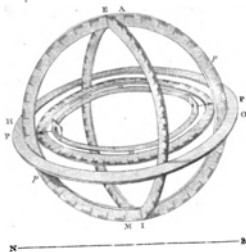
TRADUITE POUR LA PREMIÈRE FOIS DU GREC EN FRANÇAIS,
SUR LES MANUSCRITS ORIGINAUX DE LA BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE DE PARIS,

PAR M. HALMA;

ET SUIVIE DES NOTES DE M. DELAMBRE,

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, MEMBRE DU BUREAU DES LONGITUDES ET DE L'INSTITUT,
SECRÉTAIRE PÉPÉTUEL DE LA CLASSE DE MATHÉMATIQUES ET DE PHYSIQUE,
PROFESSEUR D'ASTRONOMIE AU COLLÈGE DE FRANCE, TRÉSORIER DE L'UNIVERSITÉ IMPÉRIALE, ETC.

TOME PREMIER.



A PARIS,

CHEZ HENRI GRAND, LIBRAIRE, RUE SAINT-ANDRÉ-DES-ARCS, N° 5.

1813.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ.

CHAPITRE III.

ὍΤΙ ΚΑΙ Η Γῆ ΣΦΑΙΡΟΕΠΙΣΤΗ ΕΣΤΙ ΠΡΟΣ
ΑΙΘΗΡΗΝ, ΩΣ ΚΑΘ' ὍΛΑ ΜΕΡΗ.

LA TERRE EST SENSIBLEMENT DE FORME
SPHÉRIQUE DANS L'ENSEMBLE DE TOUTES
SES PARTIES.

ὍΤΙ δὲ καὶ ἡ γῆ σφαιροειδὴς ἐστὶ πρὸς
αἰθέρα, ὡς καθ' ὅλα μέρη λαμβανο-
μένη, μάλιστα δ' ὅπως κατανοήσασμεν
τὸν ἥλιον γὰρ πάλιν, καὶ τὴν σελήνην, καὶ
τοὺς ἄλλους ἀστέρας ἴσθι ἰδίῃ, οὐ κατὰ
τὸ αὐτὸ πᾶσι τοῖς ἐπὶ τῆς γῆς ἀνατίλ-
λωτάς τε καὶ δύοντας, ἀλλὰ προτί-
ροις μὲν αἰ τοῖς πρὸς ἀνατολὰς οἰκοῦσιν,
ὕστεροι δὲ τῶν πρὸς δυσμὰς. Τὰς γὰρ
ὑπὸ τὸν αὐτὸν χρόνον ἀποτυλουμένης
ἐκκληκτικῆς φαιαισίας, καὶ μάλιστα
τὰς μεσημερίας, εὐρίσκομαι οὐκ ἐν ταῖς
αὐταῖς ὥραις, τυτέροις ταῖς τὸ ἴσον ἀπε-
χούσας τῆς μεσημέριας, παρά πᾶσι
ἀναγραφόμενης, ἀλλὰ πάντοτε τὰς παρά
τοῖς ἀνατολικωτέροις τῶν τερμασάτων
ἀναγραμμείας ὥρας, ὑστερούσας τῶν
παρὰ τοῖς δυτικωτέροις καὶ τῆς διαφο-
ρῆς δι' τῶν ἄνω ἀελοῦσιν τοῖς διαστήμασι
τῶν χωρῶν εὐριστομένης, σφαιρικῆν αἰ
τις εἰκότως τὴν τῆς γῆς ἐπιπέδου ὑπο-
λάβουσι, τὰς κατὰ τὴν κυρτότητα καθ' ὅλα
μέρη λαμβανομένης ὁμοιομερείας ἀπο-
λόγως αἰ τὰς ἐπιπροθέσεις τοῖς ἐπιπέδου
ποιουμένης ἢ δι' γ' ἢ τὸ σῆμα ἴσθι, οὐκ
ἀπὸ τοῦτο συνίσταται, ὡς ἴδουσι τις αἰ καὶ
ἐκ τούτων.

Καί τις μὲν γὰρ αὐτῆς ὑπερχούσης,
προτίροις αἰ ἐφαίνετο ἀνατίλλουσα τὰ
ἄστρα τοῖς δυσμικωτέροις ἐπιπέδου δὲ,

POUR concevoir que la terre est sensibi-
blement de forme sphérique, il suffit d'ob-
server, que le soleil, la lune et les autres
astres ne se lèvent et ne se couchent pas
pour tous les habitans de la terre à-la-
fois, mais d'abord pour ceux qui sont à
l'orient, ensuite pour ceux qui sont à l'oc-
cident. Car nous trouvons que les phéno-
mènes des éclipses, particulièrement de la
lune, qui arrivent toujours dans le même
temps absolu, pour tous les hommes,
ne sont pourtant pas vues aux mêmes
heures, relativement à celle de midi,
c'est-à-dire, aux heures également éloi-
gnées du milieu du jour; mais que,
partout, ces heures sont plus avancées
pour les observateurs orientaux, et moins
pour ceux qui sont plus à l'occident.
Or, la différence entre les nombres des
heures où les uns et les autres voient ces
éclipses, étant proportionnelle aux dis-
tances de leurs lieux respectifs, on en
conclura que la surface de la terre est
certainement sphérique, et que de l'uni-
formité de sa courbure prise en totalité,
il résulte que chacune de ses parties fait
obstacle aux parties suivantes, et en bor-
ne la vue d'une manière semblable pour
toutes. Il en seroit tout autrement, si la
terre avoit une autre figure, comme on
peut s'en convaincre par les réflexions
suivantes (a).

Si la surface terrestre étoit concave,
les habitans de ses parties occidentales
seroient les premiers qui verroient les
astres se lever; si elle étoit plane, tous

Les idées reçues

- ★ Que les anciens ne savaient pas que la Terre est ronde est un mythe créé au 19^{ème} siècle : William Whewell, professeur à Cambridge, Washington Irving (*The Legend of Sleepy Hollow, Rip van Winkle*).
- ★ En fait, la Terre était presque universellement décrite par les personnes éduquées comme ronde depuis Aristote, même au Moyen Âge et au temps de Christophe Colomb.
Moïse Maïmonide, philosophe juif (1138–1204) fait référence à cette évidence.
- ★ **Idée reçue** : “L’astronomie ancienne est nulle”
- ★ Parce que l’on croyait que la Terre est au centre du monde.

RACHEL WEISZ

AGORA

A FILM BY ALEJANDRO AMENÁBAR

ALEXANDRIA, EGYPT, 391 A.D.
THE WORLD CHANGED FOREVER

COMING SOON

WWW.AGORATHEMOVIE.COM

Agora (2009)

- ★ Agora, un film sur la vie et la mort d'Hypatie d'Alexandrie (350 à 370–415) tuée par des chrétiens en colère.
- ★ Fille de Théon d'Alexandrie, dernier directeur du Musée d'Alexandrie, elle représente la fin de l'époque scientifique classique. Elle a écrit des commentaires sur les coniques d'Apollonios de Perga.
- ★ Le film contient toutes les idées reçues fausses sur l'astronomie ancienne.
- ★ Une explication : la production fait l'effort de plaire aux spectateurs en identifiant le peu qu'ils savent sur le sujet.

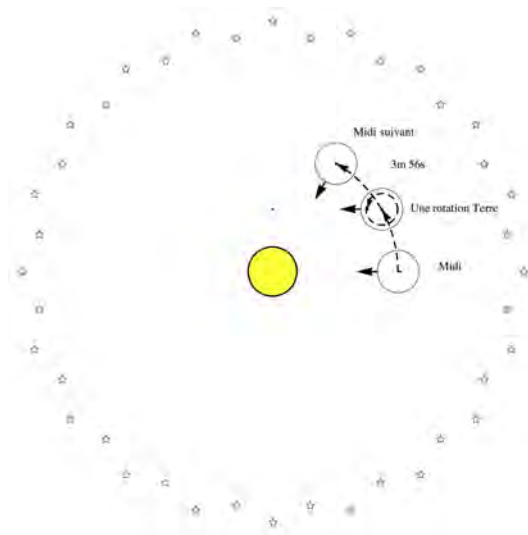
Question facile

Est-ce la Terre qui tourne autour du Soleil,
ou le Soleil autour de la Terre ?

