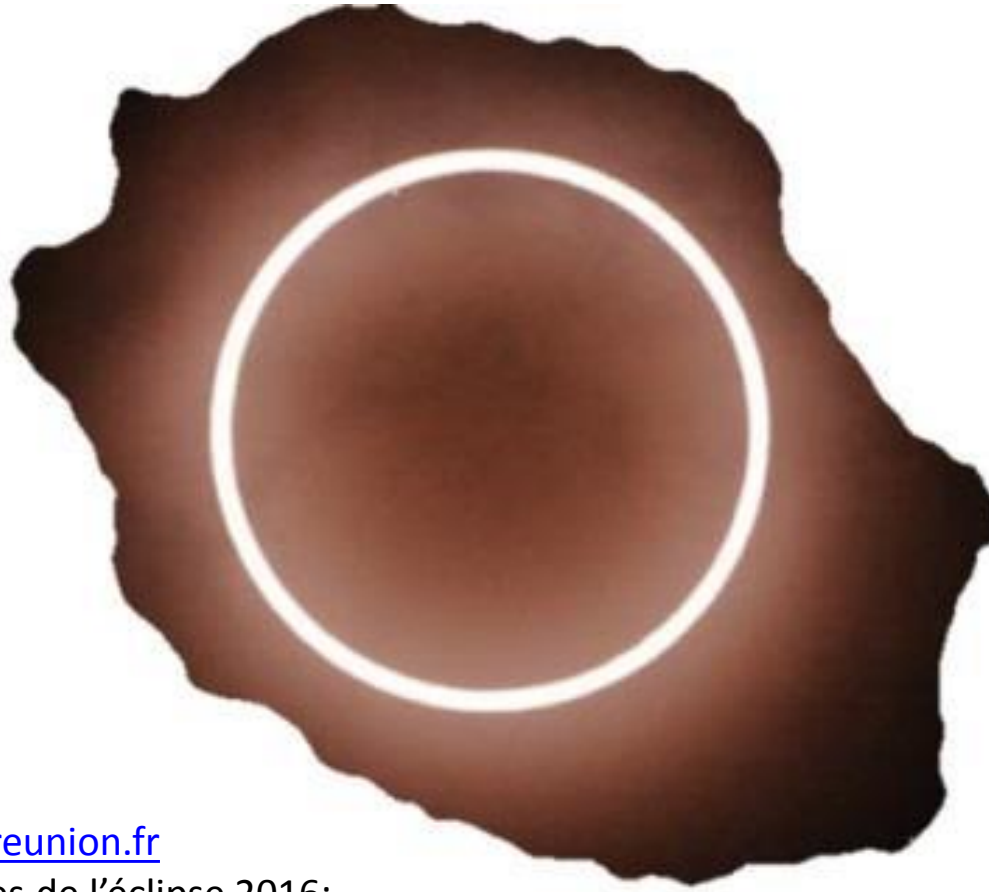


2016: Année astronomique exceptionnelle à La Réunion



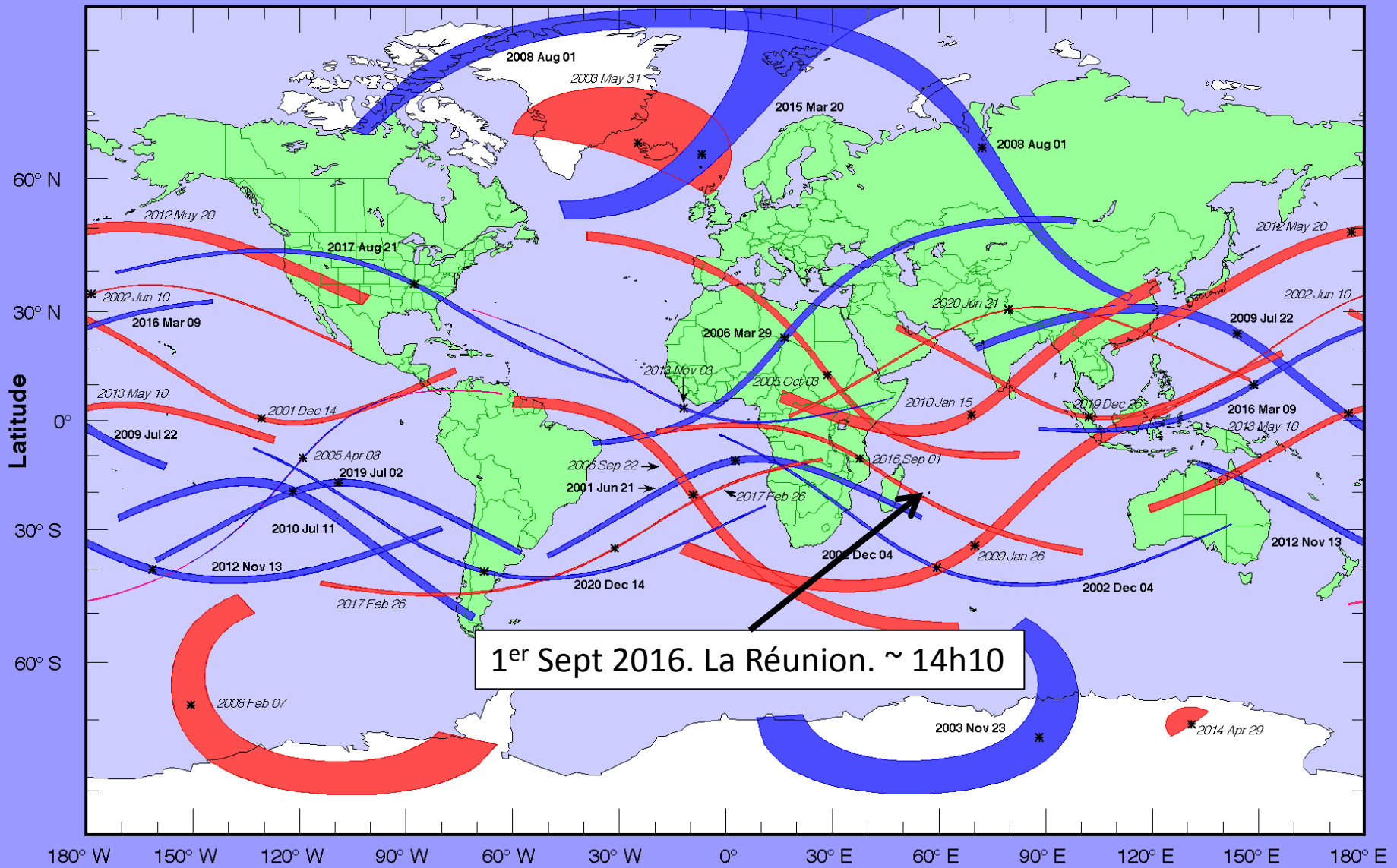
laurent.gautret@ac-reunion.fr

Documents références de l'éclipse 2016:

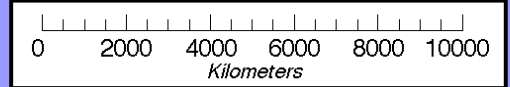
https://www.dropbox.com/s/tdstf9k7sipckvm/Eclipse_Fiches%20math%20v1.pdf?dl=0

