Aristarque de Samos entre la Lune et le Soleil

François Dubois*

Salon "Culture et Jeux Mathématiques"
place Saint-Sulpice, Paris

jeudi 02 juin 2022

* créateur et animateur du Kafemath [kafemath.fr]

la Lune en dernier quartier

diamètre $\simeq$ 3 500 km, distance Terre-Lune $\simeq$ 384 500 km

Pierre Causeret culturesciencesphysique.ens-lyon.fr

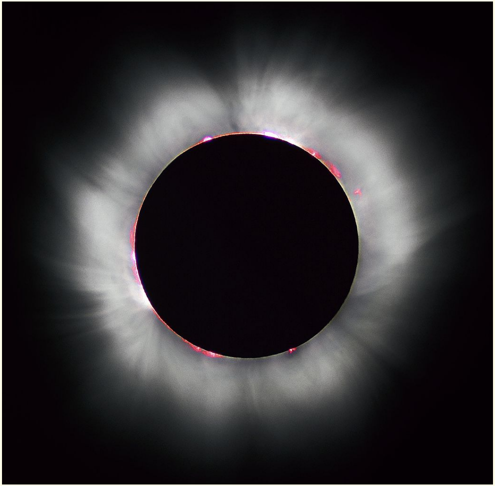
la Terre

diamètre $\simeq$ 12 800 km

NASA, Apollo 17, 1972 commons.wikimedia.org

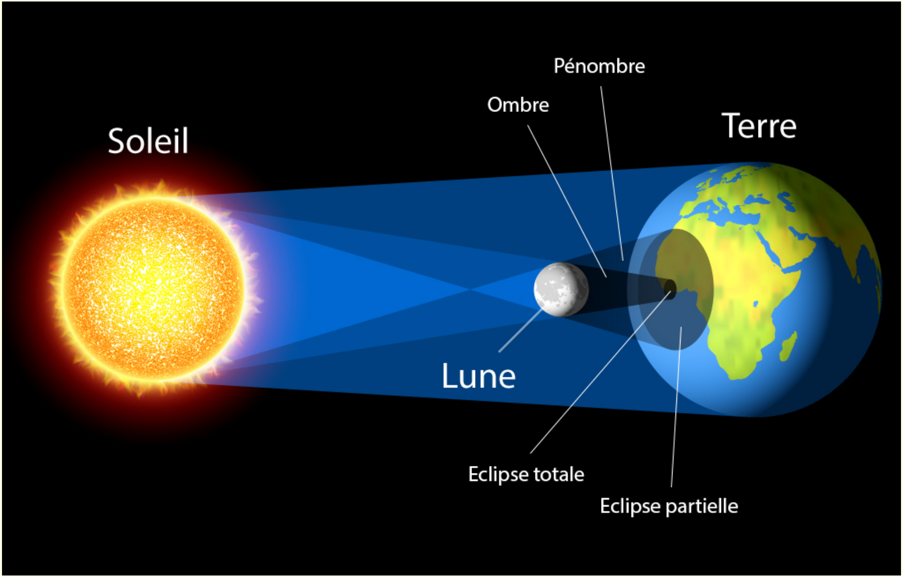
le Soleil

diamètre $\simeq$ 1 400 000 km



Luc Viatour, 11 août 1999 commons.wikimedia.org

éclipse de soleil



archipel-des-sciences.org

éclipse de Lune du 16 mai 2022

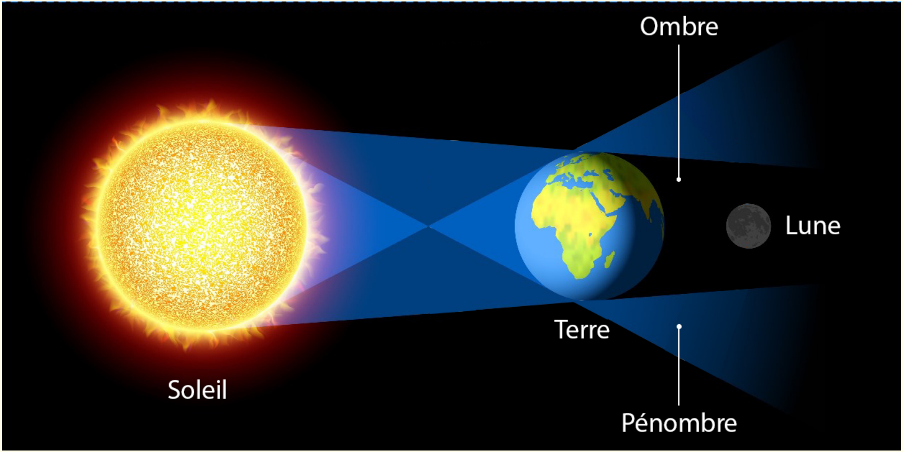
vue depuis Rio de Janeiro [Carl de Souza, IFP] ouest-france.fr

éclipse de Lune du 16 mai 2022

et avec un télescope

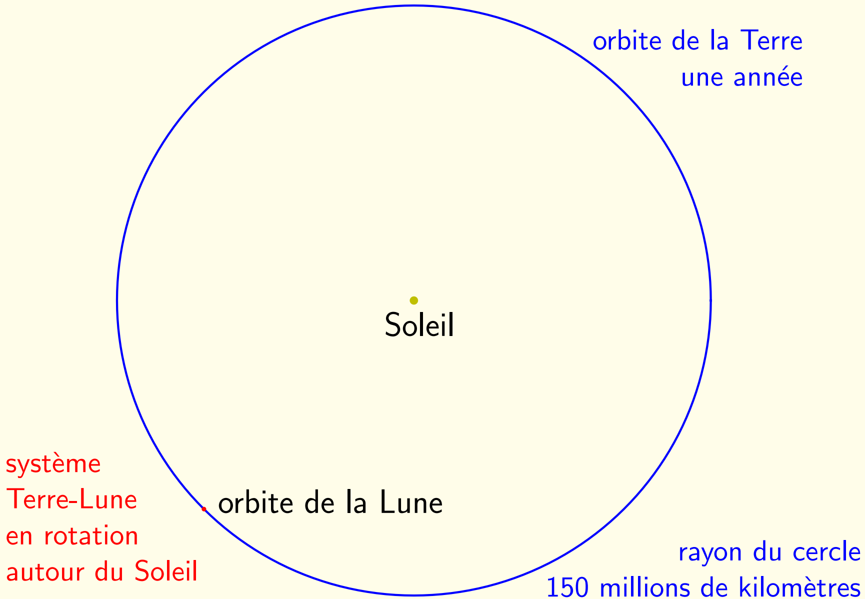
blogs.nasa.gov

éclipse de Lune

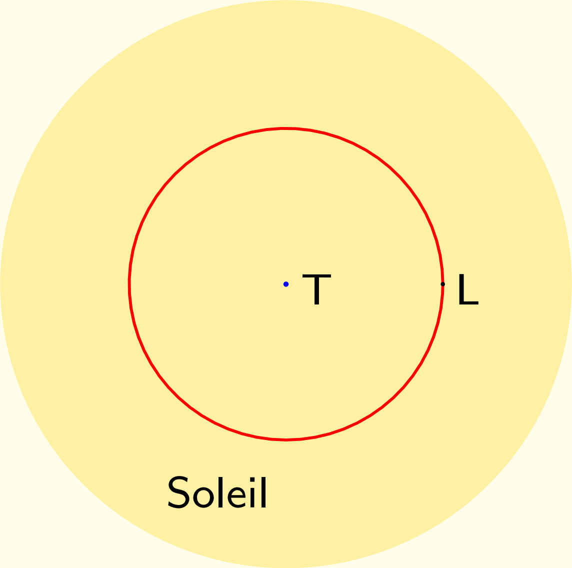


phototrend.fr

unité astronomique : distance moyenne Terre-Soleil



Soleil et système Terre-Lune

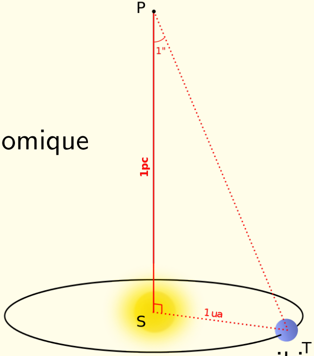


un parsec

contraction de “parallaxe-seconde”

jusqu’en 2015 :

distance à laquelle une unité astronomique
sous-tend un angle
d’une seconde d’arc



wikipedia

depuis 2015 :

$\frac{648\,000}{\pi}$ unités astronomiques

$$1 \text{ seconde d'arc} = \frac{1}{3\,600}\,\frac{2\,\pi}{360} = \frac{\pi}{648\,000} \text{ radian}$$

un parsec $\approx$ 30,9 10^{12} km

unité astronomique = distance Terre-Soleil

$\simeq$ 150 millions de kilomètres

une année-lumière...

photo Bill Anders
mission Apollo 8
24 décembre 1968
crédit Nasa

distance Terre-Lune : une seconde-lumière approximativement

300 000 kilomètres en une seconde

3 600 secondes en une heure

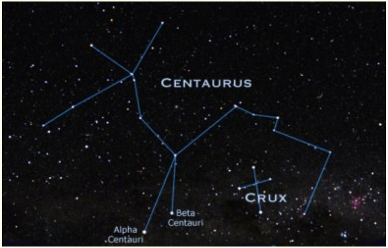
24 heures par jour

365,25 jours en une année

1 année-lumière $\simeq$ $9,5\,10^{12}$ kilomètres

3,26 années-lumière $\approx$ un parsec

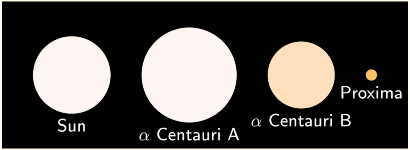
Proxima du Centaure



astronomytrek.com

le système d'alpha du Centaure est le système stellaire
le plus proche du système solaire
il est situé à 4,25 années lumières ≈ 1,3 parsecs

il est composé de trois étoiles
- α Centauri A
- α Centauri B
- Proxima



David Benbennick, wikipedia

Plan de l'exposé

Aristarque de Samos

le livre d'Aristarque qui nous est parvenu :

Sur les grandeurs et les distances du Soleil et de la Lune

que savait et ignorait Aristarque ?

les données astronomiques décrites dans le livre d'Aristarque

un peu d'algèbre et de trigonométrie

conclusion

bonus : travaux contemporains sur Aristarque

Heraion de Samos
wikipedia.org

Samos, île grecque de la mer Égée

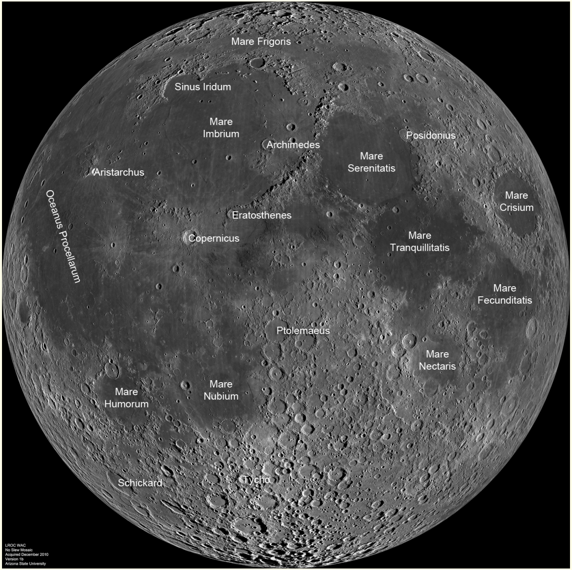
mapofmap1.wordpress.com

Aristarque de Samos ($\simeq$ 310 av JC. – $\simeq$ 230 av JC.)