La nécessité d'un référentiel

- ★ On tourne par rapport à quelque chose.
- ★ Du point de chacun, *tout tourne autour de lui.*
(Enfant sur un tourniquet.)
- ★ **Début de réponse à la question** : Ca dépend du référentiel.
Du point de vue Terre, le Soleil tourne autour de la Terre.
Du point de vue Soleil, la Terre tourne autour du Soleil.
Ces deux réponses n'apportent aucune information.
- ★ Le référentiel qu'il faut utiliser est *les étoiles fixes.*
- ★ **Réponse à la Question.**
La Terre tourne autour du Soleil *par rapport aux étoiles fixes.*

Rotation de la Terre par rapport aux étoiles fixes



Le modèle géocentrique classique

- ★ La définition du jour peut être réécrite

Un jour = “Un tour du Soleil autour de la Terre”.

- ★ De fait, cette formulation fait l'hypothèse que le Soleil tourne autour de la Terre.
- ★ On est de retour à l'antiquité où tout tournait autour de la Terre.

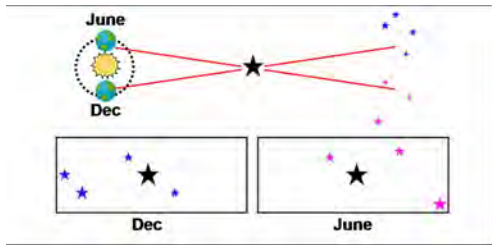
Chronologie Terre tourne autour du Soleil

- 250 Aristarque propose le modèle héliocentrique.
- 220 Archimède adopte le modèle d'Aristarque.
- 150 Ptolémée, modèle géocentrique utilisé pendant 1400 ans.
- 1543 Copernic, modèle héliocentrique.
- 1619 Kepler, lois du mouvement des planètes autour du Soleil.
- 1633 Galilée condamné par l'inquisition.
- 1687 Newton prouve les lois de Kepler.
- 1838 Bessel, preuve expérimentale de Terre tourne autour du Soleil.

Preuve expérimentale de Terre tourne autour du Soleil

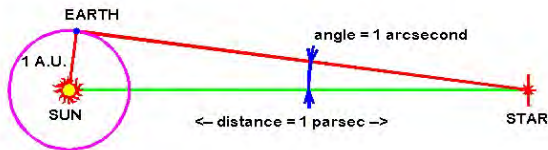
- ★ La preuve nécessite une observation du parallaxe stellaire.
- ★ Parallaxe = angle change par rapport aux vues différentes.
- ★ Parallaxe stellaire = changement d'angle d'une étoile d'un côté du Soleil à l'autre en 6 mois.

Parallaxe stellaire



Parsec = "Parallaxe seconde"

= 3.26 années lumière \approx 31 million million km.



L'observation de Bessel

- ★ Il a observé une étoile “proche” par rapport au étoiles “lointaines”. En 1837–38 il a observé 61 Cygni (appelé depuis l'étoile de Bessel) à 11 années de lumières de la Terre.
- ★ Le changement d'angle était 0.6 arcsecondes, où

$$1 \text{ arcseconde} = \frac{1^\circ}{36000} \approx \frac{360^\circ}{1 \text{ million}},$$

le télescope de Bessel était précis à un millionième d'une rotation complète.

Non pertinence en Antiquité

- ★ Pour les observations, le point de vue géocentrique est nécessaire.
- ★ La question est très subtile (réponse définitive 1838).
- ★ Du point de vue mathématique, héliocentrique et géocentrique sont équivalents.
- ★ Du point de vue mathématique, la Terre tourne autour de son axe.
- ★ Avant Kepler, l'astronomie était *mathématique*, modélisation sans explication.
- ★ Kepler et Newton expliquent pourquoi la Terre tourne autour du Soleil.
- ★ La question n'était pas pertinente en antiquité.
- ★ L'astronomie ancienne avait raison de dire que la Terre est au centre du monde.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ.

CHAPITRE IV.

ΟΤΙ ΜΕΣΗ ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ ΕΣΤΙΝ Η ΓΗ.

LA TERRE OCCUPE LE CENTRE DU CIEL.

ΤΟΥΤΟΥ ΔΙ' ΔΙΩΡΑΘΕΝΤΟΣ, ΕΙ ΤΙΣ ΕΦΕ-
 ΖΗΣ ΚΑΙ ΠΙΡ) ΤΑΣ ΔΙΟΥΣΙΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΔΙΑΔΙ-
 ΛΩΙ, ΚΑΤΑΘΕΣΙΝΕ ΔΙ' ΟΥΤΩΣ ΜΕΩΣ ΣΥΝΤΕ-
 ΛΙΘΟΨΟΜΕΝΑ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΙΡ) ΑΥΤΗΙ,
 ΕΙ ΜΕΣΗ ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ, ΚΑΘ' ΑΠΙΡ) ΚΕΤΡΟΙ
 ΣΦΑΙΡΑΣ, ΥΠΟΚΕΚΑΙΜΕΘΑ. ΤΟΥΤΟΥ Γ' ΑΡ' ΔΗ
 ΜΕ ΟΥΤΩΣ ΕΧΟΝΤΟΣ, ΕΙΔΗ, ΗΤΟΙ ΤΟΥ ΜΕΝ
 ΑΞΙΟΣ ΕΚΑΤΕΡΟΣ ΕΙΝΑΙ ΤΗΣ ΓΗΣ, ΕΚΑΤΕΡΟΥ ΔΙ'
 ΤΩΙ ΠΟΛΩΙ ΙΣΟΙ ΑΠΙΧΕΙΝ, Η ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥΣ
 ΟΥΣΑΙ ΦΩΣ ΤΩΝ ΕΤΕΡΩΙ ΤΩΙ ΠΟΛΩΙ ΠΑΡΑ-
 ΚΕΧΩΡΑΙΝΑΙ, Η ΜΑΤΕ ΕΩ) ΤΟΥ ΑΞΙΟΥΣ ΕΙΝΑΙ,
 ΜΕΤΕ ΕΚΑΤΕΡΟΥ ΤΩΙ ΠΟΛΩΙ ΙΣΟΙ ΑΠΙΧΕΙΝ.

Πρὸς μὲν οὖν τὴν πρώτην τῶν τριῶν Δί-
 σιμι ἐκείνη μάχεται, ὅτι εἰ μὲν εἰς τὸ ἄνω
 ἢ τὸ κατωτέρω παρακλινωμένη κενθίσι,
 ταύτοις ἀσυμπίπτοι, ἐπὶ μὲν ἑρῶθῃ τῆς
 σφαίρας, τὸ μὲν ὄνομα ἰσημερινὸν γήι-
 ναι, εἰς ἄλλα πάντα διαιρουμένην ὑπὸ
 τοῦ ὀριζήτου, τοῦ τε ὑπὲρ γῆς καὶ τοῦ
 ὑπὸ γῆς ἐπὶ δὲ τῆς ἑκκελιμίας, τὸ
 ἢ μὲ γήινον πάλιν ἕλως ἰσημερινὸν, ἢ μὲ
 ἐν τῇ μεταξὺ παρόδῳ τῆς τε θιριπῆς τρο-
 πῆς καὶ τῆς χειμερινῆς, ἀίσιαι τῶν δια-
 σκεπτῶν ταύτων ἐξ ἀνάγκης γηομίται,
 διὰ τὸ μάλιστα τὸν ἰσημερινὸν καὶ μέγιστον
 τῶν παραλλήλων τῶν τοῦς πόλοις τῆς
 περιεσφῆς γραφομένην κύκλων διχοτομῆ-
 θῆαι ὑπὸ τοῦ ὀριζήτου, ἀλλ' εἶνα τῶν πα-
 ραλλήλων αὐτῶν, καὶ ἔτοι βορριοτήτων ἢ
 νοτιωτήτων. Ἐπιμαλύεται δὲ γὰρ ὑπὸ πάν-
 των ἀπλῶς ὅτι τὰ διασκέματα ταῦτα
 ἴσα τε γῆνι πανταχῶ, τῶν καὶ τὰς παρὰ

DE la question de la figure de la terre, si l'on passe à celle de sa situation, on reconnoitra que ce qui paroît arriver autour d'elle, ne peut paroître ainsi, qu'en la supposant au milieu du ciel, comme au centre d'une sphère. En effet, si cela n'étoit pas, il faudroit, ou qu'elle fût hors de l'axe à égale distance de chaque pole; ou que, si elle étoit dans l'axe, elle fût plus proche de l'un des poles, ou enfin, qu'elle ne fût ni dans l'axe, ni à égale distance de l'un ou de l'autre pole.