**L'ECLIPSE ANNULAIRE DE SOLEIL DU
1^{ER} SEPTEMBRE 2016 A LA REUNION**

Total and Annular Solar Eclipse Paths: 2001 – 2020



- Total Eclipse
- Annular Eclipse
- Hybrid Eclipse





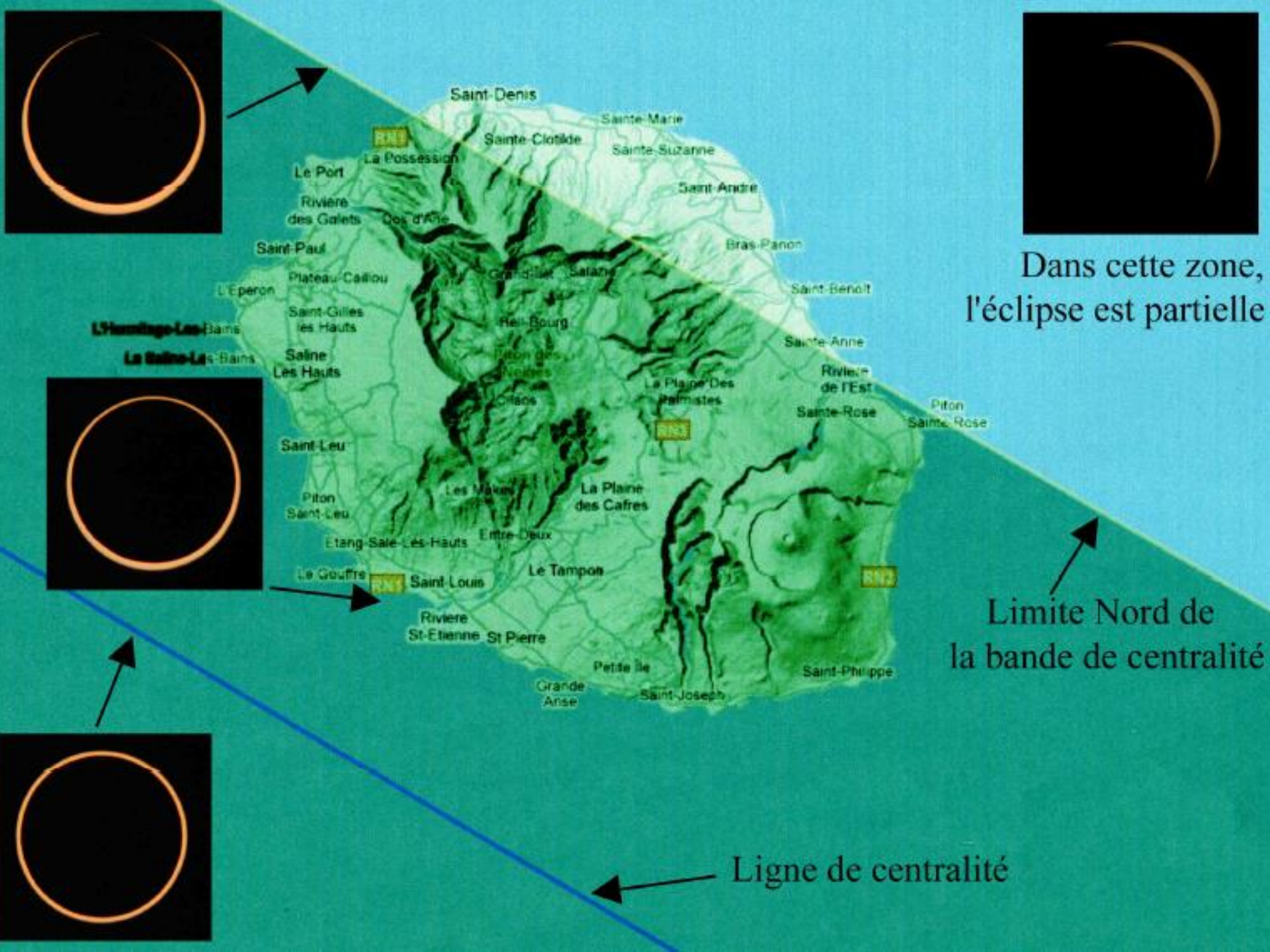
Dans cette zone, l'éclipse est partielle