Représentation du 17e siècle d'Aristarque de Samos,
tirée de l'atlas céleste d'Andreas Cellarius

fr.wikipedia.org

Un cratère de la Lune est nommé “Aristarque”



42 kilomètres de diamètre

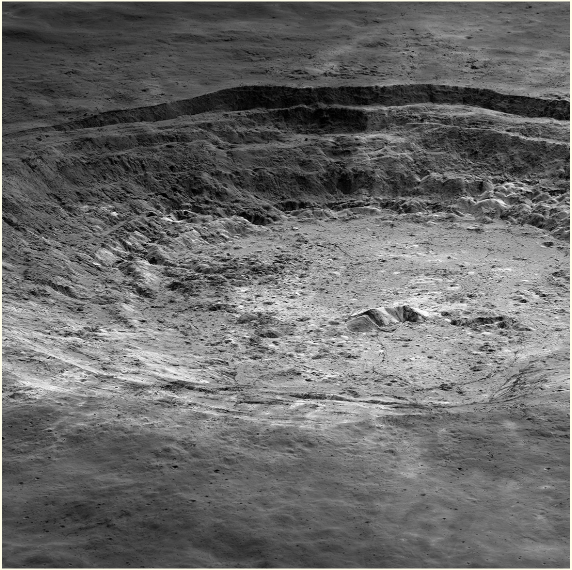
lroc.asu.edu

"Aristarque" vu depuis Apollo 15 (1971)

avec le cratère Herodote à côté

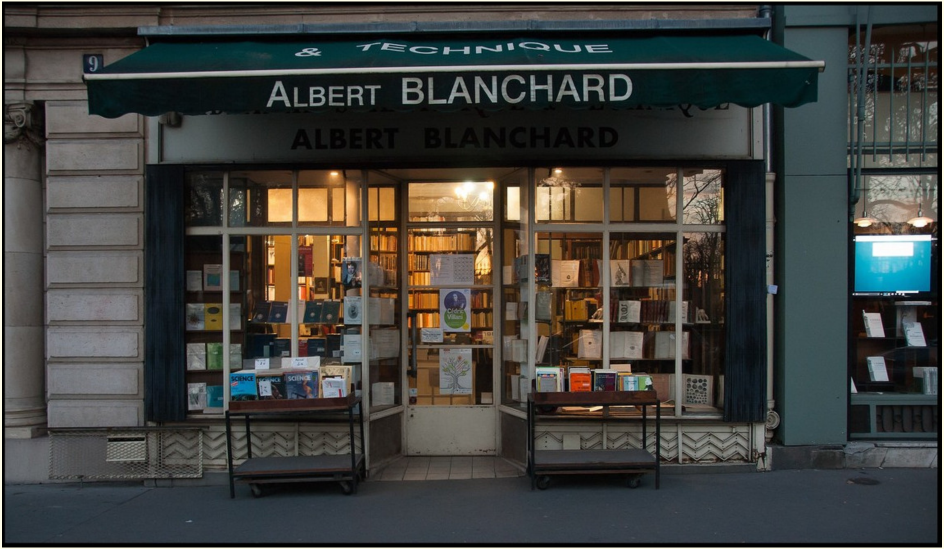
history.nasa.gov

"Aristarque" vu depuis le Lunar Reconnaissance Orbiter



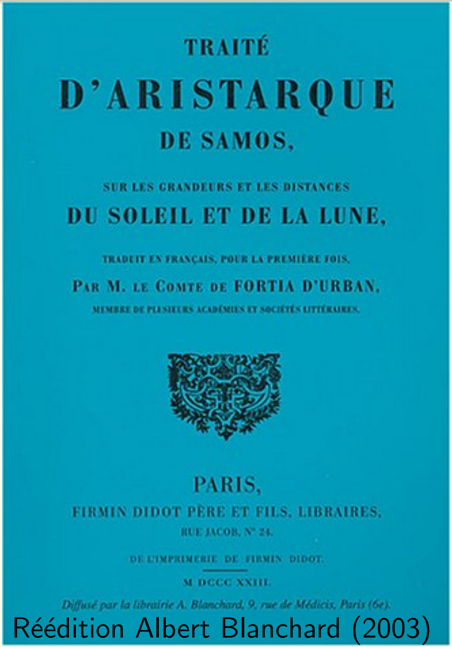
lroc.asu.edu, 2018

Librairie Albert Blanchard, 9 Rue de Médicis, Paris 6e



Alain Roy, 2016 flirck.fr

Traduction Française de Fortia d'Urban (1823)



TRAITÉ

D'ARISTARQUE

DE SAMOS,

SUR LES GRANDEURS ET LES DISTANCES

DU SOLEIL ET DE LA LUNE,

TRADUIT EN FRANÇAIS, POUR LA PREMIÈRE FOIS,

PAR M. LE COMTE DE FORTIA D'URBAN,

MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS LITTÉRAIRES.

PARIS,

FIRMIN DIDOT PÈRE ET FILS, LIBRAIRES,

RUE JACOB, N° 24.

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT.

M DCCC XXIII.

Diffusé par la librairie A. Blanchard, 9, rue de Médicis, Paris (6e).

Réédition Albert Blanchard (2003)

le livre réédité par Jean Peyroux pour Albert Blanchard

préface de 3 pages (Comte de Fortia d'Urban)

traduction en Français du texte d'Aristarque (pages 5 à 40)

six hypothèses de 1 à 6,
19 propositions de I à XIX

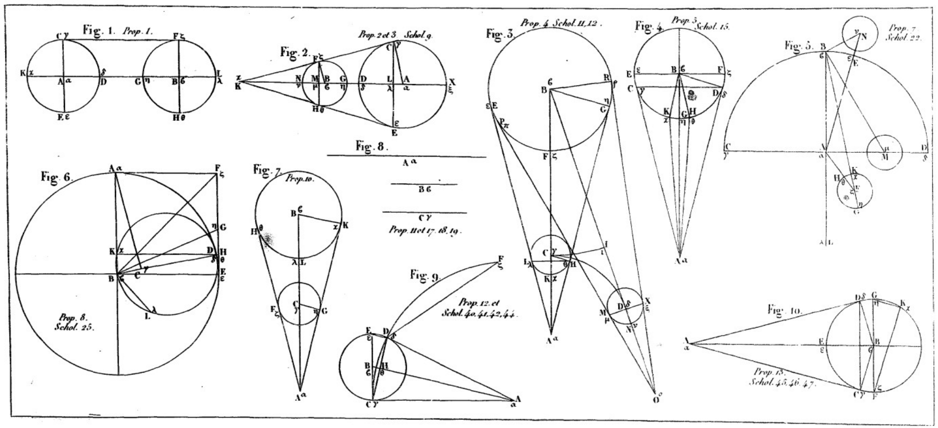
commentaires de Pappus (pages 41 à 88)

observations sur la traduction précédente (pages 89 à 107)
dont un "abrégé" de Jean Gravius [John Greaves] (1659)
(original en arabe, puis en latin, traduit en Français)

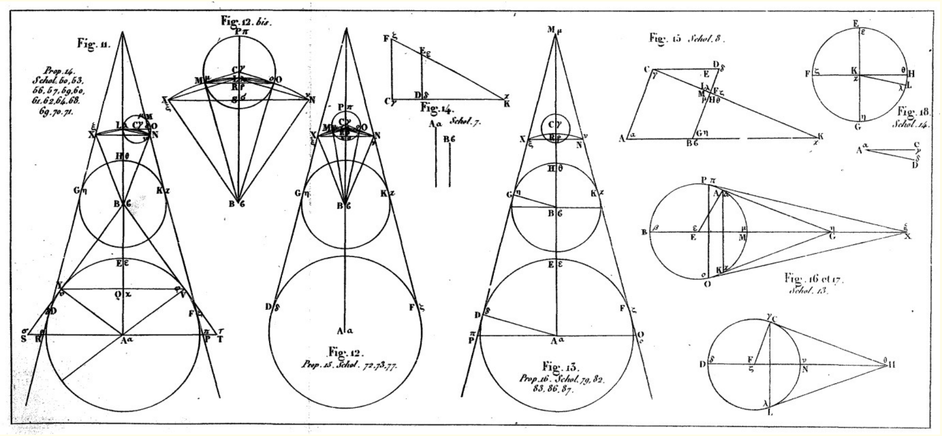
observations sur cette traduction (pages 109 à 112)

planches (3 pages en fin de volume)

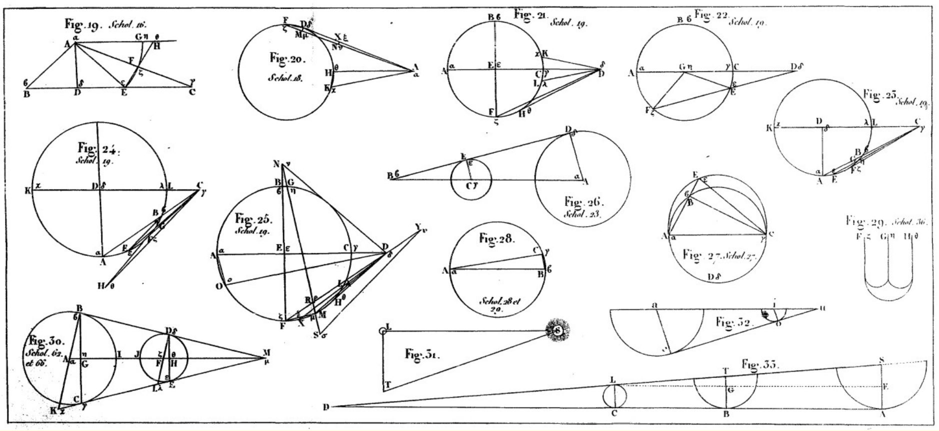
planches à la fin du livre de Fortia d'Urban (1823)