Ce qui prouve que la première de ces trois suppositions n'est pas vraie, c'est que, si la terre étoit placée de l'un ou de l'autre côté de l'axe, ensorte que certains points de la surface terrestre fussent au-dessus ou au-dessous de cet axe, ces points n'auroient jamais d'équinoxes, s'ils avoient la sphère droite, parce qu'alors l'horizon couperoit toujours le ciel en deux parties inégales, l'une au-dessus et l'autre au-dessous de la terre. Dans la sphère oblique, ou il n'y auroit pas d'équinoxes, ou bien ils n'arriveroient pas au milieu du passage d'un tropique à l'autre, ces distances étant nécessairement inégales, dans cette hypothèse. Car ce ne seroit plus le cercle équinoxial, le plus grand des cercles parallèles décrits par la révolution autour des poles, qui seroit coupé en deux parties égales par l'horizon, mais un des cercles qui lui sont parallèles, soit boréaux, soit méridionaux. Cependant, tout le monde convient unanimement

ζῆτα ἀπὸ πάντων τὰ ὑπὸ γῆν ἵσίοισι τμήμασι τῶν ὑπὲρ γῆν.

des plans horizontaux ; ils seroient toujours en dessous, des segmens plus grands qu'en dessus.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ.

ΟΤΙ ΟΥΔΕ ΚΙΝΗΣΗ ΤΙΝΑ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗΝ
ΒΟΗΤΑΙ Β ΓΥ.

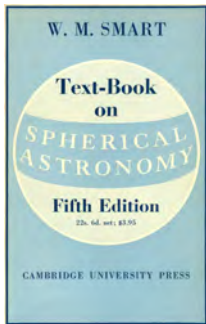
CHAPITRE VI.

LA TERRE NE FAIT AUCUN MOUVEMENT
DE TRANSLATION.

ΚΑΤΑ τὰ αὐτὰ δὲ τοῖς ἔμπροσθεν διεχθένται, διότι μὲν ἠττιανοῦ κίνησι εἰς τὰ προσημαίεα πλάγια μέρη τὴν γῆν οἷον τε ποιεῖσθαι, ἢ ὅλων μεθίστασθαι ὅσοι τοῦ κατὰ τὸ κέντρον τόκου τὰ αὐτὰ γὰρ συνίστασι ἀπὸ ἀπὸ ἐπὶ τὴν θέσιν ἄλλην παρὰ τὸ μέσον ἔχουσα ἐνύγκησιν. Ὡστ' ἴμοιγε δοκεῖ περισσῶς ἀπὸ τῆς ἐπὶ τῆς ἐπὶ τὸ μέσον φορᾶς τὰς αἰτίας ἐπιζητεῖσθαι, ἀπαξ γὰρ τοῦ ὅτι ἔστι γῆ τὸν μέσον ἐπὶ κέντρον τοῦ κόσμου καὶ τὰ βάρη πάντα ἐπ' αὐτὴν φέρεται, οὕτως ὅσοι ἰσχυροῦς ἐξ αὐτῶν τῶν φαινομένων. Κακίον δὲ μοῖον προσημαίετος ἀπὸ εἰς τὴν τοιαύτην κατάληξιν γίνονται, τὰ σφαιροειδῶς καὶ μέσος τῶν σωμάτων, ὡς ἴσασιν, ἀποδεδιγμένους τῆς γῆς, εἰ ἄσπασιν ἀπλῶς τοῖς μέρειν αὐτῆς τὰς τε προσήκουσας καὶ τὰς τῶν βάρων ἔχουσαι σωμάτων φορὰς, λίγα δὲ τὰς ἰδίας αὐτῶν, ὅσοις ὀρθῶς γινώσκονται ἐπισημαίεσθαι γίνονται, τῶν δὲ κατὰ τὴν ἔμπροσθεν ἵσασιν διεκβαλλομένη ἀλλοτρίᾳ ἐπιπέδῳ δέσσει γὰρ, διὰ τὸ τοῦδ' αὐτῶν ἔχουσαι, ὅτι καὶ, εἰ μὴ ἀντεκόπτοιστο ὑπὸ τῆς ἐπισημαίετος τῆς γῆς, πάντως ἀπὸ ἐπ' αὐτὸ τὸ κέντρον κατέπεσαι, ἐπὶ καὶ ἢ ἐπὶ τὸ κέντρον ἄγουσα ἰούσθαι ὅσοις

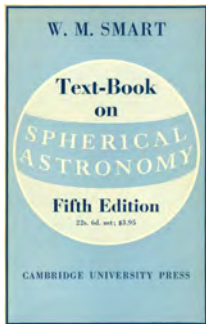
PAR des preuves semblables aux précédentes, on démontrera que la terre ne peut être transportée obliquement, ni sortir absolument du centre. Car, si cela étoit, on verroit arriver tout ce qui auroit lieu, si elle occupoit un autre point que celui du milieu. Il me paroît, d'après cela, superflu de chercher les causes de la tendance vers le centre, une fois qu'il est évident par les phénomènes mêmes, que la terre occupe le milieu du monde, et que tous les corps pesans se portent vers elle; et cela sera aisè à comprendre, si l'on considère que la terre ayant été démontrée de forme sphérique, et, suivant ce que nous avons dit, placée au milieu de l'univers, les tendances et les chûtes des corps graves, je dis celles qui leur sont propres, se font toujours et partout perpendiculairement au plan mené sans inclinaison par le point d'incidence où il est tangent. Il est clair qu'ils se rencontreroient tous au centre, s'ils n'étoient pas arrêtés par la surface, puisque la droite menée jusqu'au centre est perpendiculaire sur le plan qui touche

Confirmation moderne de la nécessité du géocentrisme



- ★ Pour les observations, le point de vue géocentrique est nécessaire, même maintenant.
- ★ **Question** : Pourquoi est-ce que le ciel est une sphère ?

Confirmation moderne de la nécessité du géocentrisme



- ★ Pour les observations, le point de vue géocentrique est nécessaire, même maintenant.
- ★ **Question** : Pourquoi est-ce que le ciel est une sphère ?
- ★ **Réponse**. On vise son télescope en lui donnant des coordonnées sphériques, la distance n'entre pas en compte.
- ★ Chaque observation avec votre télescope confirme l'astronomie à l'ancienne.

Pourquoi le rejet de l'astronomie ancienne ?

- ★ Pourquoi rejeter “Soleil tourne autour de la Terre” quand on l'observe tout les jours ?

Pourquoi le rejet de l'astronomie ancienne ?

- ★ Pourquoi rejeter “Soleil tourne autour de la Terre” quand on l'observe tout les jours ?
- ★ *La révolution copernicienne.* La science n'est plus intuitive.
- ★ Terre tourne autour du Soleil, matière composée d'atomes.
- ★ C'est devenu une obligation culturelle de rejeter l'intuitif pour ne pas paraître “ancien”.
- ★ Pour comprendre la culture, il faut connaître ses archétypes. Film “The Searchers” (1956) qui se passe en 1865–1870.
- ★ Résultat : on est déconnecté de son intuition et du développement historique.

La globalisation de la révolution copernicienne

Avant 1850, les globes terrestres sont droits.



Murray Hudson Antiquarian Books, Maps, Prints & Globes, USA.

La globalisation de la révolution copernicienne

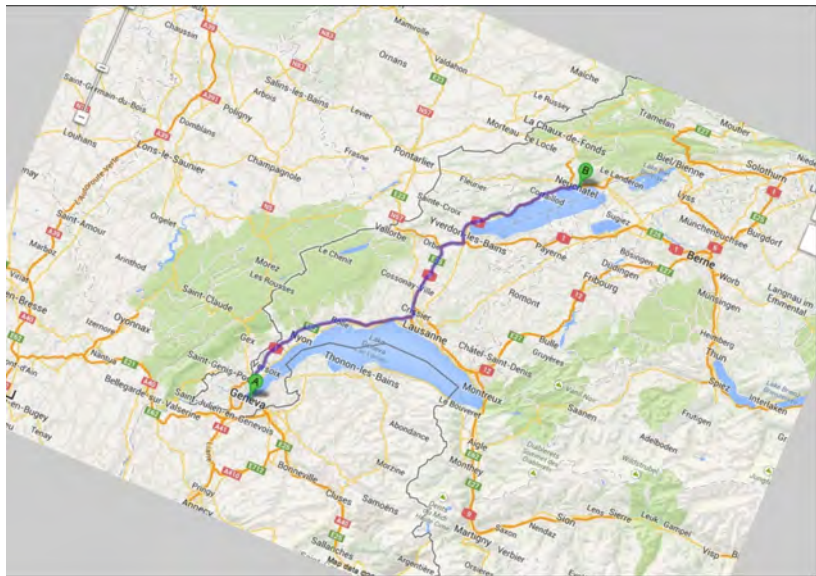
Après 1850, tous sont inclinés à 23°



Un globe est un *démonstrateur conceptuel*, explique l'inclinaison.