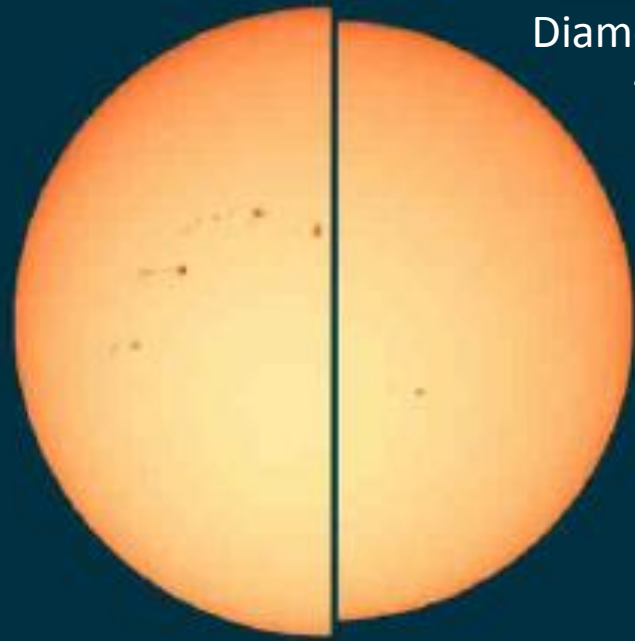
Limite Nord de la bande de centralité



Ligne de centralité



Tailles angulaires comparées du Soleil et de la Lune



Diamètre moyen:
 $\sim 0.53^\circ$

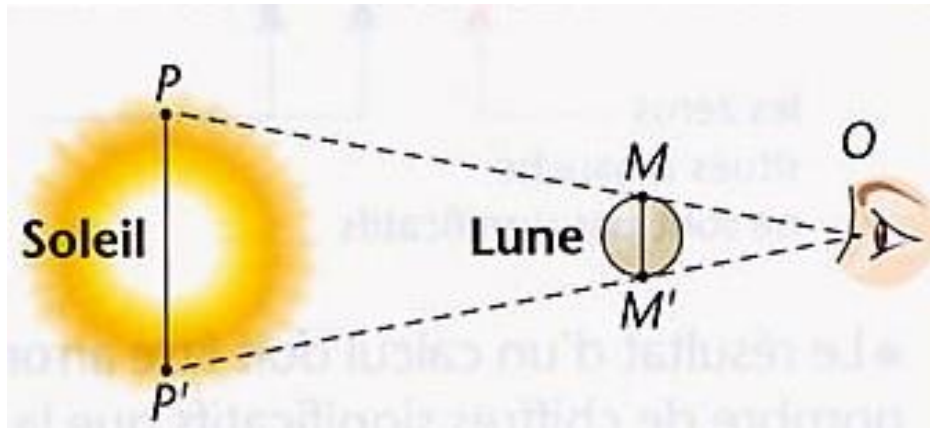


Au plus proche

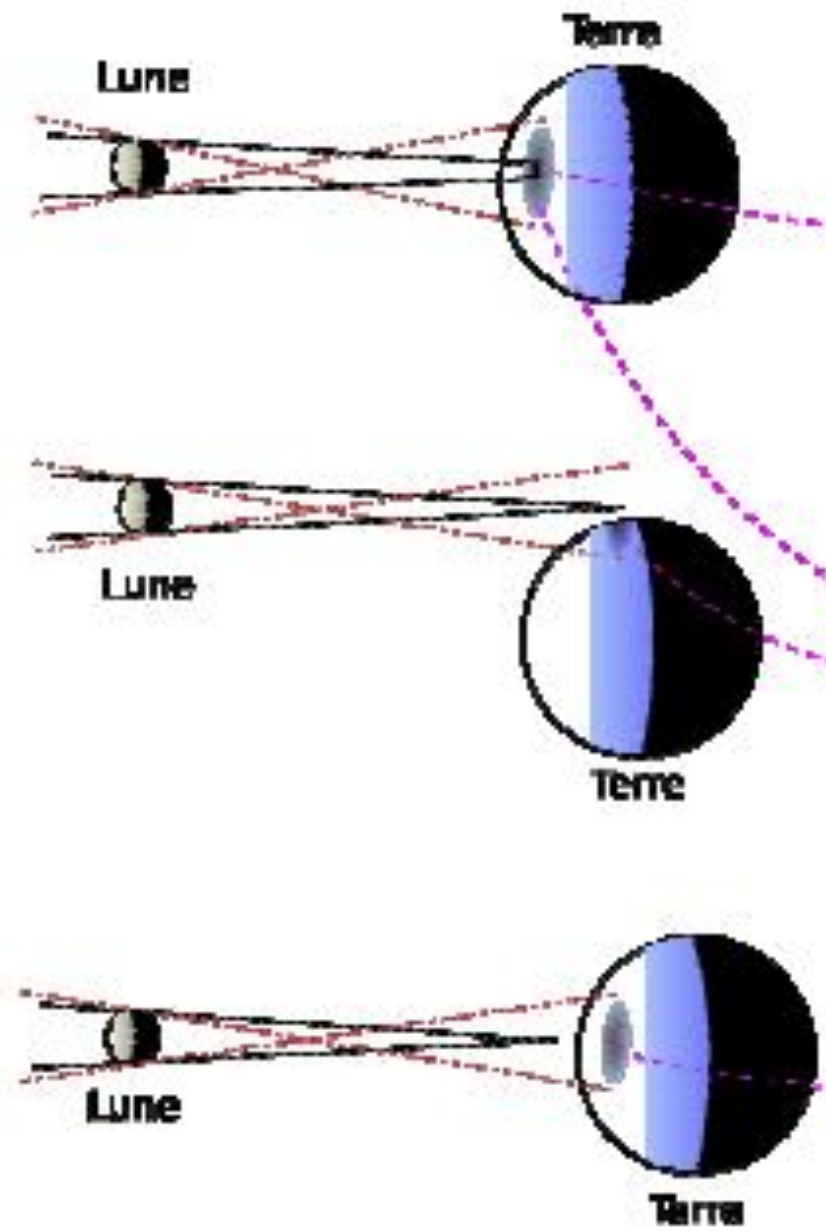
Au plus loin

Au plus proche

Au plus loin



La Lune s'éloigne de la Terre de ~ 4 cm/an \rightarrow Y aura-t-il toujours sur Terre des éclipses totales de Soleil ?



Vue depuis la Terre



OÙ EST L'ERREUR ?









PHASE LUNAIRE OU ECLIPSE ?

1



2



3



4



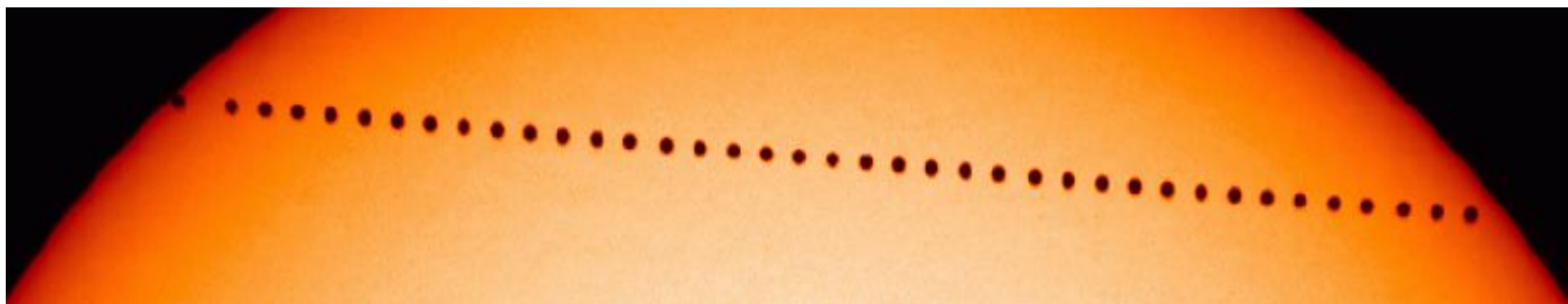
5



6



ECLIPSE, TRANSIT, OCCULTATION ?





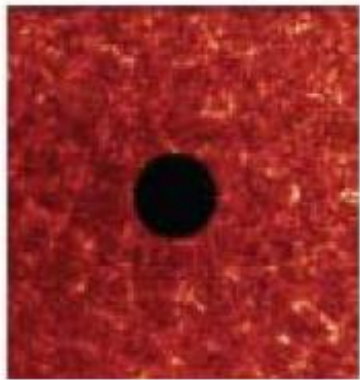
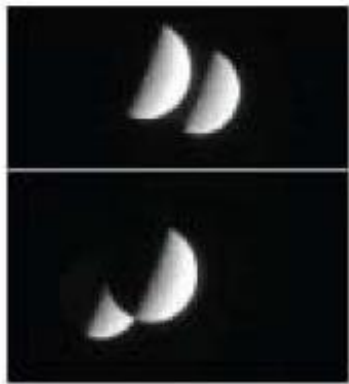
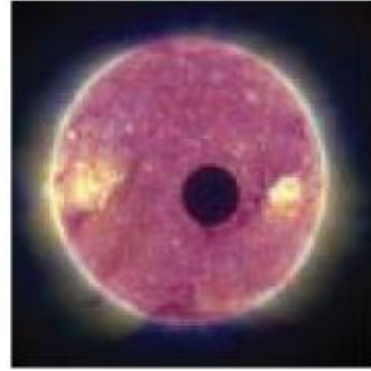
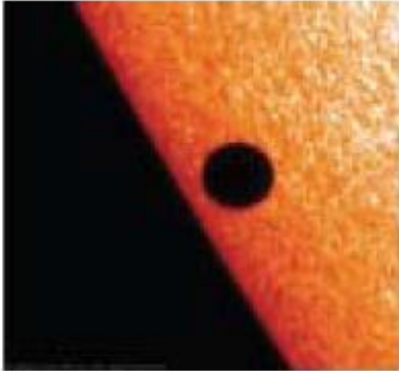
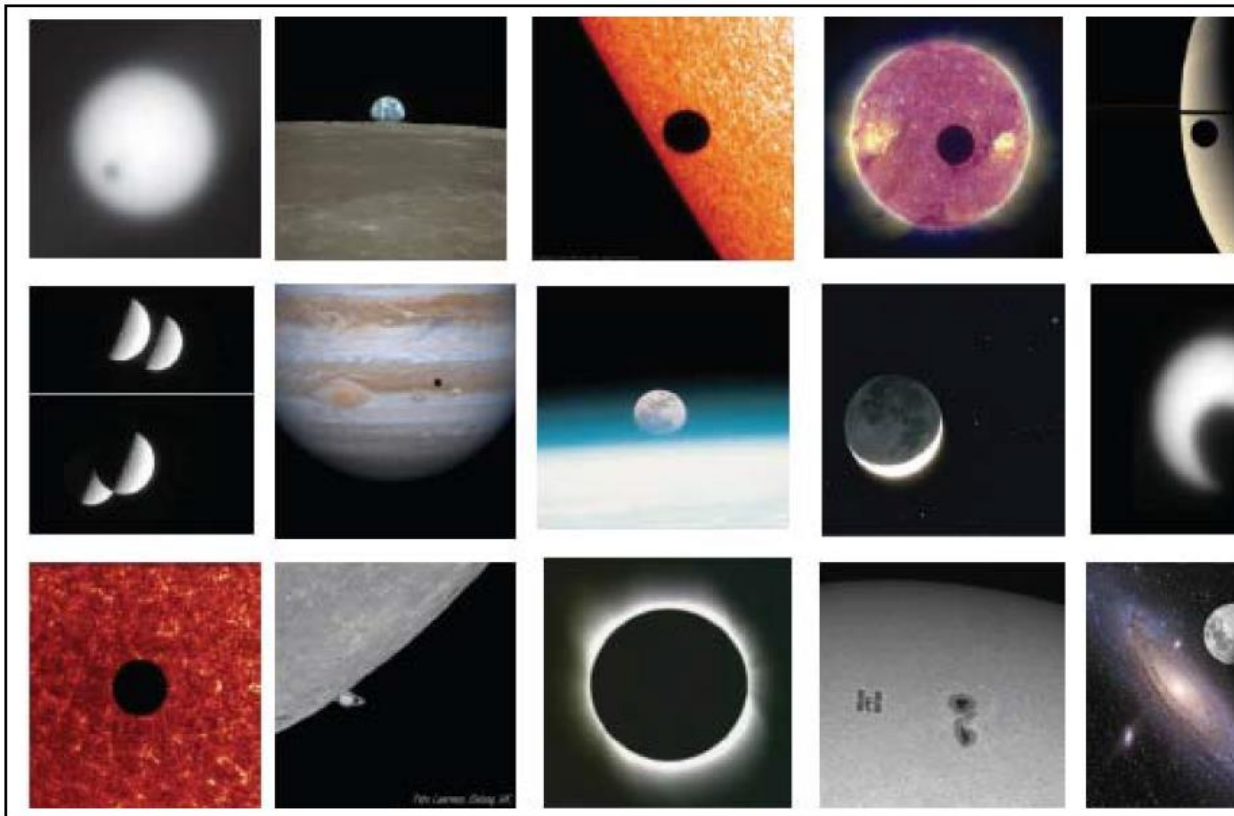