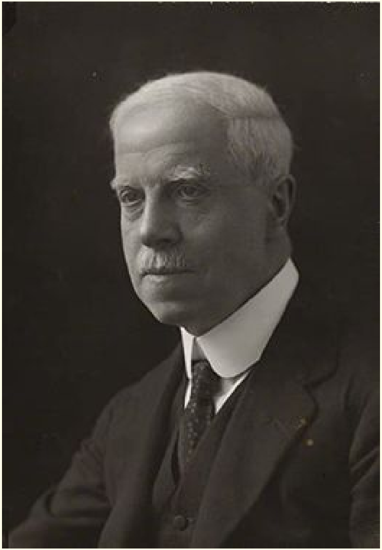
planches à la fin du livre de Fortia d'Urban (1823)

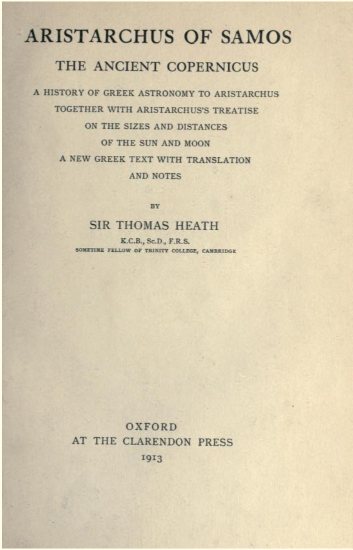


planches à la fin du livre de Fortia d'Urban (1823)



traduction en Anglais du livre d'Aristarque (1913)





ARISTARCHUS OF SAMOS

THE ANCIENT COPERNICUS

A HISTORY OF GREEK ASTRONOMY TO ARISTARCHUS
TOGETHER WITH ARISTARCHUS'S TREATISE
ON THE SIZES AND DISTANCES
OF THE SUN AND MOON
A NEW GREEK TEXT WITH TRANSLATION
AND NOTES

BY

SIR THOMAS HEATH

K.C.B., Sc.D., F.R.S.
SOMETIME FELLOW OF TRINITY COLLEGE, CAMBRIDGE

OXFORD
AT THE CLARENDON PRESS
1913

Thomas Little Heath (1861-1940)

traduction en Allemand du livre d'Aristarque (1854)

Programm

des

Großherzogl. Lyceums

zu

Freiburg im Breisgau.

Als Einladung

zu den öffentlichen Prüfungen

am

14., 16., 17., 18. und 19. August

1854.

Mit einer wissenschaftlichen Beigabe von dem Direktor Nokk:

Aristarchos über die Grössen und Entfernungen der Sonne und des Mondes.

FREIBURG.

Gedruckt bei Franz Xaver Wangler.

Aristarchos

über

die Grössen und Entfernungen der Sonne und des Mondes.

Uebersetzt und erläutert

von

A. Nokk.

Als Beilage zu dem Freiburger Lyceums-Programme von 1854.

Anton Nokk (1797-1869)

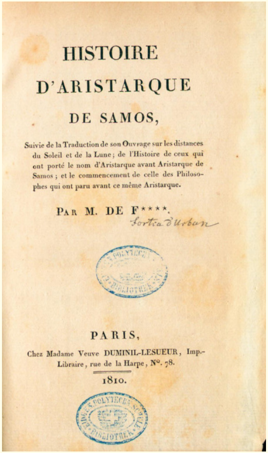
ETH Zurich

traduction en Français du livre d'Aristarque (1810)

Agricol-Joseph-François-Xavier-Pierre-Esprit-Simon-Paul-Antoine

Comte de Fortia d'Urban (1756 - 1843)

membre de plusieurs académies et sociétés littéraires



HISTOIRE

D'ARISTARQUE

DE SAMOS,

Suivie de la Traduction de son Ouvrage sur les distances du Soleil et de la Lune ; de l'Histoire de ceux qui ont porté le nom d'Aristarque avant Aristarque de Samos ; et le commencement de celle des Philosophes qui ont paru avant ce même Aristarque.

PAR M. DE F****.

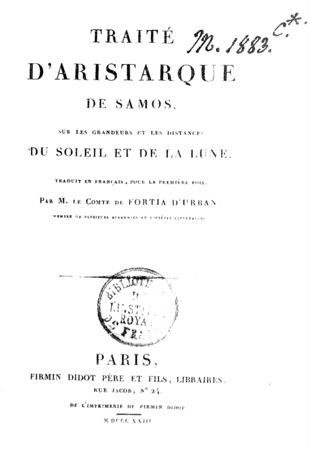
Fortia d'Urban

PARIS,

Chez Madame Veuve DUMINIL-LESUEUR, Imp.-Libraire, rue de la Harpe, N°. 78.

1810.

1810 - ETH Zurich



TRAITÉ

M. 1883. C*.

D'ARISTARQUE

DE SAMOS,

SUR LES GRANDEURS ET LES DISTANCES

DU SOLEIL ET DE LA LUNE.

TRADUIT EN FRANÇAIS, POUR LA PREMIÈRE FOIS.

PAR M. LE COMTE DE FORTIA D'URBAN,

MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS LITTÉRAIRES.

PARIS,

FIRMIN DIDOT PÈRE ET FILS, LIBRAIRES,

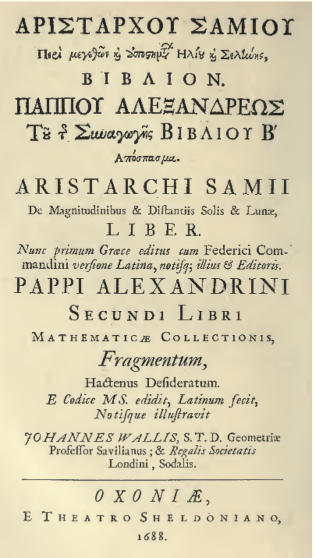
RUE JACOB, N° 24.

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT.

MDCCCXXIII.

BNF - Gallica - 1823

édition imprimée en Grec du livre d'Aristarque (1688)



ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΥ ΣΑΜΙΟΥ

Περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων Ἡλίου καὶ Σελήνης,

ΒΙΒΛΙΟΝ.

ΠΑΠΠΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΩΣ

Τοῦ τῆς Συναγωγῆς ΒΙΒΛΙΟΥ Β'

Ἀπόσπασμα.

ARISTARCHI SAMII

De Magnitudinibus & Diſtantiis Solis & Lunæ,

LIBER.

Nunc primum Græce editus cum Federici Commandini *verſione Latina, notiſq; illius & Editoris.*

PAPPI ALEXANDRINI

SECUNDI LIBRI

MATHEMATICÆ COLLECTIONIS,

Fragmentum,

Hactenus Deſideratum.

E Codice MS. edidit, Latinum fecit, Notiſque illuſtravit

JOHANNES WALLIS, S.T.D. Geometriæ Profeſſor Savilianus; & *Regalis Societatis* Londini, Sodalis.

OXONIÆ,

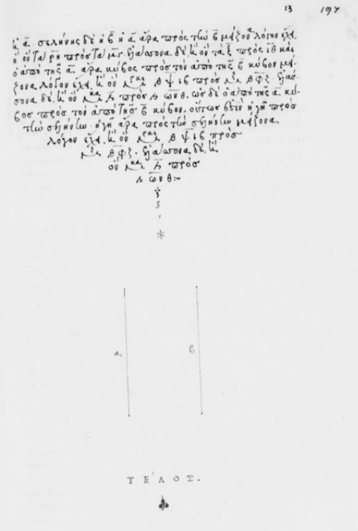
E THEATRO SHELDONIANO,

1688.

John Wallis (1616-1703)

maa.org

manuscrit copié par Jean d'Otrante (16e siècle)

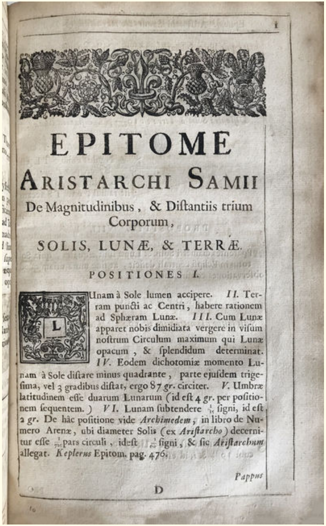


Giovanni Onorio

BNF Paris, manuscrit Grec 2366

copiste officiel de la Bibliothèque Vaticane de 1535 à 1563

traduction en latin de la version arabe “revisitée”



EPITOME
ARISTARCHI SAMII
De Magnitudinibus, & Diſtantiis trium Corporum,
SOLIS, LUNÆ, & TERRÆ.

POSITIONES I.

LUnam à Sole lumen accipere. *II.* Terram puncti ac Centri, habere rationem ad Sphæram Lunæ. *III.* Cum Lunæ apparet nobis dimidiata vergere in viſum noſtrum Circulum maximum qui Lunæ opacum, & ſplendidum determinat. *IV.* Eodem dichotomiæ momento Lunam à Sole diſtare minus quadrante, parte ejuſdem trigeſima, vel 3 gradibus diſtat, ergo 87 *gr.* circiter. *V.* Umbræ latitudinem eſſe duarum Lunarum (id eſt 4 *gr.* per poſitionem ſequentem.) *VI.* Lunam ſubtendere $\frac{1}{15}$ ſigni, id eſt 2 *gr.* De hâc poſitione vide *Archimedem*, in libro de Numero Arenæ, ubi diameter Solis (ex *Ariſtarcho*) decernitur eſſe $\frac{1}{720}$ pars circuli, ideſt $\frac{1}{60}$ ſigni, & ſic *Ariſtarchum* allegat. *Keplerus* Epitom. pag. 476.

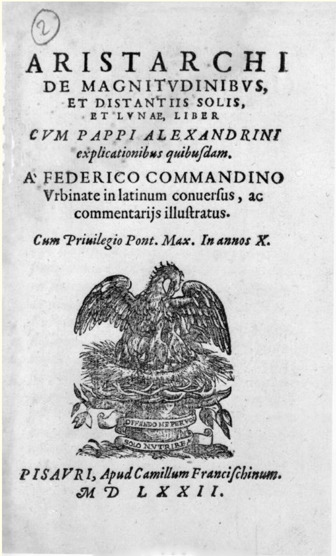
Pappus

D

de Muhammad ibn Muhammad Nasir ad-Din al-Tusi

par John Greaves (Jean Gravius) (1602-1652) wikipedia

traduction en Latin du livre d'Aristarque (1572)


ARISTARCHI
DE MAGNITVDINIBVS,
ET DISTANTIIS SOLIS,
ET LVNAE, LIBER
CVM PAPPI ALEXANDRINI
explicationibus quibusdam.
A FEDERICO COMMANDINO
Vrbinate in latinum conuersus, ac
commentarijs illustratus.
Cum Priuilegio Pont. Max. In annos X.
PISAVRI, Apud Camillum Franciſchinum.
M D L X X I I.

