

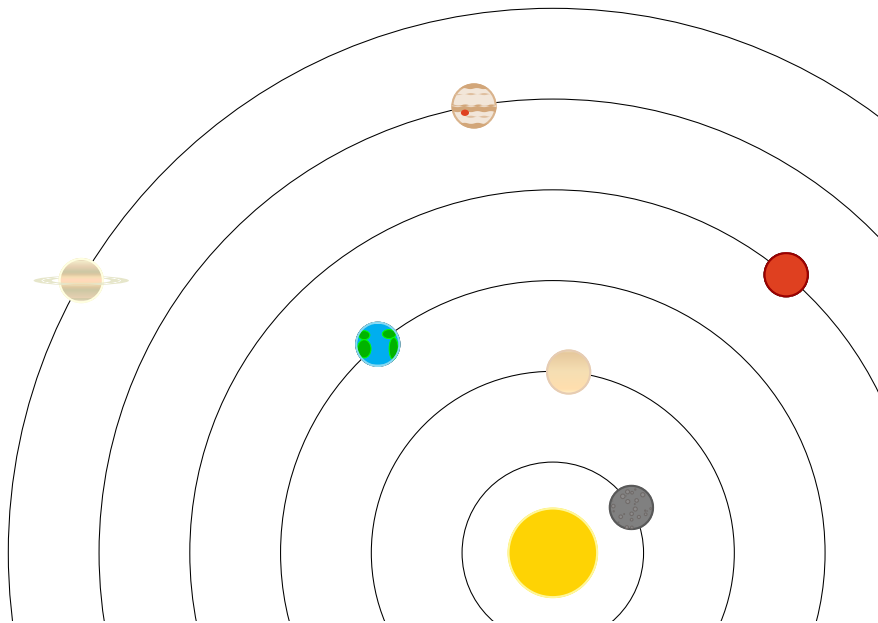
Mesurer les distances dans l'Univers

Isabelle M. Santos

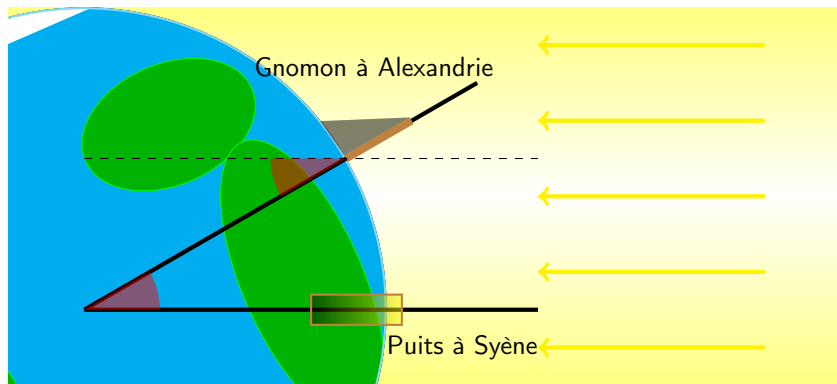
Unige

12 novembre 2020



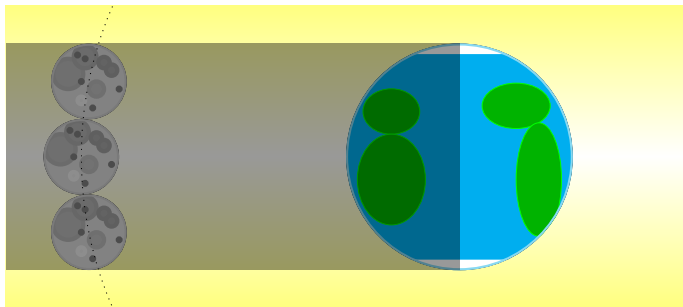


Diamètre de la Terre



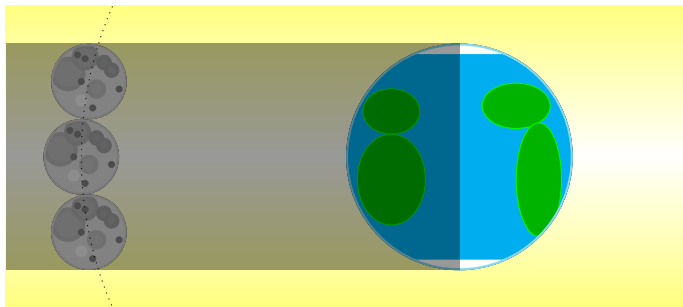
- ▶ Ératosthène mesure un angle de 7° , pour une distance de 5 000 stades
- ▶ Il en déduit la circonférence de la Terre : 250 000 stades
- ▶ Soit environ 6 400 kilomètres de rayon