Photo Courtesy: NASA, JPL



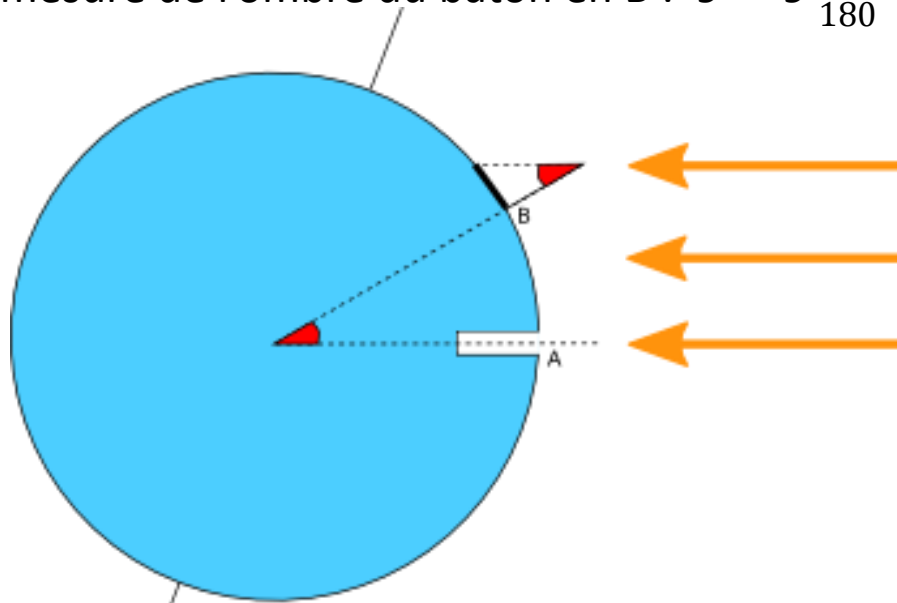
- A) **Transit** of Deimos across the Sun seen by Opportunity Rover
- B) **Occultation** of Earth by the Moon seen by Apollo-8 astronauts
- C) **Transit** of Mercury across sun seen by TRACE?
- D) **Transit** of Moon across Sun seen by STEREO satellite
- E) **Transit** of satellite Rhea across Saturn seen by Cassini spacecraft
- F) Rhea **occulting** Dione seen by Cassini spacecraft near Saturn
- G) Io **transiting** Jupiter seen by Galileo spacecraft
- H) Earth **occulting** moon seen by Space Shuttle astronauts
- I) Moon **occulting** the Pleiades star cluster
- J) Phobos **transiting** sun seen by Opportunity Rover on Mars.
- K) Venus **transiting** the sun seen by TRACE satellite.
- L) Moon **occulting** Saturn
- M) **Eclipse** of the sun by the moon.
- N) **Transit** of the space station across sun
- O) Hypothetical **occultation** of the andromeda galaxy by the moon.

QUELQUES PRE-REQUIS AVANT DE MESURER LES DISTANCES TERRE-LUNE & TERRE-SOLEIL: RAYON DE LA TERRE

Exemple: Distance à pied, plein Nord de A à B: ~ 1000 km

Soleil au zénith en A

Angle mesuré de l'ombre du baton en B : $9^\circ = 9 \frac{\pi}{180} \text{ rad} = 0.157 \text{ rad}$

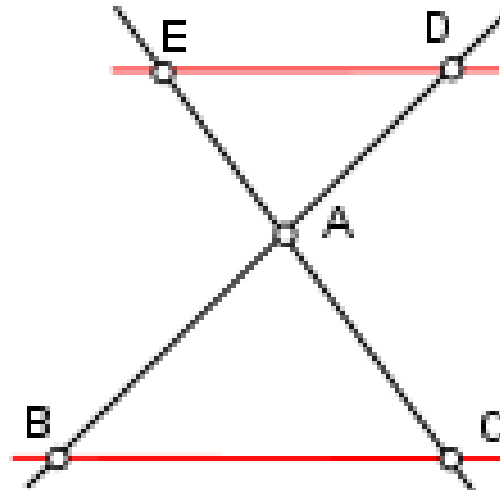
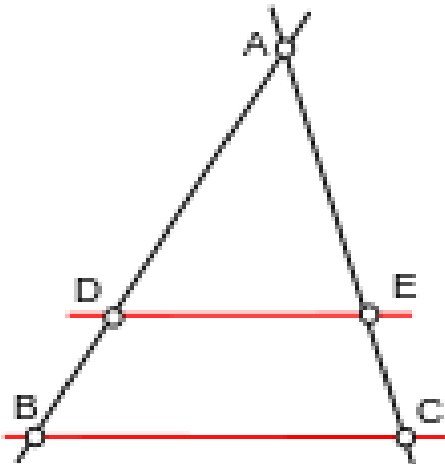