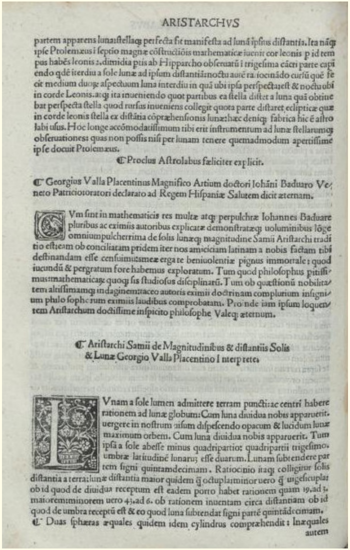
Federico Commandino (1509-1575)

aristarchus.it

traduction en Latin du livre d'Aristarque (1498)

Venetiis 1498
Simon Bevilaqua
(1485-1518)

Giorgio Valla
(1447-1500)



ARISTARCHVS

partem apparens luna: stellaq; perfecta sit manifesta ad lunã ipsius distantia. Ita nãq; ipse Ptolemæus i septio magnæ cõstructiõis mathematicæ iuenit cor leonis p id tempus habẽs leonis 2. dimidia ptis ab Hipparcho obseruatũ i trigesima cãcri parte capiendo qdẽ iterdiu a sole lunæ ad ipsum distantiã: noctu autẽ ratiocinãdo cursũ quẽ fecit medium duog; aspectuum luna interdiu in quã ubi ipsa perspecta: est & noctu ubi in corde Leonis. atq; ita inueniendo quot partibus ea stella distet a luna quã obtinebat perspecta stella quod rursus inueniens collegit quota parte distaret eclipticæ quæ in corde leonis stella ex distãtia cõpræhensionis lunæ: hæc deniq; fabrica hic ẽ astrolabi usus. Hoc longe accõmodatissimum tibi erit instrumentum ad lunæ stellarumq; obseruationes: quas non possis nisi per lunam tenere quemadmodum apertissime ipse docuit Ptolemæus.

¶ Proclus Astrolabus fæliciter explicit.

¶ Georgius Valla Placentinus Magnifico Artium doctori Iohãni Baduaro Veneto Patricio oratori declarato ad Regem Hispaniæ Salutem dicit æternam.

CVm sint in mathematicis res multæ atq; perpulchræ Iohannes Baduare pluribus ac eximiis autoribus explicatæ demonstrateq; uoluminibus lõge omnium pulcherrima de solis lunæq; magnitudine Samii Aristarchi traditio est: eam ob conciliatam pridem iter nos amiciciam latinam a nobis factam tibi destinandam esse censuimus: meæ erga te beniuolentiæ pignus immortale: quod iucundũ & pergratum fore habemus exploratum. Tum quod philosophus pitissimus: mathematicarũ quoq; sis studiosus disciplinarũ. Tum ob quæstionũ nobilitatem altissimamq; indaginem: taceo autoris eximii doctrinam complurium insignium philosophorum eximiis laudibus comprobatam. Proinde iam ipsum loquentem Aristarchum doctissime inspicito philosophe Valeq; æternum.

¶ Aristarchi Samii de Magnitudinibus & distantiis Solis & Lunæ Georgio Valla Placentino Interprete.

IVnam a sole lumen admittere terram puncti: ac centri habere rationem ad lunæ globum: Cum luna diuidua nobis apparuerit. uergere in nostrum uisum dispescendo opacum & lucidum lunæ maximum orbem. Cum luna diuidua nobis apparuerit. Tum ipsã a sole abesse minus quadripartio: quadripartii trigesimo. umbræ latitudinẽ lunarũ esse duarum. Lunam subtendere partem signi quintamdecimam. Ratiocinio itaq; colligitur solis distantia a terra: lunæ distantia maior quidem q̃ octupla: minor uero q̃ uigesicupla: ob id quod de diuidua receptum est eadem porro habet rationem quam 19. ad 3. maiorem: minorem uero 43. ad 6. ob rationem inuentam circa distantiam ob id quod de umbra receptũ est & eo quod luna subtendat signi partẽ quintãdecimam.

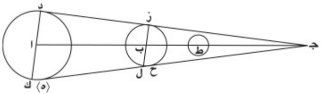
¶ Duas sphæras æquales quidem idem cylindrus compræhendit: Inæquales autem

Biblioteca Nazionale
Centrale di Firenze

[....] *Aristarchi De distantia et magnitudine lunae et solis* [....]

transmission grâce à la science arabe (13e siècle)

(يز) نسبة بعد رأس مخروط الظل عن مركز القمر، إذا كان القمر على سهم المخروط المحيط بالشمس والارض، الى بعد مركز القمر عن مركز الارض اعظم من نسبة ٧١ الى ٣٧ واصغر من نسبة ٣ الى الواحد. فليكن مركز الشمس ا، ومركز الارض ب. ونصل ا ب وليمر به سطح. فيحدث في الشمس عظيمة ه د، وفي الارض عظيمة ز ح، وفي المخروط خطا جـ د، جـ ه. وليكن مركز القمر ط. ونصل د ا، ز ب، ونخرجهما الى ك، ل. فلان نسبة دك الى ز ل اقل من نسبة ٤٣ الى ٦، تكون نسبة ا جـ الى جـ ب كذلك وبالخلاف، نسبة ب جـ الى جـ ا اعظم من نسبة ٦ الى ٤٣. وبالتفصيل، نسبة جـ ب الى ب ا اعظم من نسبة ٦ الى ٣٧. وقد مر ان نسبة ا ب الى ب ط اعظم من نسبة ١٨ الى الواحد. فبالمساواة، نسبة جـ ب الى ب ط اعظم من نسبة ضرب ٦ في ١٨، وهو ١٠٨، الى ضرب ٣٧ في الواحد. وبالتفصيل، نسبة جـ ط الى ب ط اعظم من نسبة ٧١ الى ٣٧. وايضا فنسبة د ك الى ز ل كانت اعظم من نسبة ١٩ الى ثلثة. فنسبة ا جـ الى جـ ب كذلك. وبالخلاف، نسبة ب جـ الى جـ ا اصغر من نسبة ٣ الى تسعة عشر، وبالتفصيل، نسبة جـ ب الى ب ا اصغر من نسبة ٣ الى ١٦. ونسبة ا ب الى ب ط ايضا اصغر من نسبة ٢٠ الى الواحد. فبالمساواه، نسبة جـ ب الى ب ط اصغر من نسبة ٦٠ الى ١٦، اعنى من نسبة ١٥ ال ٤. وبالتفصيل، نسبة جـ ط الى ط ب اصغر من نسبة ١٢ الى ٤، اعنى من نسبة ٣ الى الواحد. وذلك ما اردناه. ثم كان.



timbre iranien (1956)

Berggren et Sidoli (2007)

Muhammad ibn Muhammad Nasir ad-Din al-Tusi (1201 - 1274)

vivait dans l'Iran actuel

édition critique de la traduction de Qusta ibn Luqa

transmission grâce à la science arabe (9e siècle)

alchetron.com

Thabit ibn Qurra (826-901)

a vécu en Turquie et en Irak.

édition critique de la traduction de Qusta ibn Luqa

traduction du Grec en Arabe (9e siècle)

de La “Petite astronomie” de Pappus

peint par Paolo Giovio (1483-1552)

Qusta ibn Luqa al-Ba'labakki (entre 820 et 835 – 912)

naît en Syrie, fait carrière à Bagdad, meurt en Arménie

La “Petite astronomie” de Pappus

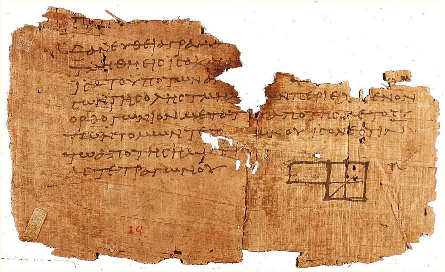

PAPPI
ALEXANDRINI
MATHEMATICAE
Collectiones.
A FEDERICO
COMMANDINO
VRBINATÆ
In Latinum Conuersæ, & Commentarijs
Illustratæ.

VENETIIS.
Apud Franciscum de Franciscis Senensem.
M. D. LXXXIX.

Pappus d’Alexandrie ($\simeq$ 290 - $\simeq$ 350)
le traité d’Aristarque est le “tome 6” de sa “Petite Astronomie”

que savait Aristarque ?

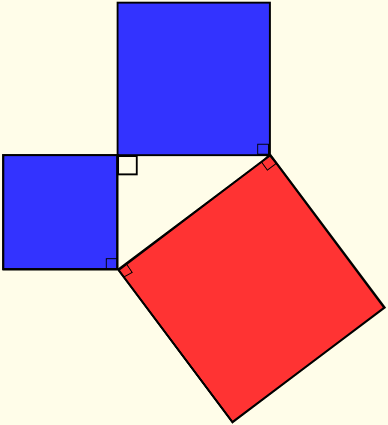
géométrie d'Euclide d'Alexandrie (300 ans avant JC.)



wikipedia

fragment des *Éléments*
découvert à Oxyrhynque (rive ouest du Nil)
daté entre 75 et 125 avant JC.

Pythagore de Samos, 500 av JC. environ



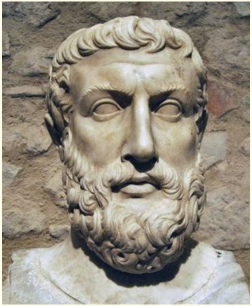
Aristote et la logique

musée du Louvre — Bibliothèque Nationale de France

Aristote (384 av. JC – 322 av J.-C.)