Conceptuellement correct mais pas pratique.

Si les cartes étaient toutes inclinées à 23°.



Dommmages collatéraux

Même des globes célestes, où ça ne correspond pas à la réalité.



Sauf à la réalité des fournisseurs de socles.

“Le savant astronome” de Walt Whitman

J'ai entendu le savant astronome

J'ai vu les formules, les calculs, en colonnes devant moi,

J'ai vu les graphiques et les schémas,

Pour additionner, diviser, tout mesurer,

J'ai entendu, de mon siège, le savant astronome

Finir sa conférence sous les applaudissements

Et soudain j'ai ressenti un étrange vertige, une lassitude infinie ;

Alors je me suis éclipsé sans bruit ; je suis sorti

Seul dans la nuit fraîche et mystérieuse,

Et de temps à autre,

Dans un silence total, j'ai levé les yeux en direction des étoiles.

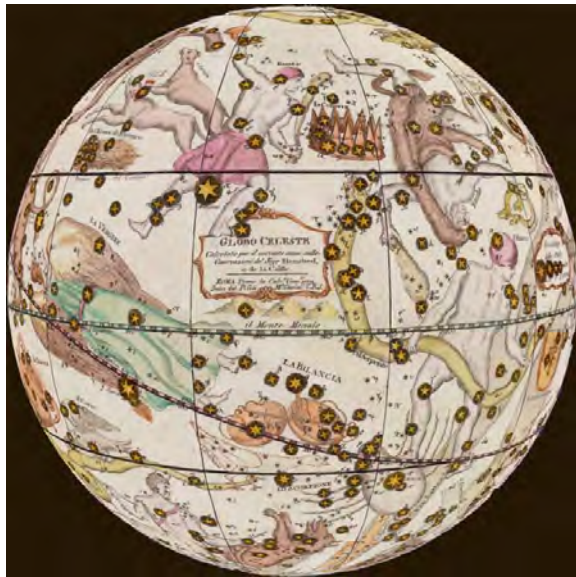
Intermède : connaître le ciel et son histoire



Les étoiles visibles

- ★ Connaître les étoiles et leurs histoires apporte une richesse culturelle intéressante et utile.
- ★ Environ 1000 étoiles visibles.
Cataloguées par Ptolémée (Alexandrie 150 A.D.)
- ★ 48 constellations classiques de Ptolémée, de signification mythologique.
- ★ 88 constellations reconnues actuellement.
- ★ Les nouvelles constellations de l'hémisphère sud.
- ★ Des étoiles visible par les Grecs Anciens dans le Centaure se sont “détachées” dû à la précession des équinoxes pour former la Croix du Sud.

Constellations, globe de Cassini 1792



Second Revised Edition

A Dictionary of — Modern — Star Names

A Short Guide to 254 Star Names and Their Derivations

Paul Kunitzsch and Tim Smart

ürk tū rūs

ré'gū lūs

sē rī us

kū nō' pūs

kū pēl' āū

prō rī ōn

fōm' ūl hout

SKY
A TELESCOPE

Les noms des étoiles visibles

- ★ Sur 254 noms d'étoiles les plus connues
- ★ 175 (70%) ont des noms arabes : Deneb, Rigel, Saiph.
Saiph Al-Jabbar, à comparer avec Saiph al-Islam.
- ★ La plupart des noms arabes sont des traductions directes du catalogue grec de Ptolémée.
- ★ 15 (6%) ont des noms traditionnels arabes :
Aldebaran = “le suiveur” .
- ★ 47 ont des noms grecs : Antares = contre Mars (ils sont rouges), ou des noms latins : Regulus.

ANTOINE DE SAINT-EXUPÉRY

Regulus



OPUS
CLASSICUM
ET GRATIOSUM
PICTURIS
ORIGINALIBUS
RESTITUTIS

D'où vient la canicule ?

- ★ Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel, revient l'été.

Sirius commence à se lever juste avant le Soleil pendant l'été.

- ★ Sirius est dans la constellation du Grand Chien.
- ★ En antiquité, le retour de Sirius était le signe du retour des crues du Nil et des jours chauds. Les Romains ont appelé les jours chauds d'été "la canicule" (petit chien).
- ★ En anglais, *dog days of Summer*.

Film de 1976



AL PACINO
in **DOG DAY**
AFTERNOON

The robbery should have taken ten minutes.
Eight hours later, it was the
hottest thing on live TV.
And it's all true.



Film en V.F.

ACTION CINÉMAS
THÉÂTRE DU TEMPLE

Présentent



AL PACINO
DANS
**UN APRÈS-MIDI
DE CHIEN**

LE HOLD-UP DEVAIT DURER 10 MINUTES. 3 HEURES PLUS TARD,
LA BANQUE ÉTAIT UNE VÉRITABLE ATTRACTION DE RUE. 8 HEURES
PLUS TARD, ELLE FAISAIT LA "UNE" DU JOURNAL TÉLÉVISÉ.
12 HEURES PLUS TARD, C'ÉTAIT LA FIN DE L'HISTOIRE.
UNE HISTOIRE VRAIE.

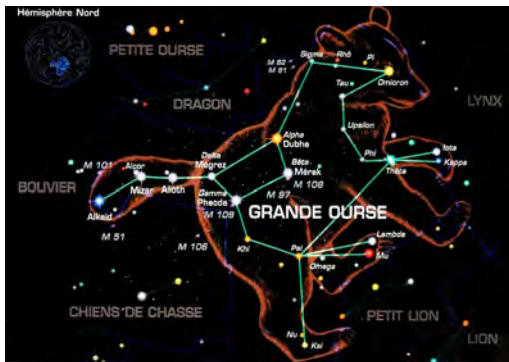


Les constellations françaises

- ★ Quel autre mot français vient d'une constellation ?

Les constellations françaises

- ★ Quel autre mot français vient d'une constellation ?
- ★ **Réponse.** Septentrional = Pointé par la Grande Ours

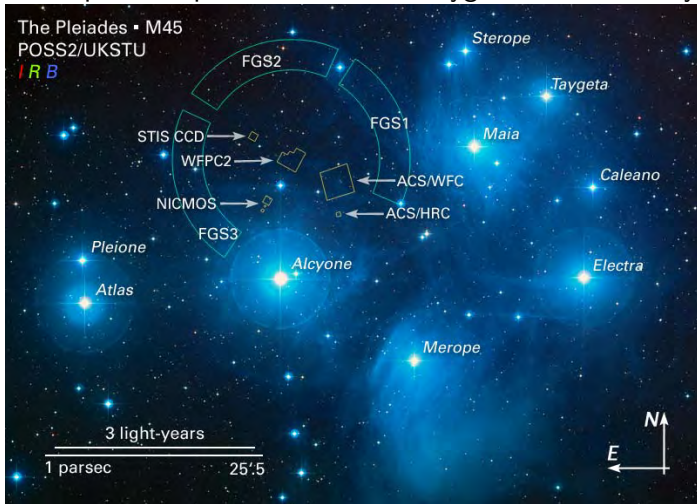


Constellation de 7 étoiles, le septentrion, dont deux indiquant l'étoile polaire, le nord.

Tour du monde culturel des Pléiades

- ★ Groupe d'étoiles dont 7 sont les plus visibles, les “sept soeurs” de la mythologie grecque.

Astérope, Mérope, Electre, Maïa, Taygète, Céléano, Alcyone.



Pléiades Neuchâtel



Pléiades Japon



Pléiades United Arab Emirates



[HOME](#) [ABOUT US](#) [SECTORS](#) [PRODUCTS](#) [SERVICES](#) [WHERE TC](#)

[Home](#) > [Products](#) > [Thuraya SatSleeve](#)



[Main](#)

[Features](#)

[Learn it](#)

[Use it](#)

Thuraya SatSleeve

Transform your iPhone into a satellite smartphone

The perfect blend of mobility and simplicity, the Thuraya SatSleeve is the smartest, fastest and simplest way to transform your iPhone into a satellite smartphone. An industry first, the Thuraya SatSleeve provides access to phone calls, emails, instant messages and popular social media apps in satellite mode, across 140 countries across Thuraya's coverage network.