Rayon de la Terre (Eratosthène. 200 av. JC): $\sim 1000/0.157 = 6366$ km

QUELQUES PRE-REQUIS AVANT DE MESURER LES DISTANCES TERRE-LUNE & TERRE-SOLEIL

Théorème de Thales (VI ème siècle av. JC): si les droites rouges sont parallèles, alors :

$$\frac{AD}{AB} = \frac{AE}{AC} = \frac{DE}{BC}$$



QUELQUES PRE-REQUIS AVANT DE MESURER LES DISTANCES TERRE-LUNE & TERRE-SOLEIL

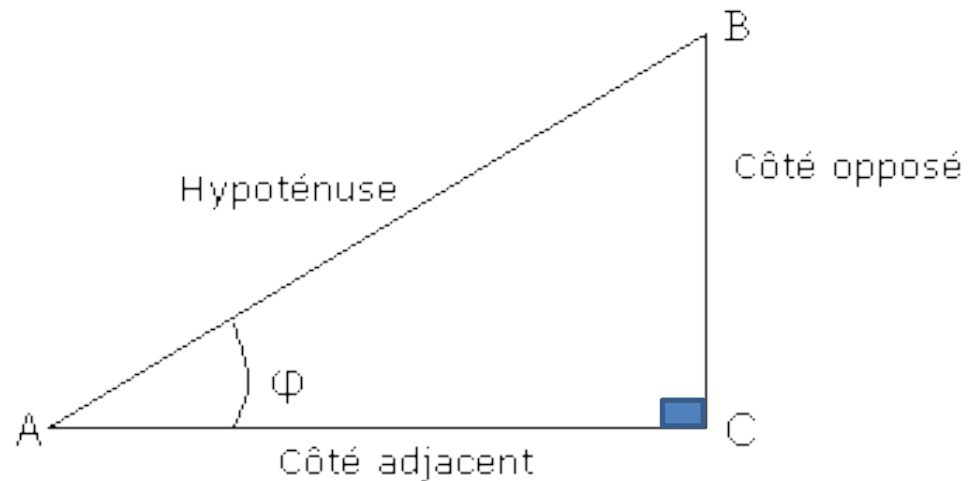
Trigonométrie dans un triangle rectangle (Babylone, ~ 2000 av. JC, Inde VII ème siècle av. JC, Hipparque II ème siècle av. JC) :

angle exprimé en radians, avec 360° correspond à 2π rad ~ 6.28 rad

$$\text{Cos } \varphi = \frac{AC}{AB}$$

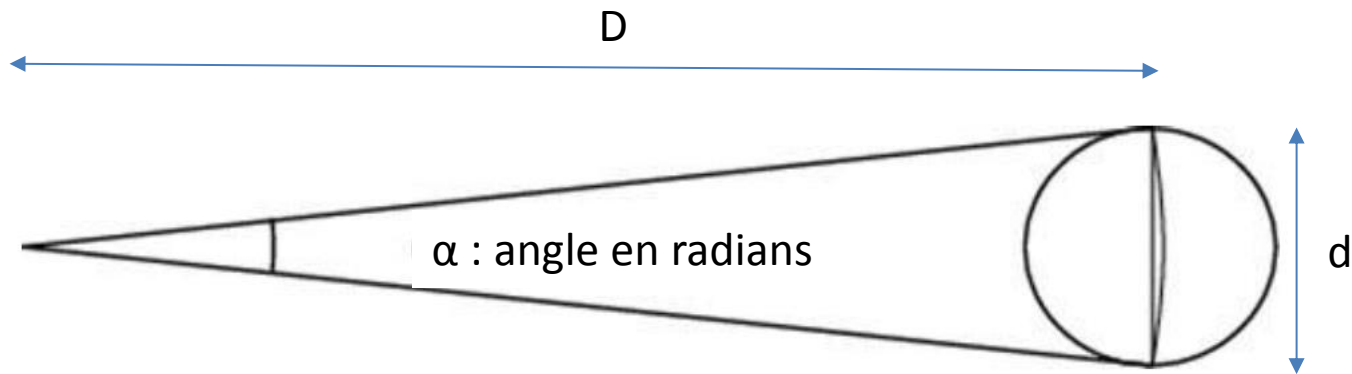
$$\text{Sin } \varphi = \frac{BC}{AB}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{BC}{AC}$$



QUELQUES PRE-REQUIS AVANT DE MESURER LES DISTANCES TERRE-LUNE & TERRE-SOLEIL

Approximation des petits angles: si $d \ll D$, alors α (rad) $\sim d$ (m) / D (m)



L'ÉCLIPSE ANNULAIRE DE SOLEIL DU 1^{ER} SEPTEMBRE 2016 A LA REUNION

Comment mesurer la **distance Terre-Lune** à partir d'une éclipse de Soleil observée au même moment depuis 2 endroits de la Terre ?

Cas d'application: l'éclipse annulaire de Soleil du 3 Octobre 2005, observée depuis Caen et Alger

Eclipse annulaire de Soleil du 3 Octobre 2005

Fiche élève N°1

Alger

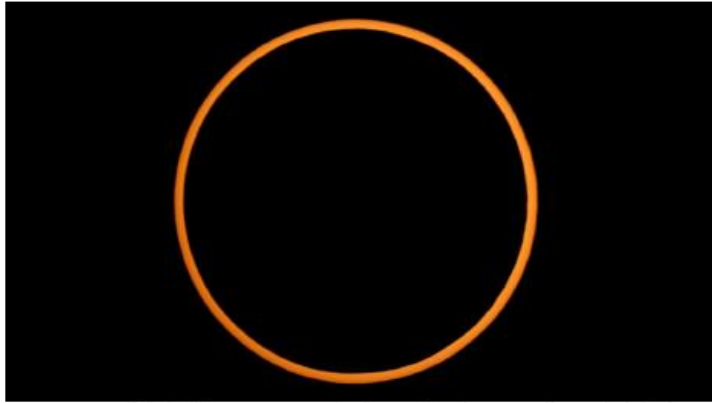


Photo Aurore Lasalle / SAB)

L'éclipse annulaire du 3 octobre 2005

Caen



Photo René Cavaroz

Diamètre angulaire du soleil: $S \sim 0.53^\circ$



A 11h08 (9h08 TU), l'éclipse était partielle à St Contes à côté de Caen ($49,21^\circ$ N et $0,40^\circ$ O).

Eclipse annulaire de Soleil du 3 Octobre 2005

2005

Alger

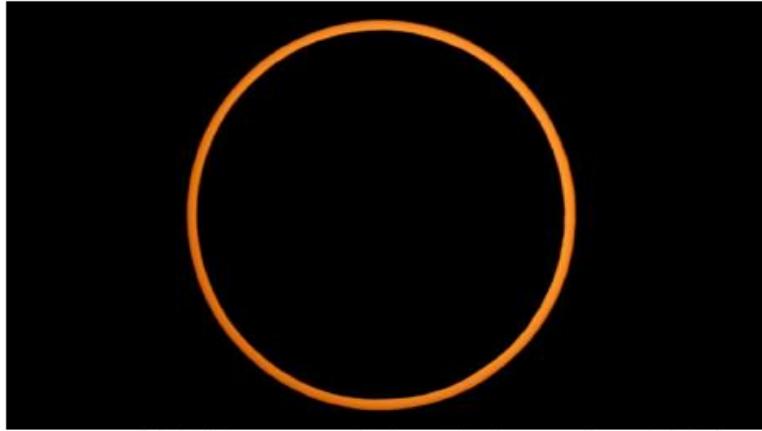


Photo Aurore Lasalle / SAB)