Distance Terre-Lune



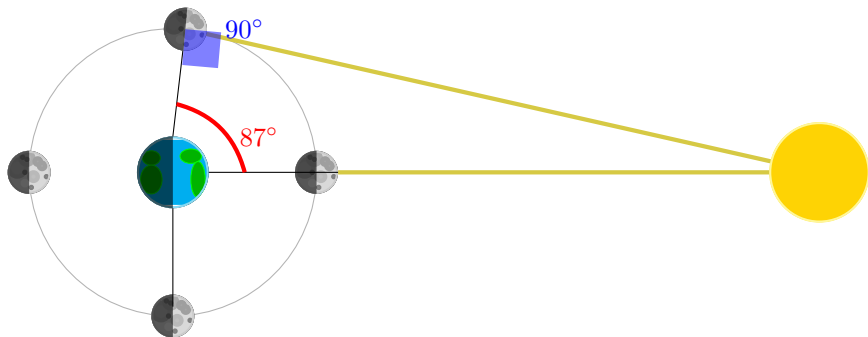
- ▶ Aristarque de Samos, 350 av. J.-C.
- ▶ → en 3 heures, la Lune parcourt 1 rayon terrestre
- ▶ Combien de rayons terrestres est-ce que la Lune parcourt en 1 mois ?

Distance Terre-Lune



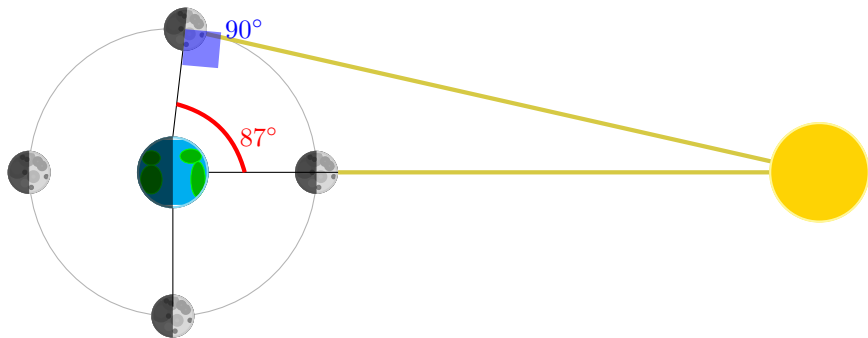
- ▶ Aristarque de Samos, 350 av. J.-C.
- ▶ → en 3 heures, la Lune parcourt 1 rayon terrestre
- ▶ Combien de rayons terrestres est-ce que la Lune parcourt en 1 mois ?
- ▶ Circonférence de l'orbite = 216 rayons terrestres
- ▶ $\Rightarrow$ diamètre de l'orbite lunaire = 70 rayons terrestres

Distance Terre-Soleil



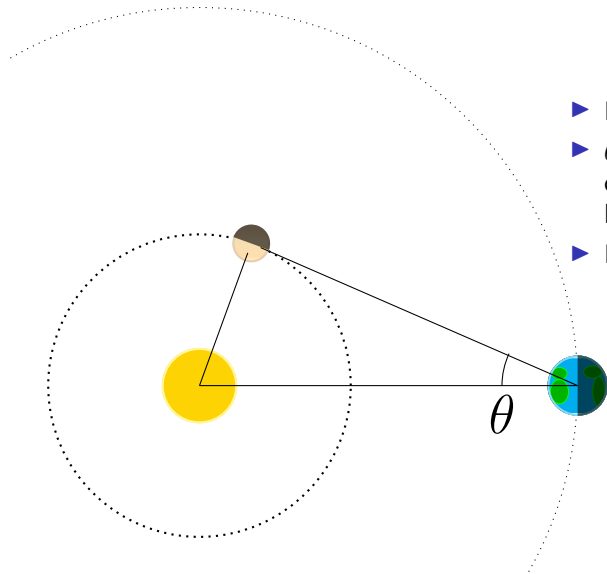
- ▶ Aristarque mesure un angle de 87° pour l'angle Lune-Terre-Soleil
- ▶ Il en déduit que le Soleil est 20 fois plus éloigné de la Terre que ne l'est la Lune
- ▶ Donc le Soleil serait 20 fois plus grand que la Lune
- ▶ Connaissant la taille et la distance de la Lune, il trouve la distance du Soleil