 [Japanese | Buy It](#)

 [Chinese | Buy It](#)

 [Russian | Buy It](#)

 [Arabic](#)



Disclaimer: Thuraya is not responsible for damages caused by any downloads from this site.

La constellation Sextans : test de connaissance des instruments le l'astronomie ancienne



Fait référence au sextant astronomique



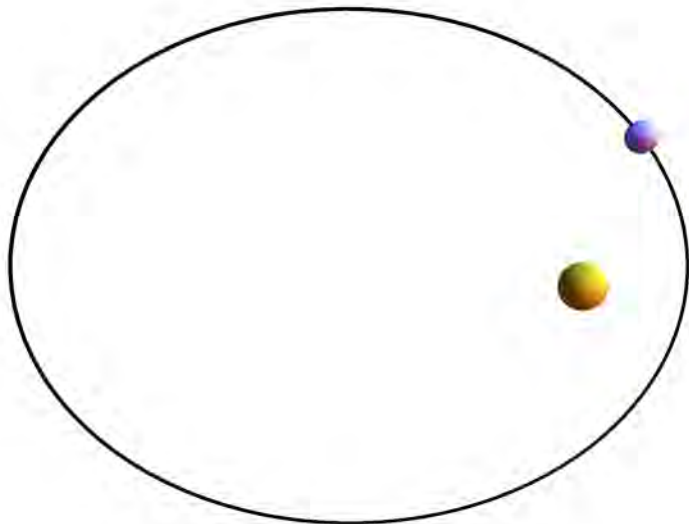
- ★ Constellation nommée en 1687 par Johannes Hevelius.
- ★ Mesure l'altitude d'un objet céleste.
- ★ Johannes et Elizabetha Hevelius utilisant un sextant astronomique.
- ★ Existe depuis 1000 ans.

Et non pas le sextant nautique



- ★ Construit en 1757 par John Bird à la demande de la marine.
- ★ Pour mesurer des angles de 120° dans le ciel.
- ★ L'octant de John Hadley (idée de Newton !) mesure 90° .

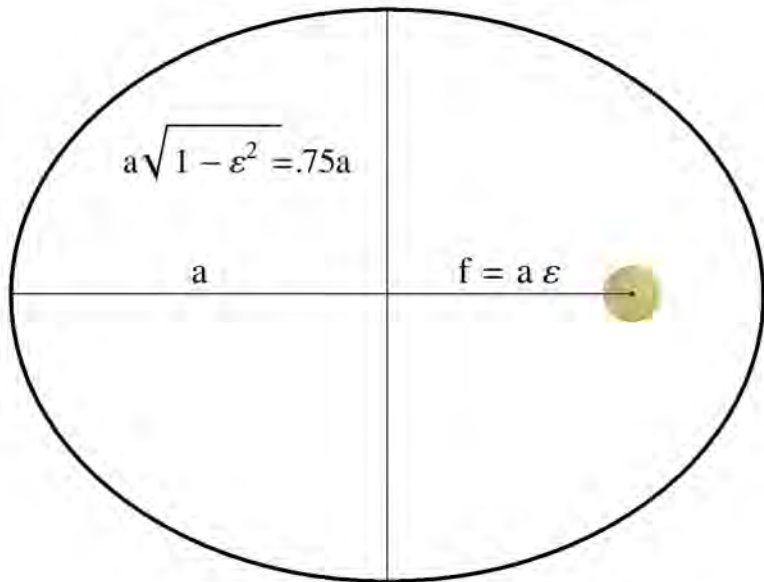
L'orbite elliptique des planètes : archétype du savoir



Les lois des Kepler (1619)

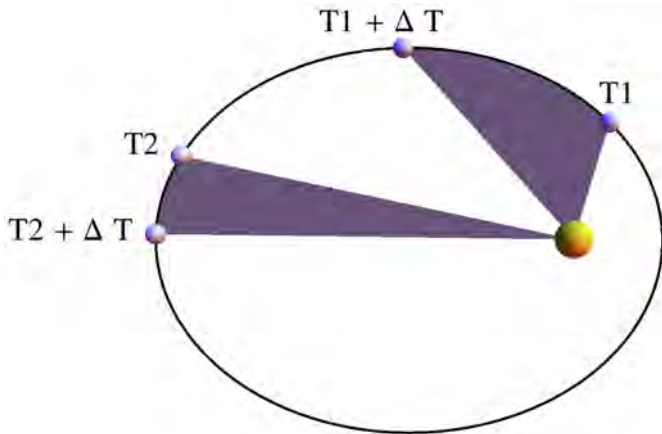
- ★ Première Loi : L'orbite des planètes est une ellipse avec le Soleil à un des foyers.
- ★ Deuxième Loi : L'aire balayée par une planète est la même pour des intervalles de temps égales.
- ★ Troisième Loi : La période de révolution est proportionnelle au grand axe puissance 3/2 : $P \sim a^{3/2}$.

Première loi



$$\text{Eccentricity} = \epsilon = .65$$

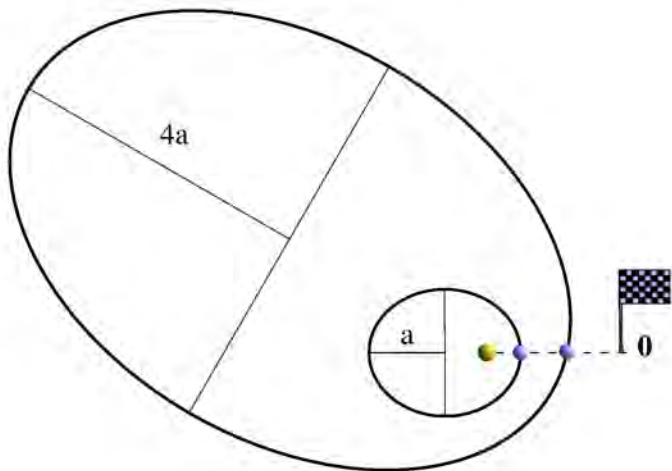
Deuxième loi



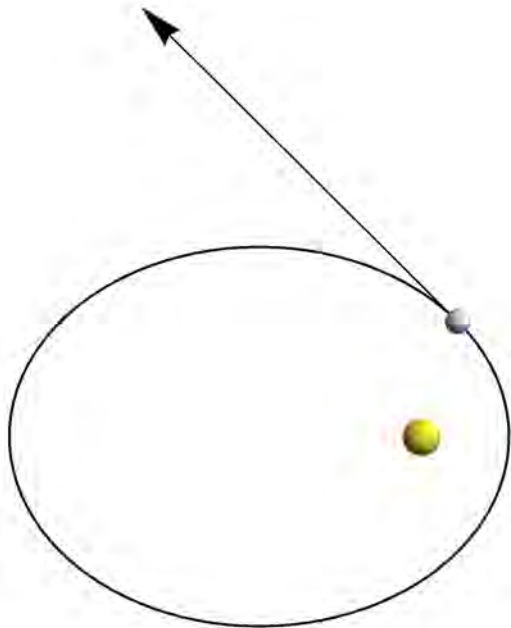
Kepler's Second Law

- ★ Exprime la conservation du mouvement angulaire.
- ★ La planète tourne plus vite quand elle est proche du Soleil.

Troisième loi



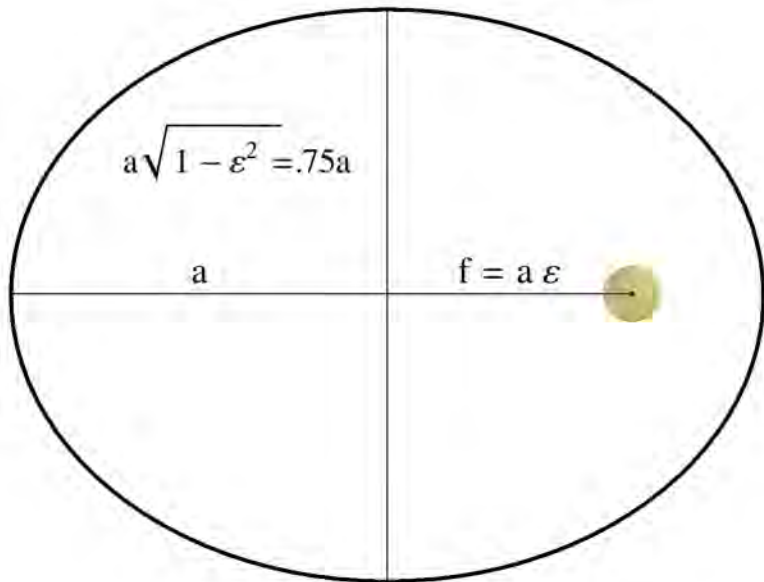
L'hodographe



Il y a des choses à apprendre !