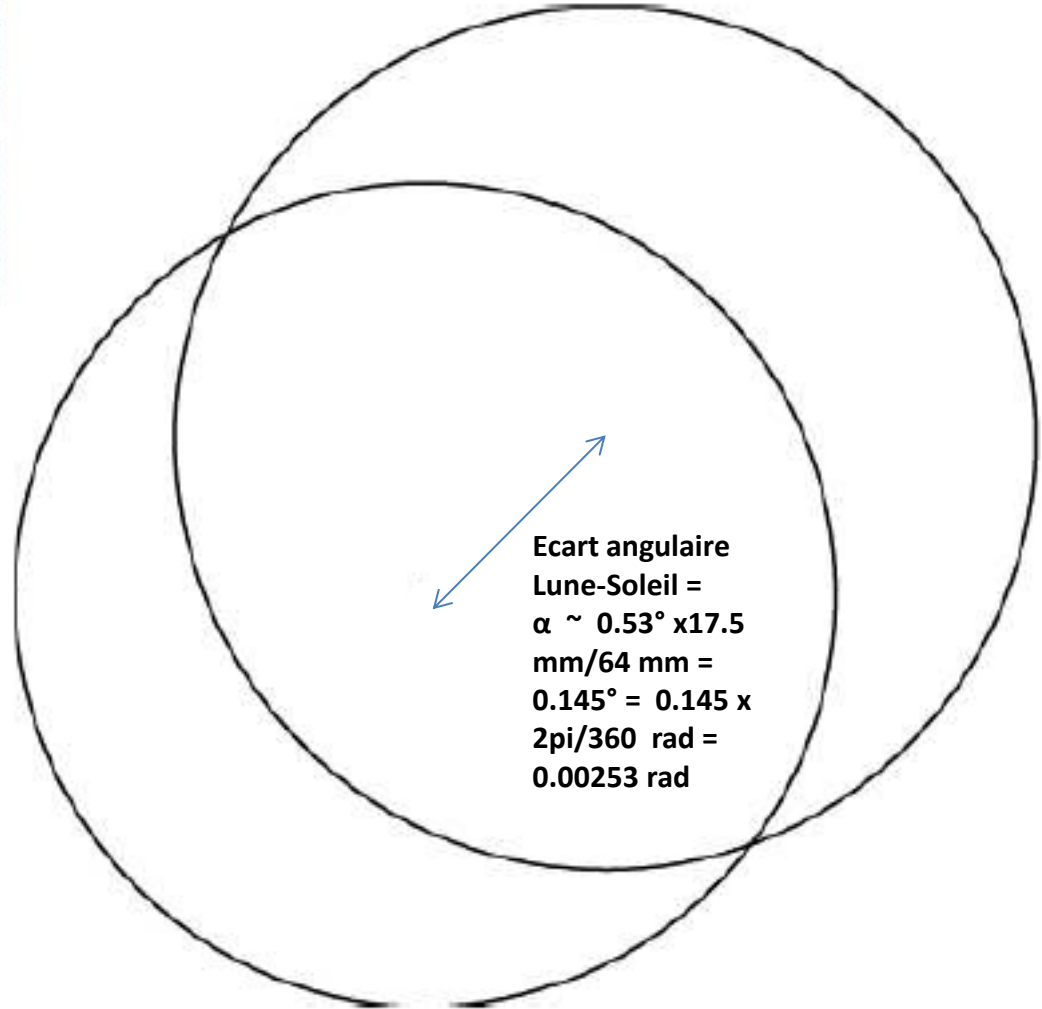
L'éclipse annulaire du 3 octobre 2005

Caen



Photo René Cavaroz

Diamètre angulaire du soleil: $S \sim 0.53^\circ$

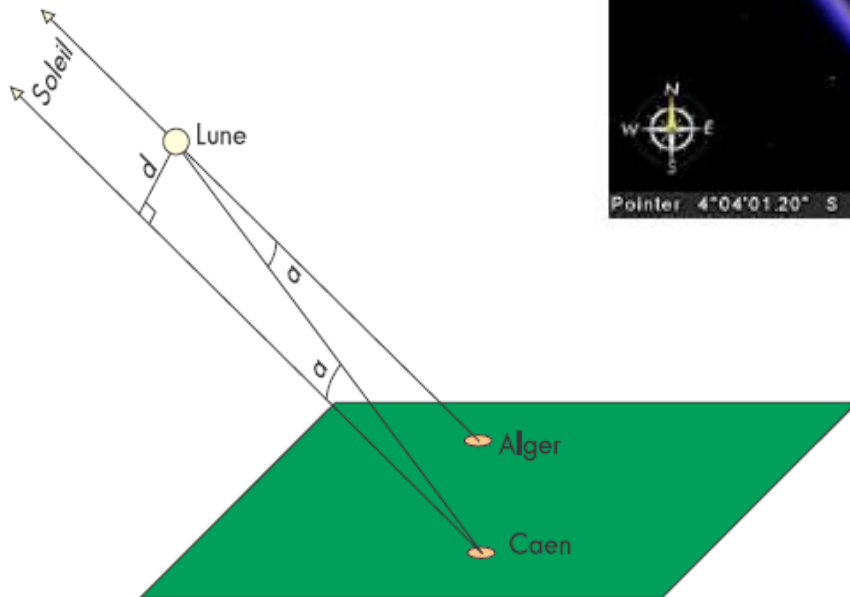
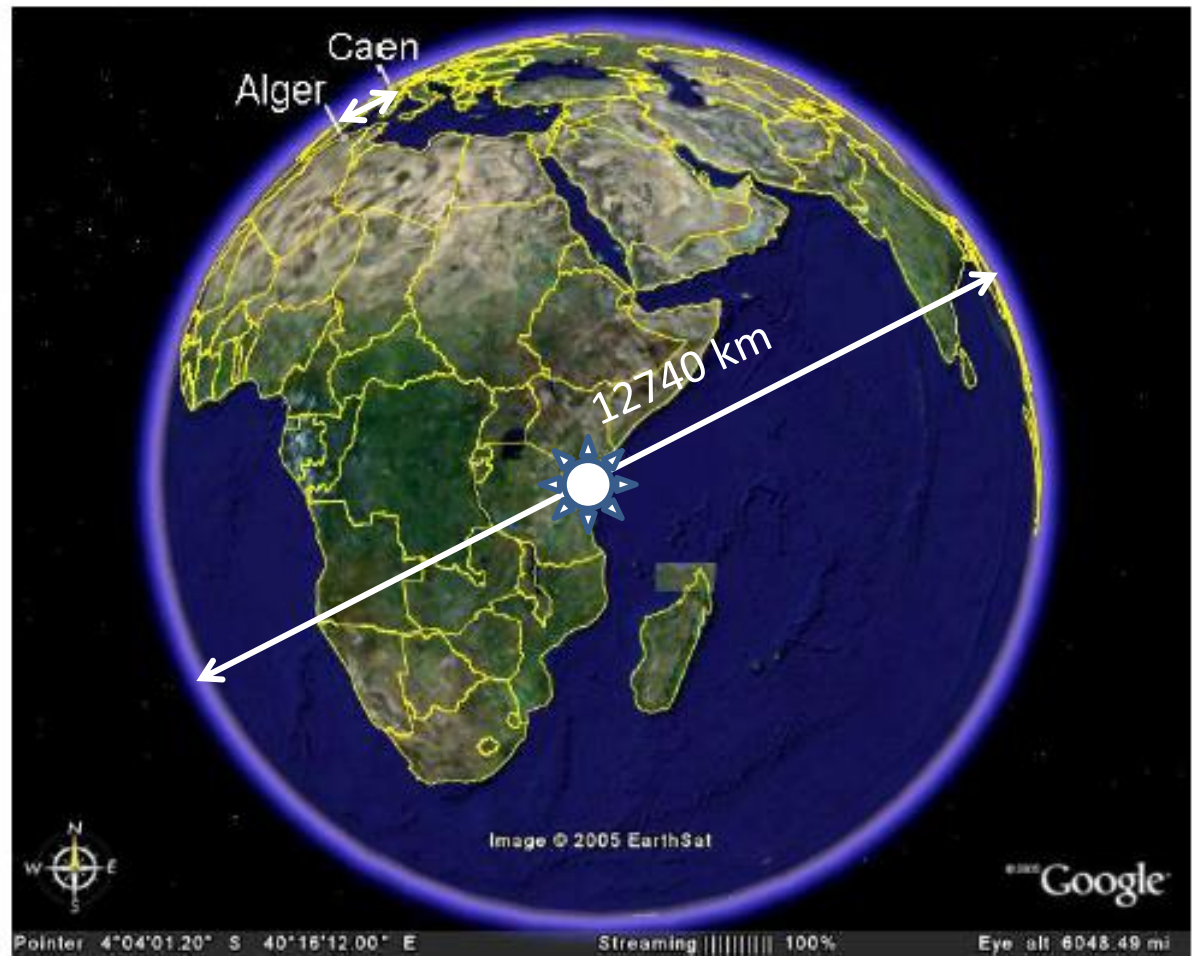