Distance Terre-Soleil ... ou pas



- ▶ Aristarque mesure un angle de 87° pour l'angle Lune-Terre-Soleil
 - ▶ Il en déduit que le Soleil est 20 fois plus éloigné de la Terre que ne l'est la Lune
 - ▶ Donc le Soleil serait 20 fois plus grand que la Lune
 - ▶ Connaissant la taille et la distance de la Lune, il trouve la distance du Soleil
 - ▶ En fait, l'angle est plutôt de $89,85^\circ \rightarrow$ pas mesurable à l'époque
- $\Rightarrow$ distance largement sous-estimée !

Les planètes



- ▶ Nicolas Copernic, 1543
- ▶ $\theta \Rightarrow$ rapport entre la distance Terre-Soleil et la distance Vénus-Soleil.
- ▶ Pour Vénus, $\theta = 46^\circ$

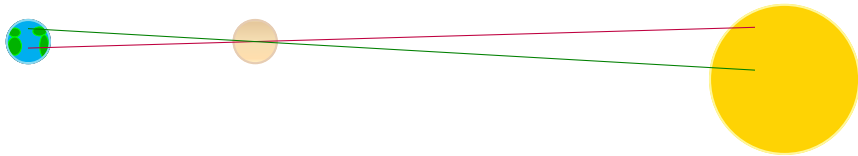
Distance des planètes

Planète	Distance Soleil - planète (en unités astronomiques)
Mercure	0,4
Vénus	0,7
Terre	1
Mars	1,5
Jupiter	5,2
Saturn	9,5

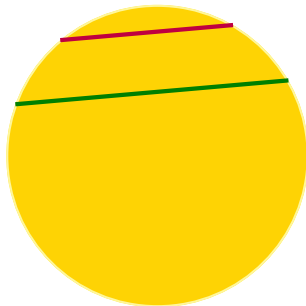
Mais combien de kilomètres dans une unité astronomique ?

- ▶ Aristarque était loin du compte
- ▶ Plusieurs scientifiques ont proposé différentes estimations de la distance Terre-Soleil, mais beaucoup de variation entre les mesures
- ▶ Une opportunité en 1761 puis en 1769 : le transit de Vénus
- ▶ Plusieurs expéditions menées pour observer le transit depuis différents points de la Terre

Transit de Vénus

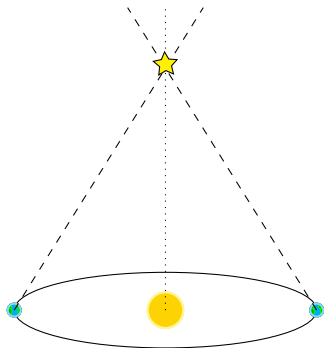


- ▶ Principe établi par Edmond Halley en 1716
- ▶ Observation du transit depuis deux latitudes différentes
- ▶ Connaissant le rayon de la Terre
- ▶ Johann Encke trouve 153 millions de kilomètres (au lieu de 140 millions)



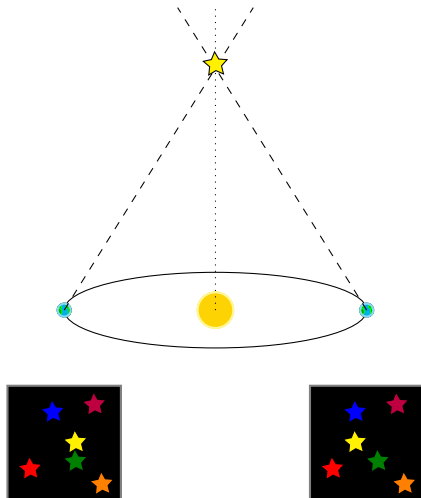


Parallaxe des étoiles



- ▶ quantité de lumière reçue $\neq$ quantité de lumière émise
- ▶ Depuis Copernic, on sait que les étoiles sont significativement plus éloignées que le Soleil
- ▶ Friedrich Bessel vers 1830
- ▶ 1 parsec $\simeq 3 \times 10^{13}$ kilomètres