- ★ Découvert par William Rowan Hamilton en 1847 (Velocity Hodograph).
- ★ Le problème de Kepler a 3 quantités conservées : énergie, mouvement angulaire, et le moins connu vecteur de Laplace–Runge–Lenz (LRL vector).

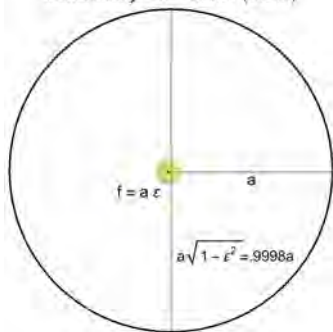
Retour à la première loi



Eccentricity = $\epsilon = .65$

L'orbite de la Terre est un cercle excentré

Eccentricity = $\varepsilon = .0167$ (Earth)



- ★ $\sqrt{1 - \varepsilon^2} \approx 1 - \varepsilon^2/2$
- ★ axe majeur - axe mineur $\approx \varepsilon^2/2$ axe majeur.
- ★ $.0167^2/2 = 0.000139445$.
- ★ Les axes de l'orbite de la Terre sont égaux à 0.014% près.
- ★ Le Soleil est excentré à proportion $\varepsilon = 1.67\%$ du centre.

The HISTORY and PRACTICE of
**ANCIENT
ASTRONOMY**



JAMES EVANS

Modèle d'Hipparque : cercle excentré

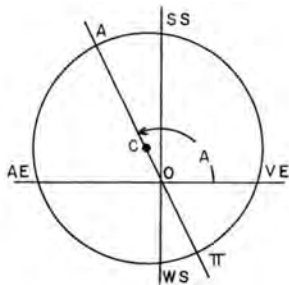


FIGURE 5.6. Eccentric-circle theory of the motion of the Sun.

Points labeled in the figure:

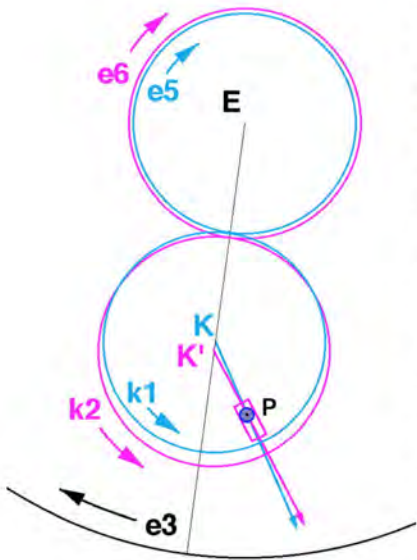
- O*, Earth
- C*, center of eccentric
- A*, apogee
- Π , perigee
- VE*, vernal equinox
- SS*, summer solstice
- AE*, autumnal equinox
- WS*, winter solstice

Parameters of the model:

angle *A*, longitude of the apogee $OC/CA = e$, eccentricity.

Calcul ne dépend que de la longueur des saisons

- ★ Aout > février \Rightarrow Soleil bouge plus vite en hiver qu'en été.
- ★ En 150 Av.–J.C. : printemps 94.5 jours, été 92.5 jours.
- ★ Un calcul trigonométrique élémentaire donne excentricité $\varepsilon = 0.0415 \approx 1/24$. Légère surestimation de $\varepsilon_T \approx 0.017$.
- ★ Dans beaucoup de cas, par exemple, l'équation du temps, “orbite elliptique de la Terre” peut être remplacé par “février est plus court que aout”.
- ★ Le “Pin and Slot” de l'Anticythère est une mécanisation directe de ce modèle.



Pin-and-Slot Mechanism

In the diagram, e3, e5 and e6 rotate about E, k1 rotates about K and k2 rotates about K'. The pin-and-slot mechanism on k1/k2 introduces a small quasi-sinusoidal variation in k2's rotation rate. As k1 rotates, the pin on its face engages with the slot on k2. k2 rotates about K' and is forced to rotate by the pin-and-slot arrangement. The difference between the blue and magenta arrows shows the magnitude of the variation introduced. The period of rotation of k2 relative to e3 is the same as k1—in other words the anomalistic month.

Let $A(x)$ be a function (the "anomaly function") that is the difference between the rotation of k2 and that of k1 after x rotations. This has the correct geometric form for Hipparchos' eccentric lunar theory and we demonstrate that it acquires the correct period by means of its eccentric placement.

We assume that the origin of x is set so that $A(0) = A(0.5) = A(1) = 0$. Since rotations are no longer constant when the pin-and-slot mechanism takes effect, we need to introduce a time parameter (expressed in years). Recall that rotations are measured in rotations per year. The rotation of k1 relative to e3 at time t is $\omega_1 t$. The rotation of k2 relative to e3 at time t is then given by: $\omega_1 t + A(\omega_1 t)$. Since k2 and e6 have the same number of teeth, relative to e3,

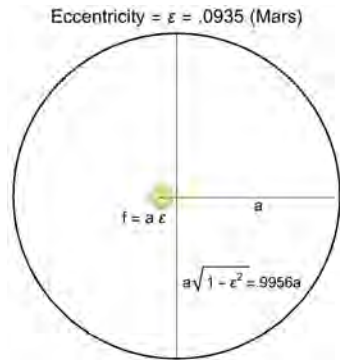
they rotate at the same rate in opposite directions. So the rotation of e6 relative to e3 at time t is: $-\omega_1 t - A(\omega_1 t)$

**ON THE PIN-AND-SLOT DEVICE OF THE ANTIKYTHERA
MECHANISM, WITH A NEW APPLICATION TO THE SUPERIOR
PLANETS***

CHRISTIÁN C. CARMAN, Universidad Nacional de Quilmes/CONICET,
ALAN THORNDIKE, University of Puget Sound, and
JAMES EVANS, University of Puget Sound

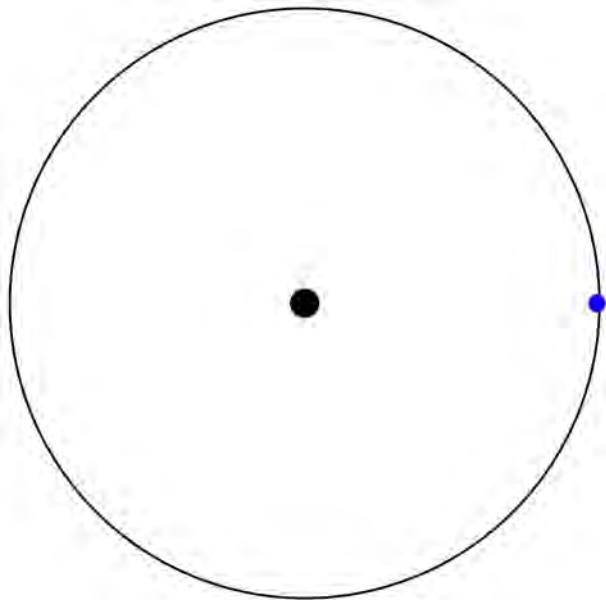
Perhaps the most striking and surprising feature of the Antikythera mechanism uncovered by recent research is the pin-and-slot device for producing the lunar inequality.¹ This clever device, completely unattested in the ancient astronomical literature, produces a back-and-forth oscillation that is superimposed on a steady progress in longitude — nonuniform circular motion.² Remarkably, the resulting motion is equivalent *in angle* (but not in spatial motion in depth) to the standard deferent-plus-epicycle lunar theory. Freeth *et al.* gave a proof of this equivalence, which is, however, a very complicated proof.³ One goal of the present paper is to offer a simpler proof that would have been well within the methods of the ancient astronomers and that, moreover, makes clearer the precise relation of the pin-and-slot model to the standard epicycle-plus-concentric and eccentric-circle theories.

L'excentricité de Mars est beaucoup plus importante



- ★ L'excentricité de Mars est petite mais beaucoup plus grande que celle de la Terre.
- ★ "Heureusement qu'il y avait Mars", Johannes Kepler.