Organon : ensemble de traités,
principalement de logique, attribués à Aristote

Aristarque sait que la Terre est ronde



découvert à Velia en 1966

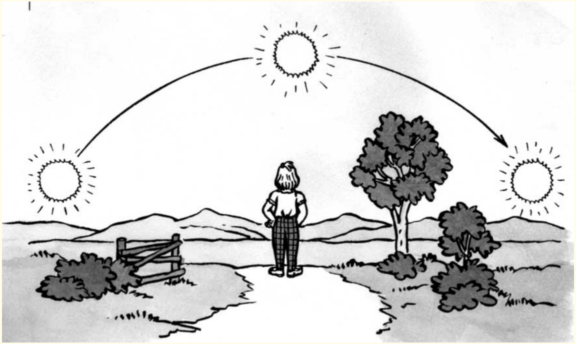
Parménide d'Élée

(fin 6e siècle av JC. – milieu 5e siècle av JC.)

enseigne vers 470 av JC. que la Terre est sphérique

et isolée dans l'espace

le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest...



assistancescolaire.com

mouvement de rotation de la Terre sur elle-même...

hypothèse faite par Philolaos de Crotone (470 av JC. – 390 av JC.)
reprise par Hicétas (né à Syracuse, actif vers 360 av JC.)
et Héraclide du Pont (vers 388 av JC. – vers 310 av JC.)

la Terre tourne sur elle-même...

cosmodixi.fr

Aristarque ne parle jamais du mouvement diurne des étoiles
ou de la rotation de la Terre sur elle même

Aristarque connaît la durée du mois lunaire

mois synodique : 29,5 jours

intervalle entre deux nouvelles lunes consécutives

calendrier lunaire dans la Grèce antique

avec alternance des mois de 29 jours et de mois de 30 jours

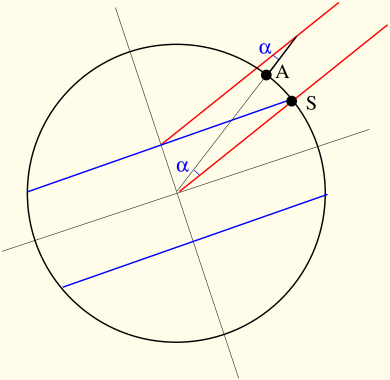
Aristarque ne connaît pas le rayon de la Terre

Eratosthène de Cyrène (Shahat en Libye), 276 - 194 avant J.-C.
calcule le diamètre de la Terre

à Syène (Assouan) [proche du tropique du Cancer],
le jour du solstice d'été, les rayons du Soleil
pénètrent jusqu'au fond d'un puits ; il n'y a pas d'ombre

à Alexandrie, le même jour et à la même heure,
un obélisque produit une ombre

Eratosthène de Cyrène (40 ans après Aristarque)



angle α entre le rayon du Soleil et la verticale à Alexandrie

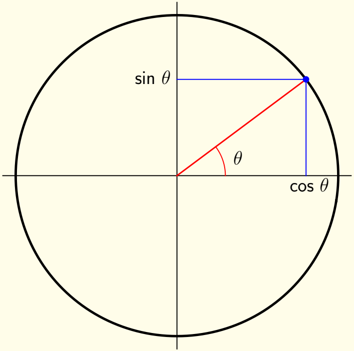
$$\alpha = 7,2 \text{ degrés}$$

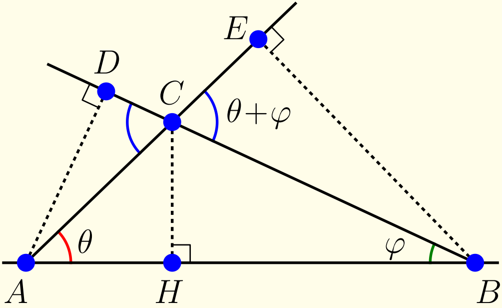
distance entre Syène et Alexandrie : 5000 stades (787,5 km)

$$\text{donc } \rho_T = \frac{787{,}5}{\alpha} = \frac{787{,}5 \times 180}{7{,}2 \times \pi} \approx 6\,267 \text{ km}$$

précision remarquable (de l'ordre de 1 %) puisque $\rho_T \approx 6\,370$ km

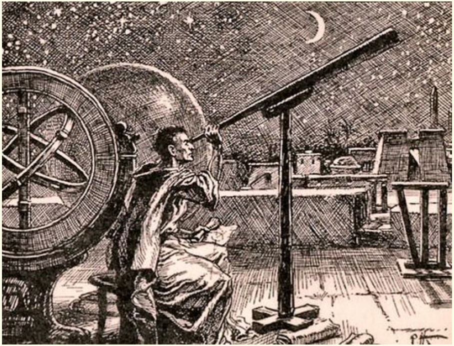
Aristarque ne connaît pas toute la trigonométrie





$$\sin(\theta+\varphi) = \sin\theta \ \cos\varphi + \sin\varphi \ \cos\theta$$

Aristarque ne connaît pas toute la trigonométrie *(ii)*



Hipparque (Nicée 190 av JC. – Rhodes 120 av JC.)

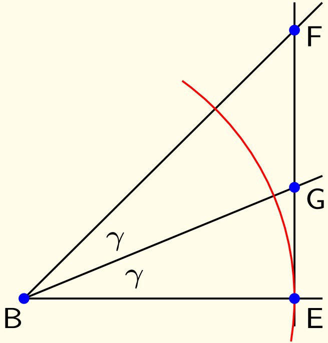
très grand astronome d'observation de l'Antiquité

création de modèles quantitatifs et précis du mouvement

de la Lune et du Soleil

créateur de tables trigonométriques ?

Aristarque ne connaît pas toute la trigonométrie *(iii)*



$$\left(\frac{BF}{BE}\right)^2 = \left(\frac{FG}{EG}\right)^2 \qquad [\text{avec } \gamma = \tfrac{\pi}{8}]$$

$$\frac{1}{\cos^2(2\,\gamma)} = \left(\frac{\tan(2\,\gamma) - \tan\gamma}{\tan\gamma}\right)^2$$

$$\frac{\tan(2\,\gamma) - \tan\gamma}{\tan\gamma} = \frac{1}{\cos(2\,\gamma)}$$

$$\tan(2\,\gamma) = (\tan\gamma)\left(1 + \frac{1}{\cos(2\,\gamma)}\right)$$

$$\sin(2\,\gamma) = (\tan\gamma)\left(1 + \cos(2\,\gamma)\right)$$

$$2\,\sin\gamma\;\cos\gamma = \frac{\sin\gamma}{\cos\gamma}\left(1 + \cos(2\,\gamma)\right)$$

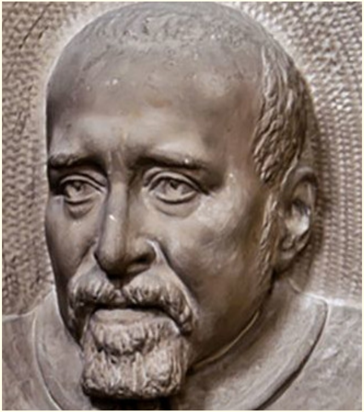
$$2\,\cos^2\gamma = 1 + \cos(2\,\gamma)$$

Aristarque ne connaît pas l’algèbre

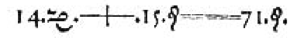
al-Khwârizmî (780-850)
statue à l’université Amir Kabir de Téhéran

Abrégé du calcul par la restauration et la comparaison

Aristarque ne connaît pas le symbole d'égalité "="



Robert Recorde (1512 – 1558)
physicien et mathématicien Gallois



première équation connue
dans la notation de Recorde,
équivalente à $14\,x + 15 = 71$
dans la notation moderne

The Whetstone of Witte, which is the second part of Arithmetike,
containing the Extraction of Rootes, the Cossike Practice,
with the Rules of Equation, and the Woorkes of Surde Numbers

Londres, 1557

Aristarque n'a que ses yeux pour observer le ciel

Hans Lippershey (1570 - 1619)

Jacob Metius ($\simeq$ 1572 - 1628)

Zacharias Janssen ($\simeq$ 1588 – $\simeq$ 1631)

opticiens hollandais

avec une querelle sur le dépôt de brevet !

Aristarque n'a que ses yeux pour observer le ciel

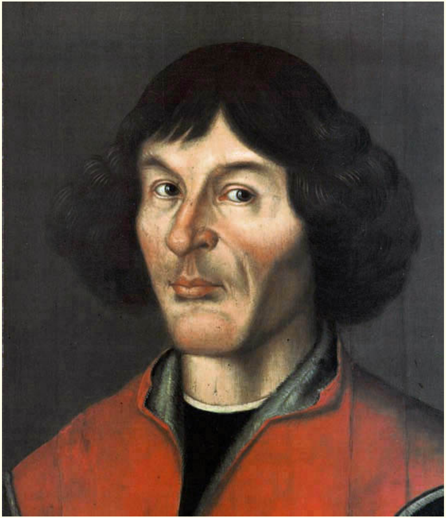
timetoast.com

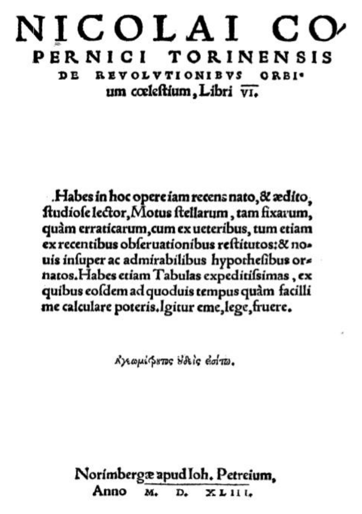
Hans Lippershey présente fin septembre 1608
une lunette d'approche

utilisation par Galilée dès 1610 pour observer Jupiter

Aristarque ne connaît pas le livre de Copernic !

De revolutionibus orbium coelestium, 1543





NICOLAI CO
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBI-
um cœleſtium, Libri VI.

Habes in hoc opere iam recens nato, & ædito, ſtudioſe lector, Motus ſtellarum, tam fixarum, quàm erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obſeruationibus reſtitutos: & nouis inſuper ac admirabilibus hypotheſibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditiſsimas, ex quibus eoſdem ad quoduis tempus quàm facilli me calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

ἀγεωμέτρητος οὐδεὶς εἰσίτω.

Norimbergæ apud Ioh. Petreium,
Anno M. D. XLIII.

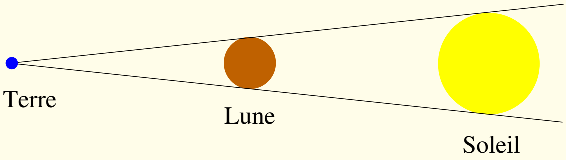
Nicolai Copernici Torinensis (1473 – 1543)

six hypothèses... plus une

1. la Lune reçoît sa lumière du Soleil
2. la Terre peut être considérée comme un point,
   et comme le centre de l'orbite de la Lune
3. lorsque la Lune nous paraît coupée en deux portions égales,
   elle nous offre son grand cercle qui détermine
   la partie éclairée et la partie obscure de cet astre
4. lorsque la Lune nous paraît coupée en deux portions égales,
   sa distance du Soleil est moindre du quart
   de sa circonférence, de la trentième partie de ce quart *iv*
5. la largeur de l'ombre est de deux lunes *ii*
6. l'arc sous-tendu dans le ciel par la Lune
   est le quinzième d'un signe *iii*

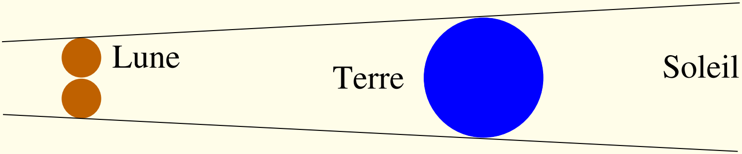
IX. lorsque le Soleil est entièrement éclipsé,
   un même cône, ayant son sommet à notre œil,
   comprend le Soleil et la Lune *i*

explicitation de l'hypothèse IX



IX. l'existence des éclipses de Soleil montre que les diamètres apparents de la Lune et du Soleil sont identiques

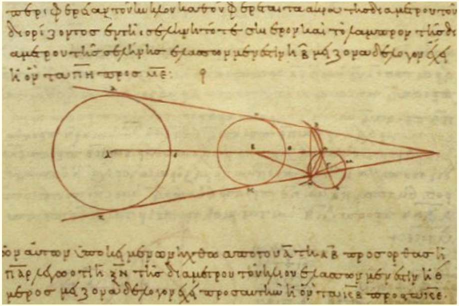
explicitation de l'hypothèse 5



5. lors d'une éclipse de Lune,
   la taille de l'ombre de la Terre
   est égale à deux fois le diamètre de la Lune.

explicitation de l'hypothèse 5 *(ii)*

éclipse de Lune décrite par Aristarque

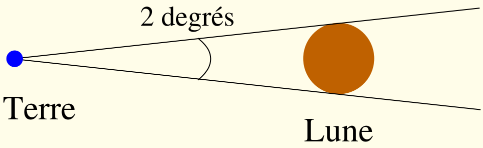


copie grecque de l'ouvrage d'Aristarque (10e siècle)

bibliothèque du Vatican

opac.vatlib.it/mss/detail/Vat.gr.204

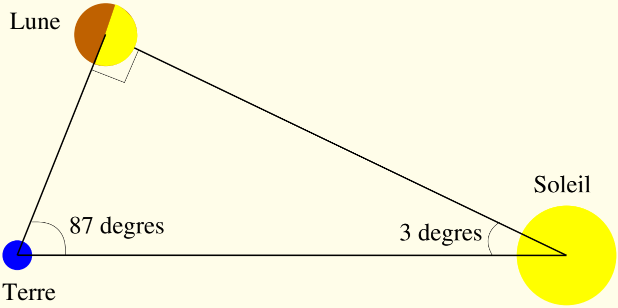
explicitation de l'hypothèse 6



6. l'arc sous-tendu dans le ciel par la Lune
   est le quinzième d'un signe, soit deux degrés.