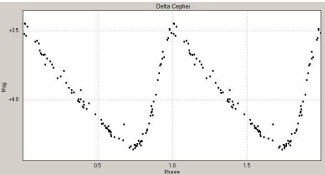
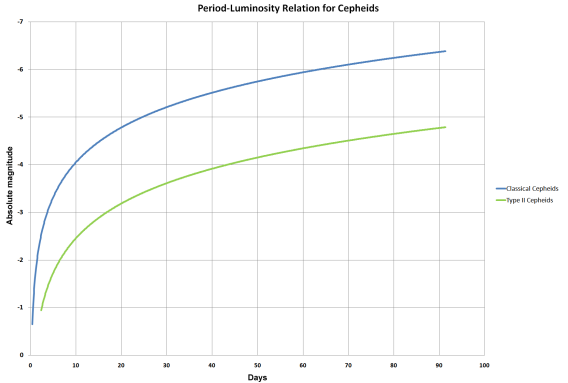
Parallaxe des étoiles



- ▶ quantité de lumière reçue $\neq$ quantité de lumière émise
- ▶ Depuis Copernic, on sait que les étoiles sont significativement plus éloignées que le Soleil
- ▶ Friedrich Bessel vers 1830
- ▶ 1 parsec $\simeq 3 \times 10^{13}$ kilomètres
- ▶ Télescopes spatiaux Hipparchos & Gaia
- ▶ Étoiles à quelques milliers d'années-lumière

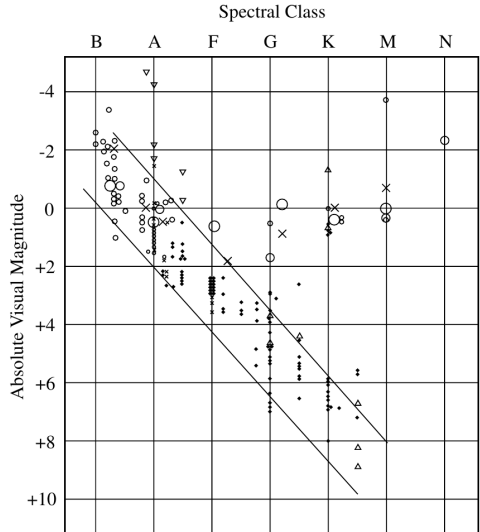
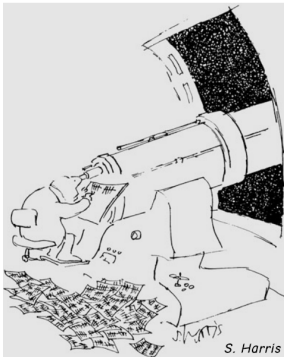
Étoiles variables

- ▶ Henrietta Swann Leavitt, 1912
- Céphéïdes
- ▶ Chandelles standard
- ▶ Lien période-luminosité
- ▶ 10 millions de parsecs



Couleur des étoiles

- ▶ Ejnar Hertzsprung, 1911
- ▶ Pléïade et Hyades
- ▶ Henry Norris Russell, 1914
- ▶ Lien entre couleur et magnitude
- ▶ amas jusqu'à 100 000 parsecs

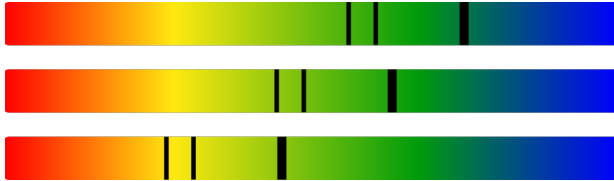


Distance des galaxies

- ▶ Controverse sur la nature d'Andromède
- Y a-t-il des choses au delà de la Voie Lactée ?
- ▶ Edwin Hubble, 1927



Galaxies lointaines



- ▶ Hubble, 1929
- ▶ Distance des galaxies par les Céphéïdes
- ▶ Décalage vers le rouge par spectrographie
- ▶ Augmentation du redshift avec la distance