Mouvement retrograde des planètes



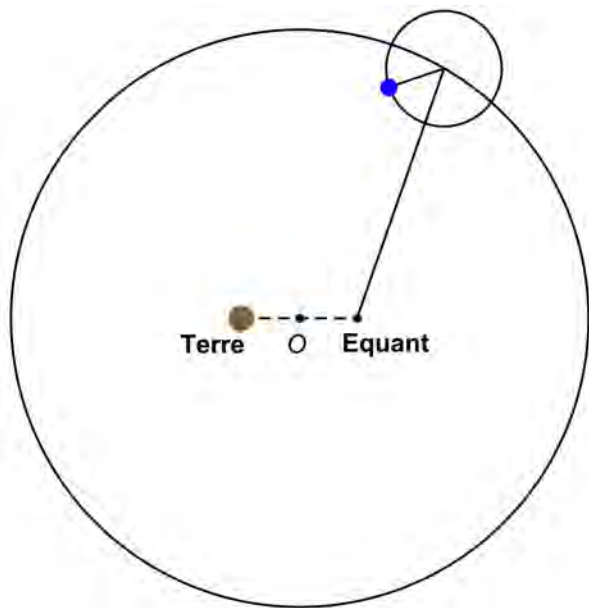
L'épicycle

- ★ Inventé par Apollonius de Perga (ca. 240–170 Av.–J.C.)
- ★ Démontre une volonté d'exprimer tout mouvement en terme de mouvement circulaire uniforme.

La pseudo-histoire de l'épicycle

- ★ Un modèle erroné, compliqué par Ptolémée.
- ★ Simplifié par le modèle héliocentrique de Copernic.
- ★ Complètement balayé par l'orbite elliptique de Kepler.
- ★ Réduire tout mouvement au mouvement circulaire uniforme est une méthode désuète qui n'a rien de scientifique.
- ★ En fait, *chacun de ces points est complètement faux.*
- ★ Retour à l'Agora.

L'equant : Ptolémée abandonne le mouvement circulaire uniforme



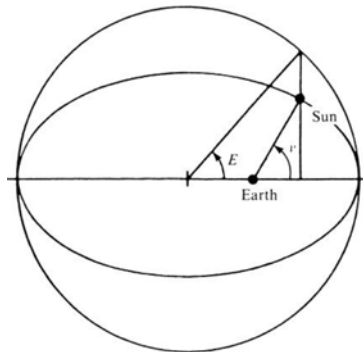
Copernic restitue le mouvement circulaire uniforme

- ★ Une de ses motivations principales est le mouvement circulaire uniforme.
- ★ Remplace l'équant par un épicycle équivalent.
- ★ Le modèle de Copernic est plus compliqué que celui de Ptolémée.
- ★ Encore de l'astronomie mathématique :
Copernic est considéré comme étant le meilleur disciple de Ptolémée.

Kepler

- ★ Le début de l'astronomie physique, la vraie rupture avec le passé.
- ★ L'equant est une première approximation de l'ellipse.
- ★ Kepler doit abandonner Copernic et recommencer par Ptolémée.
- ★ Les lois de Kepler seules ne servent à rien pour trouver une planète
C'est de la cosmologie qui ne donne que le cadre conceptuel.
- ★ L'ellipse n'est que la trace complète d'une planète, il faut trouver sa position sur l'ellipse.
- ★ Vérification avec l'Agora.

Le calcul exact de position d'après Kepler



- ★ La position est donnée par l'angle ν , l'*anomalie vraie*, E est l'*anomalie excentrique*
- ★ $\tan \frac{\nu}{2} = \left(\frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon} \right)^{1/2} \tan \frac{E}{2}$ (calcul élémentaire).
- ★ Calcul de E possible par rapport à M , l'*anomalie moyenne* (temps moyen réel).
- ★ La solution est l'*équation de Kepler* $M = E - \varepsilon \sin E$.

Résoudre l'équation de Kepler

- ★ Une équation très simple, mais dans le mauvais sens,
- ★ Il faut trouver E en terme de M .
- ★ Lagrange a inventé sa formule d'inversion des séries entières soit $y = f(x)$, $y_0 = f(x_0)$

$$x = x_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(y - y_0)^n}{n!} \left\{ \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} \left[\frac{x - x_0}{f(x) - y_0} \right]^k \right\}_{x=x_0}$$

- ★ Une singularité à $\varepsilon = 0.6627$, généralement inefficace.

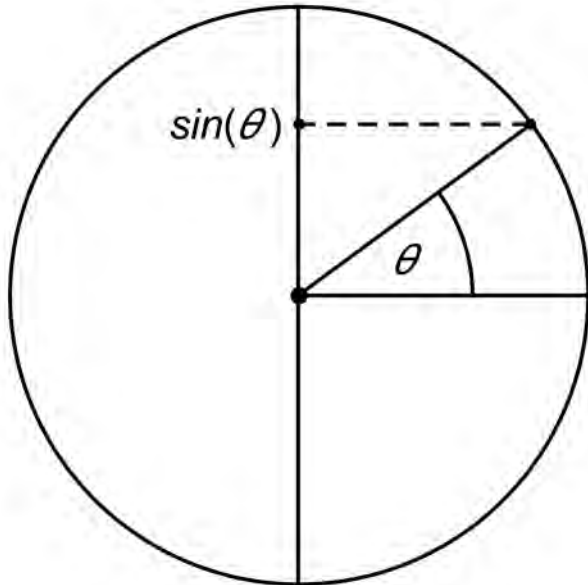
Solution par séries trigonométriques

- ★ Solution aussi par Lagrange, exploitée par Bessel

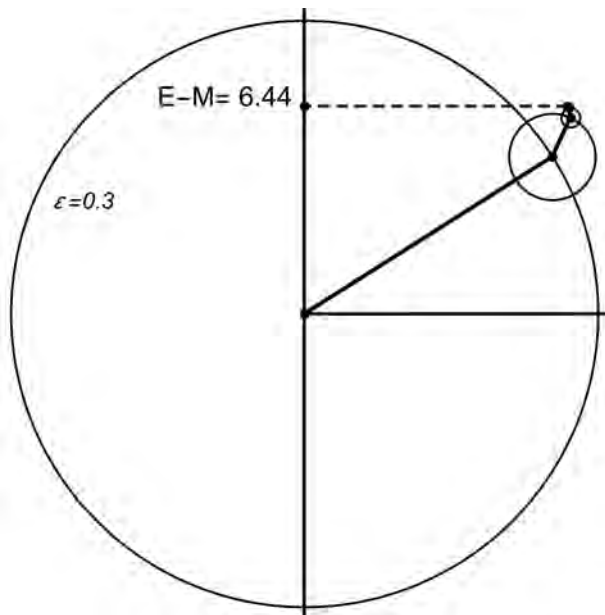
$$E = M + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_n(n\varepsilon)}{n} \sin(nM).$$

- ★ $J_n(x)$ sont les *fonction de Bessel*.
- ★ Les fonction de Bessel ont été inventées pour résoudre l'équation de Kepler et pour calculer la position des corps célestes.
- ★ La solution en terme d'une série infinie de sinus.

Le sinus est la projection du cercle sur une ligne



Solution de l'équation de Kepler : série infinie d'épicycles



Séries trigonométriques en astronomie

- ★ La théorie de la Lune
- ★ 18ème siècle : 25 termes trigonométriques.
- ★ 1900 : 1400 termes trigonométriques.
- ★ 2014 : $> 10\,000$ termes trigonométriques.
- ★ Le mouvement de la Lune nécessite $> 10\,000$ épicycles !

- l the Moon's mean anomaly (distance of the mean longitude of the mean longitude of its perigee Γ);
- l' the Sun's mean anomaly (distance of the mean longitude of the Sun from the mean longitude of its perigee Γ');
- F the Moon's mean argument of latitude (distance of the mean longitude of the Moon from the mean longitude of its ascending (northward-bound) node ζ);
- D the Moon's mean (solar) elongation (distance of the mean longitude of the Moon from the mean longitude of the Sun).

This work culminated into Brown's lunar theory (1897..1908)^{[32][33][34][35][36]} and *Tables of the Motion of the Moon* (1919).^[30] These were used in the *American Ephemeris and Nautical Almanac* and in a modified form until 1984.

Largest or named lunar inequalities [edit]

Several of the largest lunar perturbations in longitude (contributions to the difference in its true ecliptic longitude relative to its mean longitude) have been named. In terms of the l and D can be expressed in the following way, with coefficients rounded to the nearest second of arc ("): ^[37]

Equation of the center [edit]

See also: Equation of the center

- The Moon's equation of the center, or elliptic inequality, was known at least in approximation, to the ancients from the Babylonians and Hipparchus onwards. Knowledge of moon corresponds to the approximate application of Kepler's law of equal areas in an elliptical orbit, and represents the speeding-up of the Moon as its distance from the Earth decreases towards its perigee, and then its slowing down as its distance from the Earth increases while it moves towards its apogee. The effect on the Moon's longitude can be approximated by a series of terms; the first three are $+22639'' \sin(l) + 769'' \sin(2l) + 36'' \sin(3l)$.