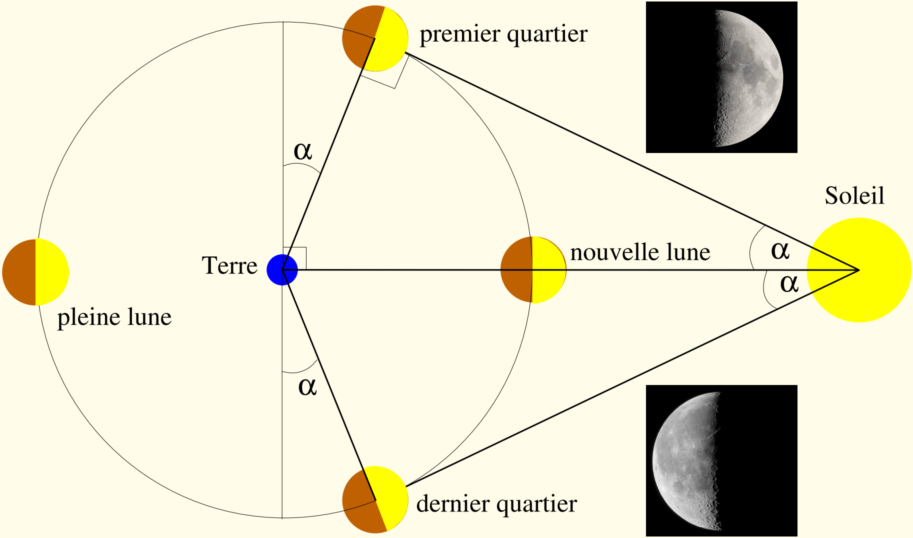
en effet, le zodiaque contient 12 signes,
et représente 360 degrés, soit 30 degrés par signe,
donc 2 degrés pour le quinzième d'un signe.

explicitation des hypothèses : hypothèse 4



4. lorsque la Lune nous paraît coupée en deux portions égales,
   sa distance du Soleil est moindre du quart
   de sa circonférence (90 degrés),
   de la trentième partie de ce quart (3 degrés).

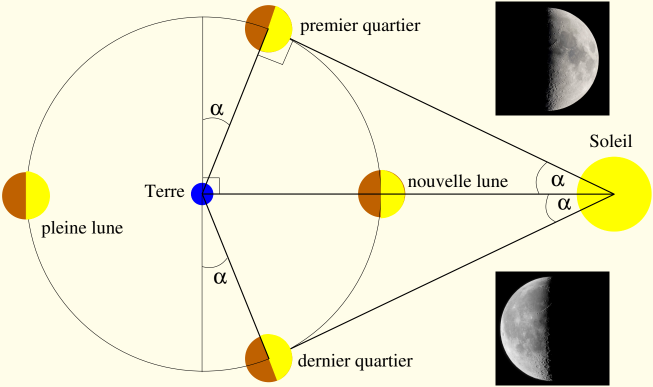
explicitation de l'hypothèse 4 *(ii)*



Aristarque a probablement constaté que

le premier quartier et la quadrature diffèrent d'un angle α.

explicitation de l'hypothèse 4 *(iii)*



on peut faire l'hypotèse qu'Aristarque considère que la Lune met

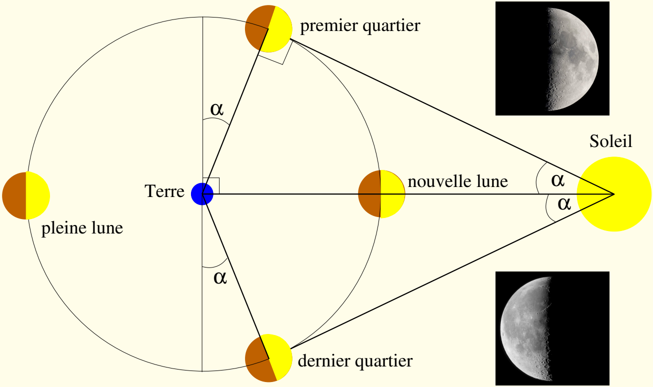
14 jours et 6 heures

pour aller de son dernier quartier à son premier quartier et met

15 jours et 6 heures

pour aller de son premier quartier à son dernier quartier

explicitation de l'hypothèse 4 *(iv)*



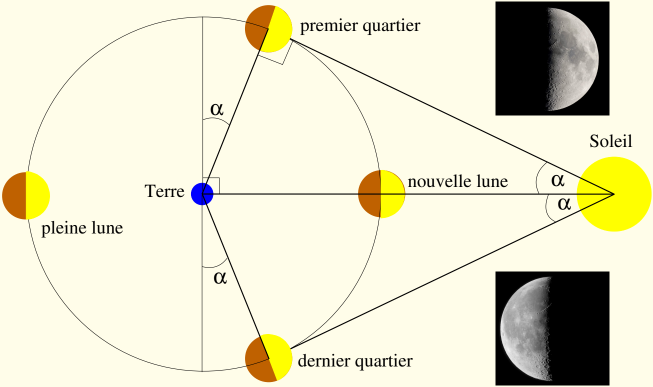
14 jours et 6 heures du dernier quartier au premier quartier
15 jours et 6 heures du premier quartier au dernier quartier

les temps de parcours de la Lune sont proportionnels aux angles

$4\,\alpha$ valent une journée là où un tour vaut 29,5 jours

$$4\,\alpha = \frac{1}{29{,}5} \text{ tour}, \quad \alpha = \frac{1}{4 \times 29{,}5} \times 360 \text{ degrés } = 3,05 \text{ degrés}$$

explicitation de l'hypothèse 4 *(v)*



4. lorsque la Lune nous paraît coupée en deux portions égales,
sa distance du Soleil est moindre du quart
de sa circonférence (90 degrés),
de la trentième partie de ce quart ($\alpha = 3$ degrés).

conclusions d'Aristarque

VIII la distance du Soleil à la Terre est plus grande que dix huit fois la distance à la Lune, mais elle est moindre que vingt fois cette distance.

X le diamètre du Soleil est plus de 18 fois et moins de 20 fois plus grand que celui de la Lune.

XII le diamètre de la Lune contient moins de deux quarante-cinquièmes parties de la distance de la Lune à notre œil, et il est plus grand que la trentième partie de cette distance.

XVI le diamètre du Soleil est au diamètre de la Terre en plus grande proportion que 19 à 3, et moindre que 43 à 6

XVIII le diamètre de la Terre est au diamètre de la Lune en plus grand rapport que celui de 108 à 43, et moindre que celui de 60 à 19

le raisonnement d'Aristarque

pas de calcul trigonométrique chez Aristarque
majorations et minorations des rapports des distances

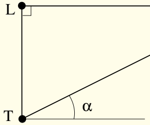
les résultats s'expriment uniquement comme des rapports de distance
le diamètre de la Terre n'était pas encore connu

raisonnement avec la trigonométrie très probablement de
Muhammad ibn Muhammad Nasir ad-Din al-Tusi (13e siècle)
traduit en latin par John Greaves (Jean Gravius)
édité par Samuel Foster en 1659
traduit en Français par Fortia d'Urban (1823)

conclusions d'Aristarque revisitées par al-Tusi

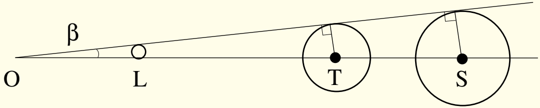
- VIII la distance du Soleil à la Terre est plus grande que dix huit fois la distance à la Lune, mais elle est moindre que vingt fois cette distance $[18 \leq 19{,}11 \leq 20]$
- X le diamètre du Soleil est plus de 18 fois et moins de 20 fois plus grand que celui de la Lune $[18 \leq 19{,}11 \leq 20]$
- XII le diamètre de la Lune contient moins de deux quarante-cinquièmes parties de la distance de la Lune à notre œil, et il est plus grand que la trentième partie de cette distance $[\frac{1}{30} \leq \frac{7}{200} \leq \frac{2}{45}]$
- XVI le diamètre du Soleil est au diamètre de la Terre en plus grande proportion que 19 à 3, et moindre que 43 à 6 $[\frac{19}{3} \leq \frac{382}{57} \leq \frac{43}{6}]$
- XVIII le diamètre de la Terre est au diamètre de la Lune en plus grand rapport que celui de 108 à 43, et moindre que celui de 60 à 19 $[\frac{108}{43} \leq \frac{57}{20} \leq \frac{60}{19}]$

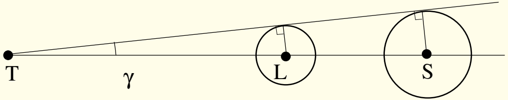
un peu de calcul...