Ecart angulaire
Lune-Soleil =
 $\alpha \sim 0.53^\circ \times 17.5$
 $\text{mm}/64 \text{ mm} =$
 $0.145^\circ = 0.145 \times$
 $2\pi/360 \text{ rad} =$
 0.00253 rad

A 11h08 (9h08 TU), l'éclipse était partielle à St Contest à côté de Caen (49,21° N et 0,40° O).

Calcul de la distance d
entre les
2 lignes de visées Caen-
Soleil et Alger-Soleil

$$d \approx \dots\dots\dots 1010 \text{ km}$$



En déduire la distance Terre (Alger)
– Lune:

$$D_{TL} \sim \dots\dots\dots \text{ Km}$$

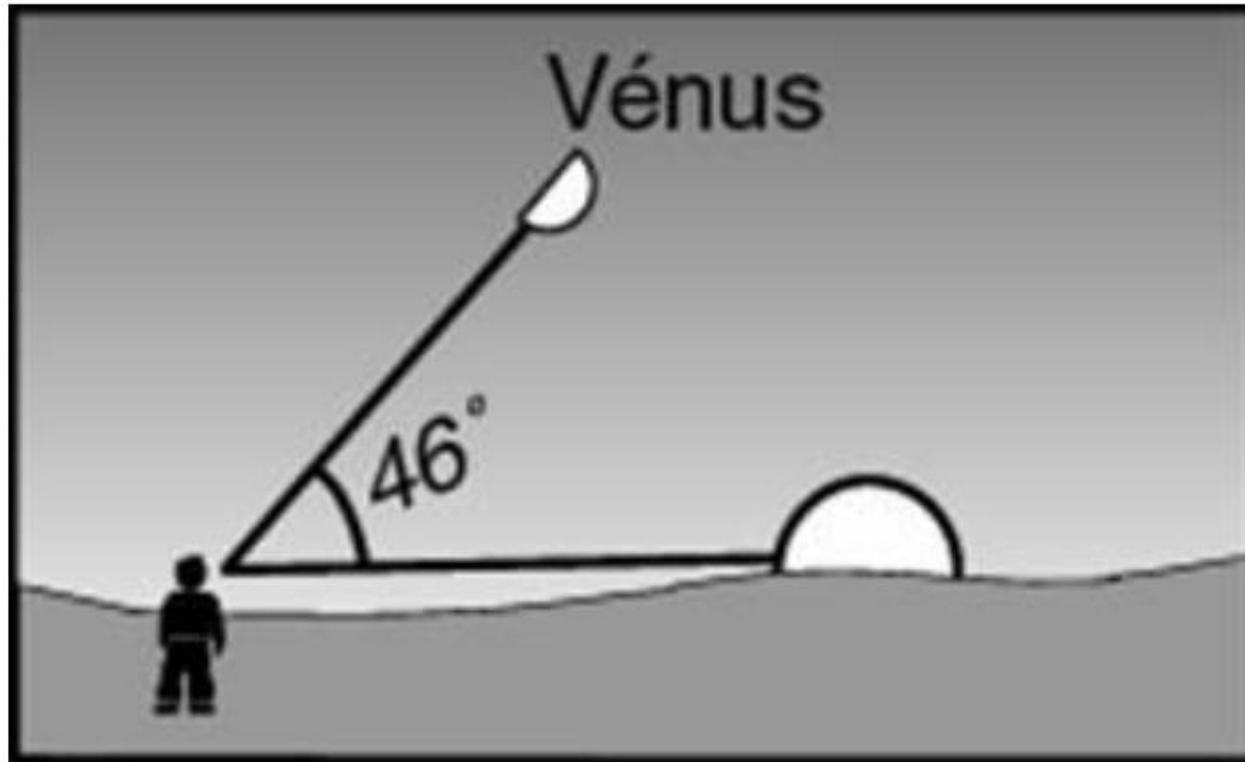
$$D_{TL} \sim d/\alpha = 1010 \text{ km} / 0.00253$$

$$\sim 400000 \text{ km}$$

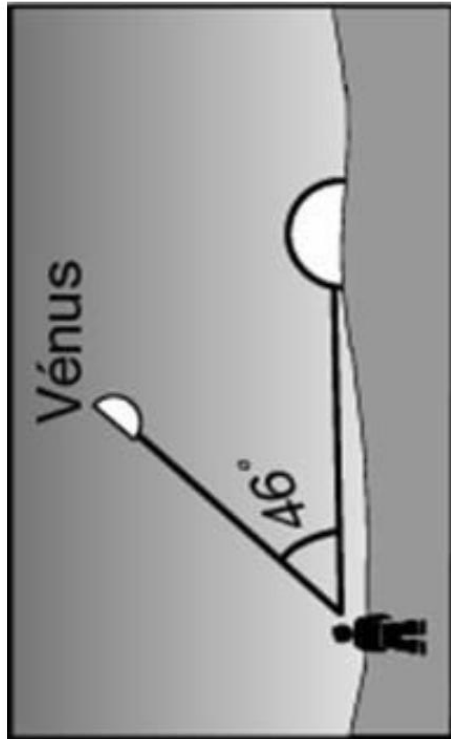
LE TRANSIT DE MERCURE DU 9 MAI 2016 A LA REUNION

Comment mesurer la **distance Terre-Soleil** à partir d'un Transit de Venus ou de Mercure observé au même moment depuis 2 endroits de la Terre ?