Evection [edit]

See also: Eviction

- The evection (or its approximation) was known to Ptolemy, but its name and knowledge of its cause dates from the 17th century. Its effect on the Moon's longitude has an odd period of 31.8 days. This can be represented in a number of ways, for example as the result of an approximate 6-monthly libration in the position of perigee, with an accompanying 6-monthly variation in the Moon's orbital eccentricity.^[38] Its principal term is $+4586'' \sin(2D - l)$.

Variation [edit]

See also: Variation (astronomy)

- The Variation, discovered by Tycho Brahe, is a speeding-up of the Moon as it approaches new-moon and full-moon, and a slowing-down as it approaches first and last quarter. Its explanation with a quantitative estimate was first given by Newton. Its principal term is $+2370'' \sin(2D)$.

Annual equation [edit]

- The annual equation, also discovered by Brahe, was qualitatively explained by Newton in terms that the Moon's orbit becomes slightly expanded in size, and longer in period, when the Moon is at perihelion closest to the Sun at the beginning of January, and the Sun's perturbing effect is strongest, and then slightly contracted in size and shorter in period when the Sun is at aphelion so that its perturbing effect is weaker: the modern value for the principal term due to this effect is $-668'' \sin(l')$.

Parallactic inequality [edit]

- The parallactic inequality, first found by Newton, makes Brahe's Variation a little asymmetric as a result of the finite distance and non-zero parallax of the Sun. Its effect is that the Moon is slightly ahead of first quarter, and a little ahead at last quarter. Its principal term is $-125'' \sin(D)$.

Reduction to the Ecliptic [edit]

- The reduction to the ecliptic represents the geometric effect of expressing the Moon's motion in terms of a longitude in the plane of the ecliptic, although its motion is really taking place in a plane inclined by about 5 degrees. Its principal term is $-412'' \sin(2F)$.

La théorie quantique

- ★ L'équation de Schrödinger $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V\Psi$
- ★ Equation linéaire \Rightarrow principe de superposition.
- ★ Solution générale $\Psi(x, t) = \sum_n A_n \psi_{E_n}(x) e^{-iE_n t/\hbar}$

Atome d'hydrogène :

$$\begin{aligned} & \psi_{nlm}(r, \theta, \phi) \\ &= \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-\ell-1)!}{2n[(n+\ell)!]}} e^{-r/na_0} \left(\frac{2r}{na_0}\right)^\ell L_{n-\ell-1}^{2\ell+1}\left(\frac{2r}{na_0}\right) \cdot Y_\ell^m(\theta, \phi) \end{aligned}$$

La théorie quantique

- ★ L'équation de Schrödinger $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V\Psi$
- ★ Equation linéaire \Rightarrow principe de superposition.
- ★ Solution générale $\Psi(x, t) = \sum_n A_n \psi_{E_n}(x) e^{-iE_n t/\hbar}$

Atome d'hydrogène :

$$\begin{aligned} & \psi_{nlm}(r, \theta, \phi) \\ &= \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-\ell-1)!}{2n[(n+\ell)!]}} e^{-r/na_0} \left(\frac{2r}{na_0}\right)^\ell L_{n-\ell-1}^{2\ell+1}\left(\frac{2r}{na_0}\right) \cdot Y_\ell^m(\theta, \phi) \end{aligned}$$

- ★ Chaque $e^{-iE_n t/\hbar}$ représente un mouvement circulaire uniforme.

La théorie quantique

- ★ L'équation de Schrödinger $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V\Psi$
- ★ Equation linéaire \Rightarrow principe de superposition.
- ★ Solution générale $\Psi(x, t) = \sum_n A_n \psi_{E_n}(x) e^{-iE_n t/\hbar}$

Atome d'hydrogène :

$$\begin{aligned} & \psi_{n\ell m}(r, \theta, \phi) \\ &= \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-\ell-1)!}{2n[(n+\ell)!]}} e^{-r/na_0} \left(\frac{2r}{na_0}\right)^\ell L_{n-\ell-1}^{2\ell+1}\left(\frac{2r}{na_0}\right) \cdot Y_\ell^m(\theta, \phi) \end{aligned}$$

- ★ Chaque $e^{-iE_n t/\hbar}$ représente un mouvement circulaire uniforme.
- ★ Les phénomènes quantiques sont décrits par des épicycles !

La théorie quantique

- ★ L'équation de Schrödinger $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V\Psi$
- ★ Equation linéaire \Rightarrow principe de superposition.
- ★ Solution générale $\Psi(x, t) = \sum_n A_n \psi_{E_n}(x) e^{-iE_n t/\hbar}$

Atome d'hydrogène :

$$\begin{aligned} & \psi_{n\ell m}(r, \theta, \phi) \\ &= \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-\ell-1)!}{2n[(n+\ell)!]}} e^{-r/na_0} \left(\frac{2r}{na_0}\right)^\ell L_{n-\ell-1}^{2\ell+1}\left(\frac{2r}{na_0}\right) \cdot Y_\ell^m(\theta, \phi) \end{aligned}$$

- ★ Chaque $e^{-iE_n t/\hbar}$ représente un mouvement circulaire uniforme.
- ★ Les phénomènes quantiques sont décrits par des épicycles !
- ★ L'astronomie ancienne explique la théorie quantique !

A chaque époque ses obligations intellectuelles

- ★ La différence entre astronomie et cosmologie.
- ★ L'astronomie est une étude quantitative de l'univers.
- ★ La cosmologie est une description qualitative et conceptuelle de l'univers.
- ★ En Antiquité, l'observation du ciel faisait partie de la vie courante, donc une connaissance quantitative de l'astronomie était nécessaire.
- ★ L'homme moderne ne regarde plus le ciel, donc la nécessité principale de ses connaissances astronomiques est de comprendre les concepts modernes de la cosmologie.
- ★ Faire l'astronomie à l'ancienne veut dire renouer le lien direct avec le monde qui nous entoure.

Conclusion

- ★ Etre critique par rapport à la culture populaire et les idées reçues.
- ★ Lire l'histoire ancienne et les textes d'origine.
- ★ Observer le ciel.

Cours FSRM, L'astronomie de la montre, 1 décembre, 2014



fsrm
CARREFOUR DE LA MICROTECHNIQUE

Contact
Accès
Recevoir nos annonces de cours
Plan du site

Menu > Cours > Astronomie de la montre

Cours

Agenda des Cours
Inscriptions
Informations préliminaires
Information générale
Autre épisodes
Régime
Références
Cours en entreprise

FSRM

Présentations de gestion et d'organisation
Publications et livres
Partenariats
Liens

Vous pourriez aussi être intéressé par ces cours :

- Les pierres précieuses
- Les chocs et leurs effets sur la montre

Astronomie de la montre



OBJECTIFS DU COURS

Il s'agit dans ce cours d'expliquer les bases astronomiques de la mesure du temps pour bien comprendre l'origine historique et scientifique de l'affichage des montres. Les participants verront les bases de l'équation du temps, de la phase de Lune et des grandes complications astronomiques. Ils apprendront comment celles-ci sont conçues.

A l'issue de la journée, ils auront une meilleure compréhension du fonctionnement des complications astronomiques pour améliorer la conception, la fabrication et la communication des produits haut de gamme.

PUBLIC CIBLE

Ce cours s'adresse aux directions, responsables produits, responsables R&D, horlogers et passionnés d'horlogerie qui souhaitent comprendre les fondements de la mesure du temps et des complications horlogères.

CONTENU

- Introduction.
- Signification astronomique de jour, mois, année.
- La précession des équinoxes et ses conséquences.
- Le temps sidéral.
- La direction de rotation du ciel et ses conséquences.
- Introduction à l'astrolabe.
- L'équation du temps.
- La phase de Lune.

Cours FSRM: Astronomie de la montre

INFORMATIONS ET INSCRIPTION

DATE ET LIEU (JJ.MM.AAAA)

01.12.2014
09:00 - 17:00
Neuchâtel (CH), FSRM

Inscription - délai: encore 28 jours

Ajouter ce cours à votre calendrier

Intéressé, mais pas libre?
Faites-le nous savoir et nous vous informerons de la prochaine session!

DURÉE

1 jour

COÛT

CHF 640.00
EUR 540.00

LANGUE DU COURS

Français

ENSEIGNANT(S)



Ben Varen