$\sin\alpha = \frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}}$, $\alpha = 3$ degrés

$\sin\beta = \frac{\rho_S}{\mathrm{OS}} = \frac{\rho_T}{\mathrm{OT}} \simeq \frac{2\,\rho_L}{\mathrm{OL}}$





$\sin\gamma = \frac{\rho_L}{\mathrm{TL}} = \frac{\rho_S}{\mathrm{TS}}$

$\gamma = 1$ degré

6 relations, 7 inconnues : TL, TS, ρ_T, ρ_L, ρ_S, β, OT

$$\frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}} = \sin\alpha,\ \frac{\rho_S}{\mathrm{OT}+\mathrm{TS}} = \frac{\rho_T}{\mathrm{OT}} = \frac{2\,\rho_L}{\mathrm{OT}-\mathrm{TL}},\ \frac{\rho_L}{\mathrm{TL}} = \frac{\rho_S}{\mathrm{TS}} = \sin\gamma$$

on élimine OT : $(\rho_s - \rho_T)\,\mathrm{OT} = \rho_T\,\mathrm{TS}$, $(\rho_T - 2\rho_L)\,\mathrm{OT} = \rho_T\,\mathrm{TL}$

donc $1 - 2\frac{\rho_L}{\rho_T} = \frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}}\left(\frac{\rho_S}{\rho_T} - 1\right) = \sin\alpha\left(\frac{\rho_S}{\rho_T} - 1\right)$

remarque : $\sin\gamma = \frac{\rho_S}{\mathrm{TS}} \approx \frac{1}{3}\sin\alpha = \frac{1}{3}\frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}}$ et $\rho_S \approx \frac{1}{3}\mathrm{TL}$

un peu de calcul... *(ii)*

$$\frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}} = \sin\alpha, \;\; 1 - 2\frac{\rho_L}{\rho_T} = \sin\alpha\left(\frac{\rho_S}{\rho_T} - 1\right), \;\; \frac{\rho_L}{\mathrm{TL}} = \frac{\rho_S}{\mathrm{TS}} = \sin\gamma$$

4 relations, 5 inconnues : TL, TS, ρ_T, ρ_L, ρ_S

conclusions d'Aristarque (avec la trigonométrie)

VIII $\frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}} = \sin\frac{3\pi}{180} \approx \frac{3\pi}{180} \approx \frac{3\times 3}{180} = \frac{1}{20}$ et $\frac{\mathrm{TS}}{\mathrm{TL}} \approx 20$ [19, 11]

X $\frac{\rho_S}{\rho_L} = \frac{\mathrm{TS}}{\mathrm{TL}} \approx 20$ et $\frac{\rho_S}{\rho_L} \approx 20$ [19,11]

XII $\frac{2\,\rho_L}{\mathrm{TL}} = 2\sin\gamma \approx 2\,\frac{\pi}{180} \approx \frac{6}{180} \approx \frac{1}{30}$ et $\frac{2\,\rho_L}{\mathrm{TL}} \approx \frac{1}{30}$ $[\frac{7}{200}]$

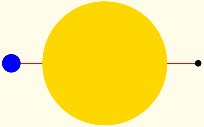
XVI $1 - 2\frac{\rho_L}{\rho_S}\frac{\rho_S}{\rho_T} = 1 - \frac{1}{10}\frac{\rho_S}{\rho_T} = \frac{1}{20}\left(\frac{\rho_S}{\rho_T} - 1\right)$

donc $3\,\frac{\rho_S}{\rho_T} = 21$ et $\frac{\rho_S}{\rho_T} = 7$ $[\frac{382}{57} \simeq 6, 7]$

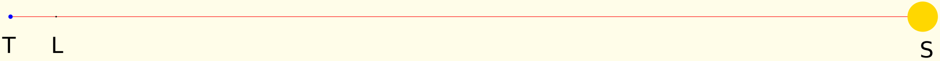
XVIII $\frac{\rho_T}{\rho_L} = \frac{\rho_T}{\rho_S}\,\frac{\rho_S}{\rho_L} \approx \frac{1}{7}\,20$ et $\frac{\rho_T}{\rho_L} \approx \frac{20}{7}$ $[\frac{57}{20}]$

l'univers d'Aristarque

Aristarque ne précise pas dans ses conclusions
le rapport entre le rayon du Soleil et la distance Terre-Lune
on a vu plus haut que $\frac{\rho_S}{TL} \approx \frac{1}{3}$: le Soleil est énorme !



tailles comparées de la Terre, du Soleil et de la Lune
avec la distance Terre-Lune, selon Aristarque



avec $\rho_T = 6\ 370$ km, on trouve

$\rho_L = \frac{7}{20}\,\rho_T = 2\ 230$ km [1 737 km]

$\rho_S = 20\,\rho_L = 44\ 600$ km [700 000 km]

$\mathrm{TL} = 60\,\rho_L = 134\ 000$ km [384 000 km]

$\mathrm{TS} = 20\,\mathrm{TL} = 2\ 680\ 000$ km [150 000 000 km]

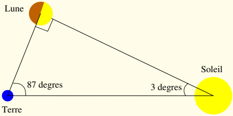
comparaison avec les données modernes

$$\rho_T = 6\,370 \text{ km}$$

$$\rho_L = 1\,737 \text{ km}, \qquad TL = 384\,000 \text{ km}$$

$$\rho_S = 700\,000 \text{ km}, \qquad TS = 150\,000\,000 \text{ km}$$

les données d'Aristarque sont parfois trop approximatives !



$$\sin\alpha = \frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}} = \frac{384\,000}{150\,000\,000} \approx 0,00256$$

$$\alpha \approx 0,1466 \text{ degré} \approx 8,8 \text{ minutes d'arc}$$

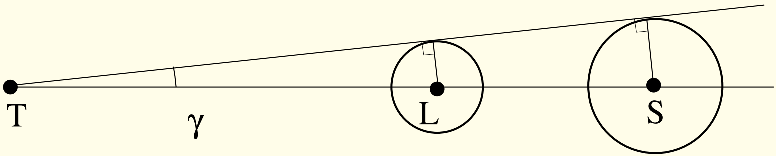
Aristarque surestime cet angle α d'un facteur 20 !

avec $\alpha \approx 10$ minutes d'arc $\approx \frac{1}{6}$ degré pour fixer les idées,

la valeur de $\frac{\mathrm{TS}}{\mathrm{TL}}$ passe de $19,11$ à $343,8$!

comparaison avec les données modernes *(ii)*

égalité des diamètres apparents



$\sin\gamma = \frac{\rho_L}{\mathrm{TL}} = \frac{1\,737}{384\,000} \approx 0,004523,\qquad \gamma \approx 0,259$ degré,

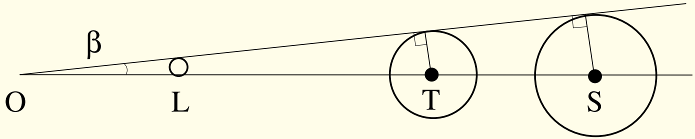
$\sin\gamma' = \frac{\rho_S}{\mathrm{TS}} = \frac{700\,000}{150\,000\,000} \approx 0,004666\,,\qquad \gamma' \approx 0,267$ degré

l'égalité des diamètres apparents
est une hypothèse tout à fait raisonnable !

la valeur de l'angle γ est surestimée d'un facteur 4

comparaison avec les données modernes *(iii)*

taille de l'ombre de la terre



ρ_θ : rayon de la tache d'ombre de la terre
vue au droit de l'orbite de la lune

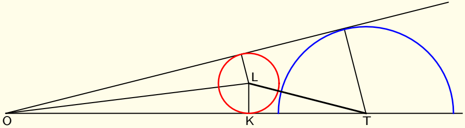
$$\sin\beta = \frac{\rho_S}{\mathrm{OS}} = \frac{\rho_T}{\mathrm{OT}} = \frac{\rho_\theta}{\mathrm{OL}} = \frac{\rho_S - \rho_T}{\mathrm{TS}} = \frac{\rho_T - \rho_\theta}{\mathrm{TL}}$$

donc $$\rho_\theta = \rho_T - \frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}}\,(\rho_S - \rho_T) \approx \rho_T - \frac{\mathrm{TL}}{\mathrm{TS}}\,\rho_S$$

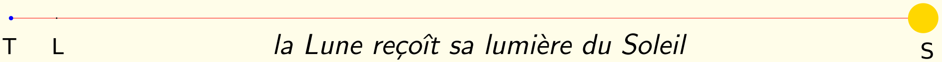
$$\rho_\theta \approx 6\,370 - 0,00256 \times 700\,000 = 6\,370 - 1\,792 = 4\,578 \text{ km}$$

et $\frac{\rho_\theta}{\delta_L} \approx 1,32$ au lieu de 1 chez Aristarque.

erreur tout à fait admissible !



Aristarque n'a pas eu de succès...



la théorie d'Aristarque sur l'héliocentrisme (-280), nous est connue grâce à Archimède de Syracuse (287 av. J.-C. – 212 av. J.-C.) :

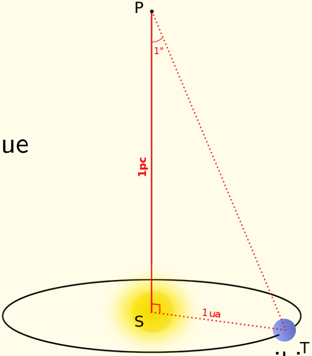
“Tu sais que le monde est appelé par la plupart des astronomes une sphère dont le centre est le même que celui de la terre et dont le rayon est égal à la droite placée entre le centre de la terre et celui du soleil.
Aristarque de Samos rapporte ces choses en les réfutant, dans les propositions qu'il a publiées contre les astronomes. D'après ce qui est dit par Aristarque de Samos, le monde serait beaucoup plus grand que nous venons de le dire ; car il suppose que les étoiles et le soleil sont immobiles ; que la terre tourne autour du soleil comme centre [...]”

Archimède, Préface du traité *L'Arénaire*

traduction François Peyrard (1759-1822), Paris, 1807

un parsec

distance à laquelle une unité astronomique
(150 millions de kilomètres)
sous-tend un angle
d'une seconde d'arc



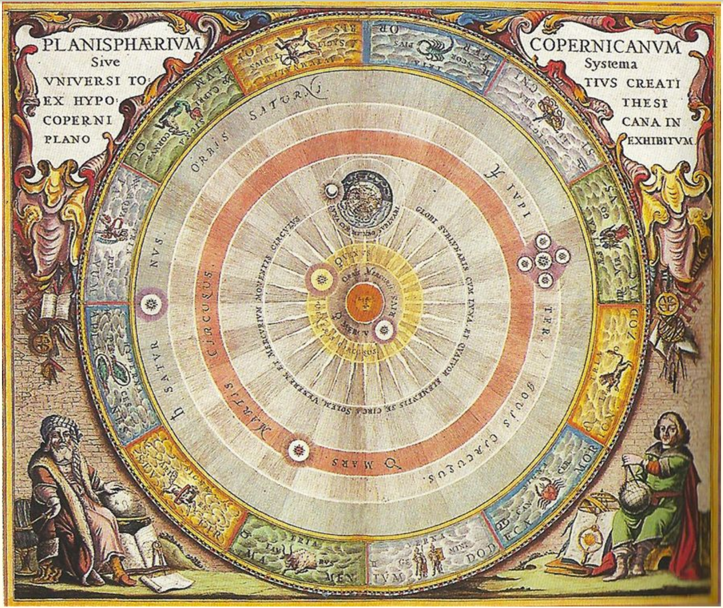
wikipedia

l'étoile la plus proche du Soleil
est à une distance de 1,3 parsecs environ

Merci de votre attention !