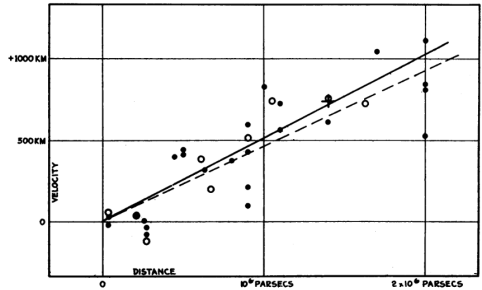
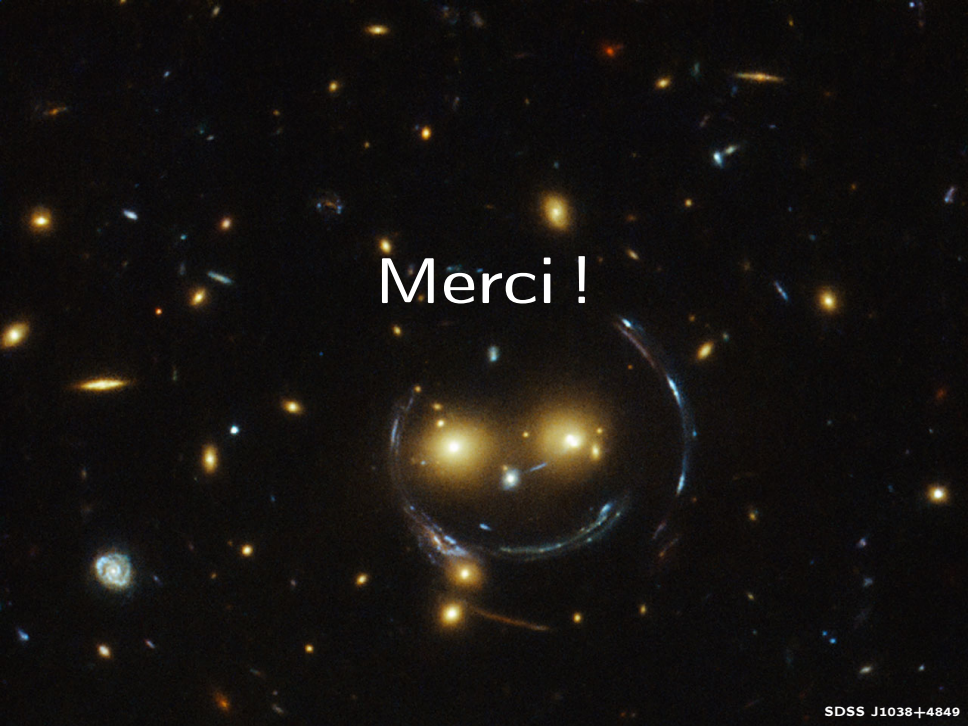
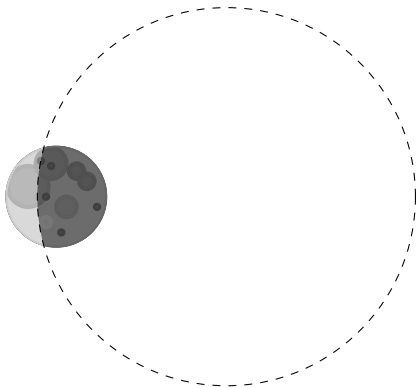


FIGURE 1

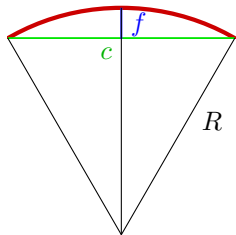


Merci !

Diamètre de la Lune



- ▶ Aristarque en -270
- ▶ Comparer la courbure de la Lune à celle de l'ombre de la Terre
- ▶ Trouve que le rayon de la Lune est 0,35 fois celui de la Terre



$$R^2 = (R - f)^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2$$

$$2R = f + \frac{c^2}{4f}$$

Bibliographie

- ▶ Kwok, Sun. 2017. *Our Place in the Universe*. Springer International Publishing. Cambridge University Press.
- ▶ Maunder, Michael, and Patrick Moore. 2000. *Transit : When Planets Cross the Sun*. Springer London.
- ▶ Hughes, David W. 2001. *Six Stages in the History of the Astronomical Unit*. Journal of Astronomical History and Heritage 4 (June) : 15–28.
- ▶ Marett-Crosby, Michael. 2013. *Twenty-Five Astronomical Observations That Changed the World*. The Patrick Moore Practical Astronomy Series. Springer New York.