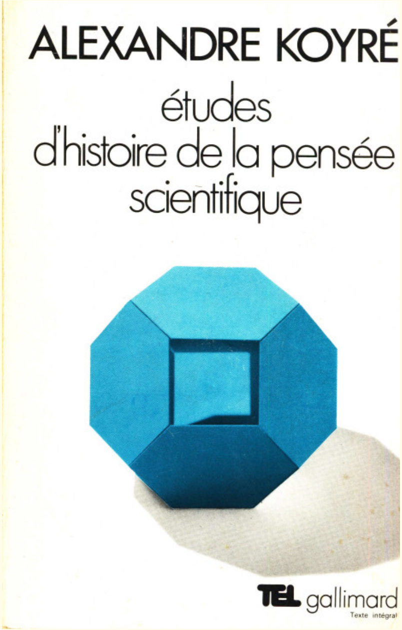
Jean Gagnerault au Salon CIJM, mai 2019

sélection de travaux contemporains sur Aristarque



atlas céleste d'Andreas Cellarius (17e)

Alexandre Koyré (1956)



Edward Rosen (1978)

ARISTARCHUS OF SAMOS AND COPERNICUS

A famous passage about Aristarchus of Samos is found in Archimedes' *Sand-Reckoner*:

> According to Aristarchus' hypotheses, the fixed stars and the sun remain stationary. On the other hand, the earth revolves around the sun along the circumference of a circle lying amid the course [of the planets]. The sphere of the fixed stars has the same center as the sun [and is virtually infinite].

These propositions, formulated with magisterial succinctness by a great mathematician, contain the essence of the heliostatic, heliocentric, and geokinetic system later propounded by the founder of modern astronomy, Nicholas Copernicus (1473–1543). Indeed, the striking similarity between the two sets of concepts, ancient and modern, led to the labeling of Aristarchus as "The Ancient Copernicus."[1]

What did the modern Copernicus know about the ancient Copernicus? In particular, was the modern Copernicus familiar with the discussion of Aristarchus in Archimedes' *Sand-Reckoner*?

An all but completely affirmative answer to this question was given thirty-six years ago by two authors, who asserted "the almost certain acquaintance of Copernicus with the *Sand-Reckoner*."[2] These two "authors have made it very plausible that Copernicus knew the *Sand-Reckoner* and could thus have been influenced by Aristarchus' ideas," according to a well-known historian of ancient astronomy.[3] These authors "argued the almost certain acquaintance of Copernicus with

1 Thomas Heath, *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus* (New York 1959; reprint of Oxford 1913 edition).

2 Rudolf von Erhardt and Erika von Erhardt-Siebold, "Archimedes' Sand-Reckoner, Aristarchos and Copernicus," *Isis* 33 (1941–1942) 578.

3 Otto Neugebauer, "Archimedes and Aristarchus," *Isis* 34 (1942–1943) 4.

The Bulletin of the American Society of Papyrologists, vol. 15, p. 85-93

Owen Gingerich (1985)

JHA, xvi (1985)

DID COPERNICUS OWE A DEBT TO ARISTARCHUS?

OWEN GINGERICH,
Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

During Copernicus's lifetime, in the early years of the sixteenth century, very little was known in western Europe of Aristarchus. Our best source for Aristarchus's heliocentric ideas, the *Sand-reckoner* of Archimedes, was not published until 1544, the year after Copernicus died.[1] In our modern era of library catalogues, reference indices, and data retrieval systems it is easy but anachronistic to imagine that Copernicus could have consulted a manuscript in Italy when he was beginning to learn Greek. In fact, Copernicus relied almost entirely on printed works for his information, and there is only a single case where we know for sure that he used a manuscript source.[2] Even the encyclopaedist Giorgio Valla, who published various translations of Archimedes, did not mention the *Sand-reckoner* in his *De expetendis et fugiendis rebus opus* (Venice, 1501).[3]

Of course, Copernicus profited indirectly from Aristarchus's work on the sizes and distances of the Sun and Moon: the basic idea of using the size of the Earth's shadow as measured during a lunar eclipse was transmitted through Hipparchus and is found, although in a drastically revised form, in Ptolemy's *Almagest*, and the diagram for this method appears in Book IV, Chapter 19 of Copernicus's *De revolutionibus*. However, the question of greatest interest is how much Copernicus might have known *directly* of Aristarchus, particularly concerning his heliocentric ideas.

In the autograph manuscript of Copernicus's *De revolutionibus*, still preserved at the Jagiellonian Library in Cracow, the name of Aristarchus of Samos appears six times.[4] I shall first mention five relatively uninteresting entries in the part of his manuscript submitted for publication. In three places, Copernicus by mistake attributes to Aristarchus a value of the obliquity of the ecliptic that should have been credited to Erathosthenes. The mistake was due to his misinterpretation of the word "Archusianus" appearing in the 1515 *Almagest* (I.12, f. 9v), which was Gerhard of Cremona's attempt to render the Arabic transcription of Eratosthenes's name.[5] In a fourth citation Copernicus originally mentioned Aristarchus in connection with the motion of precession, but before publication he correctly changed the entry to Aristyllus. The fifth citation includes Aristarchus in a list of those who believed that the year was exactly 365 ¼ days long, a not very helpful and probably erroneous statement.[6] Thus, the name of Aristarchus appears only four times in *De revolutionibus* as it was finally printed in 1543, and at least three of these are erroneous.

There is, however, a sixth reference to Aristarchus in the manuscript, far and away the most interesting one because it refers to the Greek astronomer's cosmology, but it was crossed out before publication. What Copernicus had written in the passage is as follows:

> And if we should admit that the motion of the Sun and Moon could be demonstrated even if the Earth is fixed, then with respect to the other

0021-8286/85/1601-0037 $2.00

John Lennart Berggren et Nathan Sidoli (2007)

Arch. Hist. Exact Sci. 61 (2007) 213–254
Digital Object Identifier (DOI) 10.1007/s00407-006-0118-4

Aristarchus's On the Sizes and Distances of the Sun and the Moon: *Greek and Arabic Texts*

J. L. Berggren and Nathan Sidoli

Communicated by J. L. Berggren

Introduction

In the 1920s, T. L. Heath pointed out that historians of mathematics have "given too little attention to Aristarchus" (Heath 1921, vol. 2, 1). This is still true today. The Greek text of Aristarchus's *On the Sizes and Distances of the Sun and the Moon* has received little attention; the Arabic editions virtually none.[1] For these reasons, much of what this text has to tell us about ancient and medieval mathematics and the mathematical sciences has gone unnoticed.

When one considers that many of Aristarchus's arguments are obscure and much of his mathematics cumbersome, the persistent interest in this text during the medieval and early modern periods is remarkable. It was edited and studied by Arabic scholars long after all of its mathematical methods and most of its astronomical results had become otiose. Copies of the Greek manuscripts were still being made by Latin scholars in the 17th century, well after the ascent of printed text.[2]

The work begins with a series of hypotheses that are at once crude and contradictory and yet refreshingly bold. From these, by great labor, Aristarchus derives a few precise statements about objects far outside our common purview, displaying an incisive ability with theoretical modeling. The text is a fine example of that style of Greek mathematics which produces, from seemingly intractable quagmires, results that are simple and clean. All of these features must have delighted the many generations of mathematicians who studied *On Sizes*. But perhaps they were struck by something simpler than the detailed arguments and the actual results. Perhaps they were struck by the work's fundamental, unspoken claim. *On Sizes* implies, unequivocally, that the world is mathematical; not just in a vague qualitative way, but in a precise quantitative way. It demonstrates that by starting from a few simple and readily obtainable statements one can, through the

---

[1] The text itself, an English translation and useful notes are provided by Heath (1913). Heath's edition is based principally on Vat. Gr. 204, the oldest Greek MS. A mathematical discussion of the treatise is given by Neugebauer (1975, 634–643), who is predominantly interested in Aristarchus's astronomical results. Wall (1975) discusses *On Sizes* in his historiographic study of Aristarchus. Newton (1977, 171–177 & 389–394) also studied the text, but it is not clear how closely he followed the details of the argument. The treatise is also discussed by Panchenko (2001).

[2] Noack (1992) has provided a thorough study of the history of the text.

Christián Carman (2014)

Arch. Hist. Exact Sci. (2014) 68:35–65
DOI 10.1007/s00407-013-0123-3

Two problems in Aristarchus's treatise *on the sizes and distances of the sun and moon*

Christián C. Carman

Received: 15 April 2013 / Published online: 14 July 2013

Abstract The book of Aristarchus of Samos, *On the distances and sizes of the sun and moon*, is one of the few pre-Ptolemaic astronomical works that have come down to us in complete or nearly complete form. The simplicity and cleverness of the basic ideas behind the calculations are often obscured in the reading of the treatise by the complexity of the calculations and reasoning. Part of the complexity could be explained by the lack of trigonometry and part by the fact that Aristarchus appears unwilling to make some simplifications that could be simply taken for granted. But an important part of the complexities is due to some unnecessary inconsistencies, as recently discovered by Berggren and Sidoli (Arch Hist Exact Sci 61:213–254, 2007). In the first part of this paper, I will try to show that some of these inconsistencies are just apparent. But the complexity of the calculations and reasoning is not the only reason that could disturb a reader of the treatise. The great inaccuracy—even for the measurement methods and instruments available at those times—of one of the three input values of the treatise is really astonishing. In the sixth and last hypothesis, Aristarchus states that the moon's apparent size is equal to 2°, while the correct value is one-fourth of that. Some attempts have been made in order to explain such a big value, but all of them have problems. In the second part of this paper, I will propose a new speculative but plausible explanation of the origin of this value.

1 Introduction

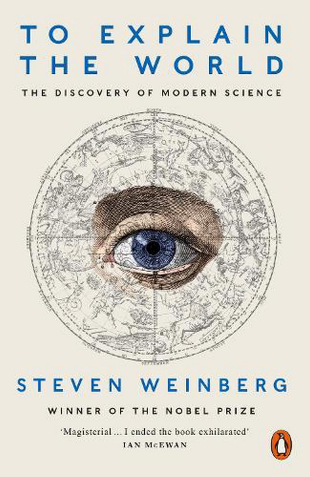
The book of Aristarchus of Samos, *On the distances and sizes of the sun and moon*, is one of the few pre-Ptolemaic astronomical works that have come down to us in

Communicated by: Len Berggren.

C. C. Carman (✉)
Universidad Nacional de Quilmes, Pontificia Universidad Católica Argentina, CONICET, Buenos Aires, Argentina
e-mail: ccarman@gmail.com

Steven Weinberg (2015)

Weinberg (1933-2021) en 1983 [wikipedia]



Harper & Collins, 2015

encore merci !

Sylvie Sohier, Stella Baruk, Blandine Sergent, Salon CIJM, mai 2019