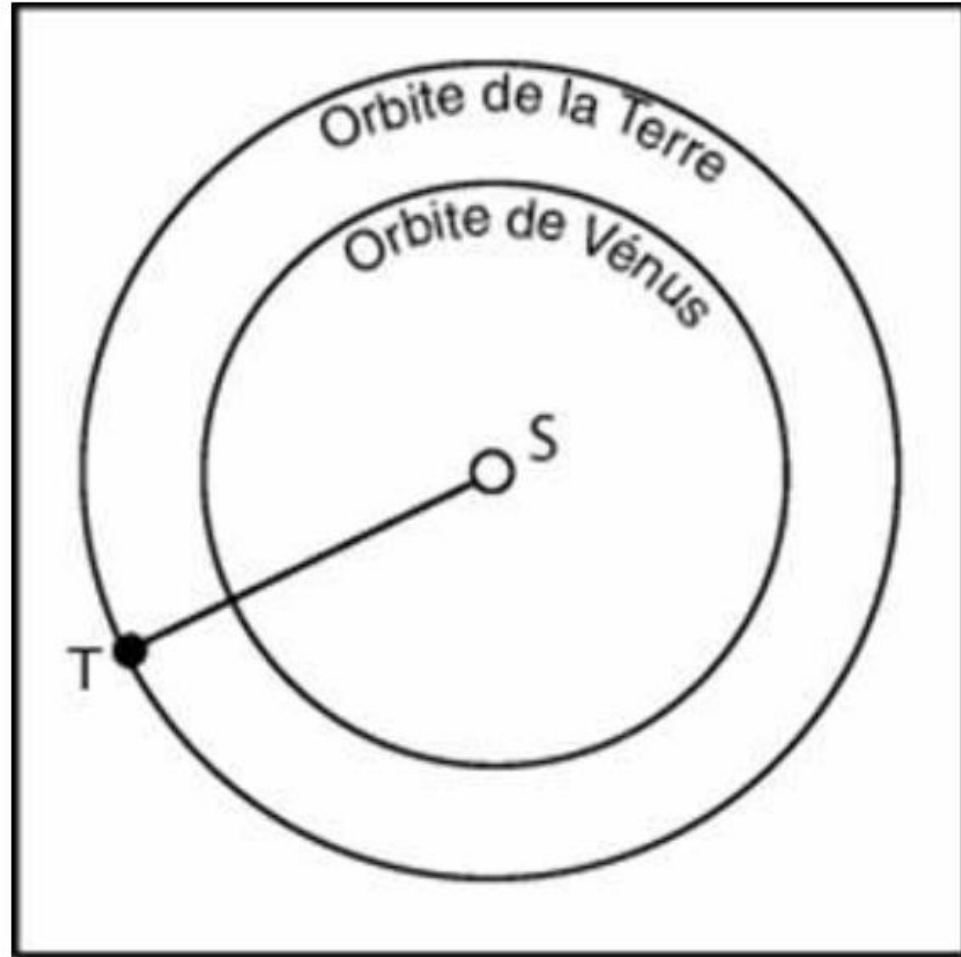
Cas d'application: le Transit de Vénus du 8 Juin 2004, observé depuis La Réunion et Dijon



Le 29 mars 2004, l'angle entre la direction du Soleil et celle de Vénus était maximal et mesurait 46° .

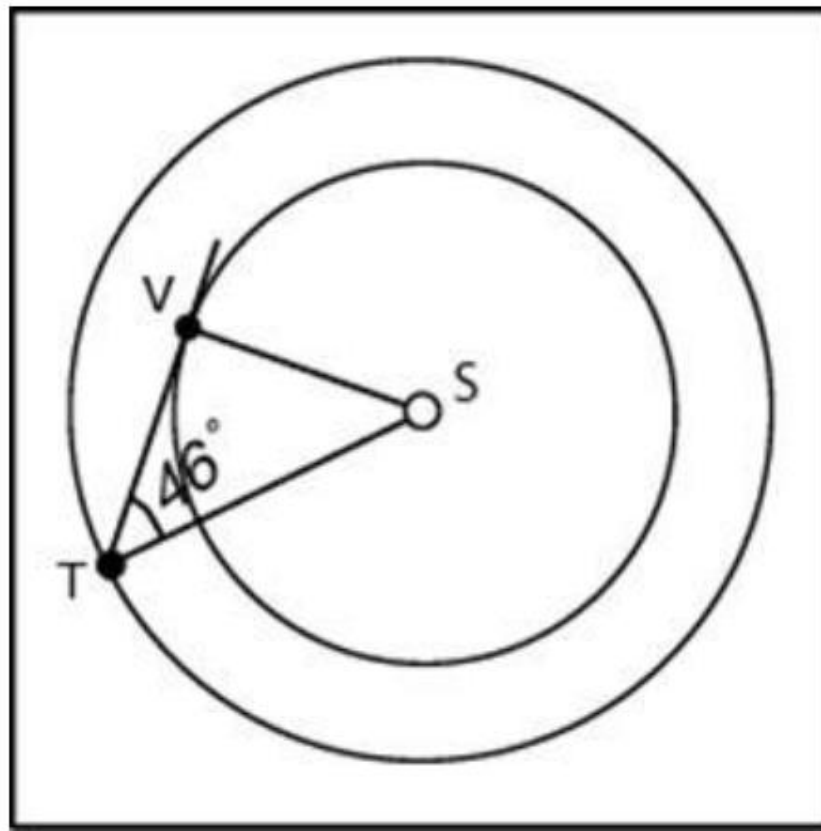


Le 29 mars 2004, l'angle entre la direction du Soleil et celle de Vénus était maximal et mesurait 46°.



considère que les orbites de la Terre et de Vénus sont des cercles centrés sur le Soleil.

- a. Sur ce schéma, placer Vénus sur son orbite pour que l'angle STV soit maximal.
- b. On sait que cet angle vaut alors 46°. En déduire SV/ST .



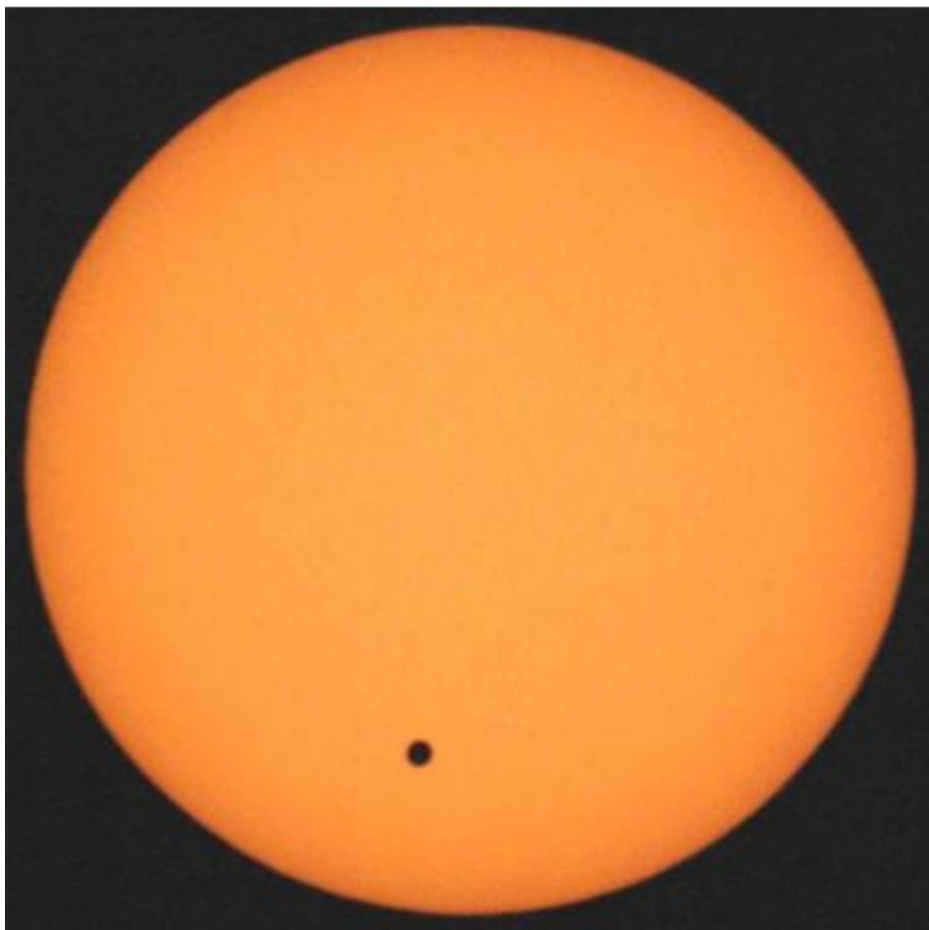
a. (TV) est tangente à l'orbite de Vénus.

b. Le triangle STV est rectangle en V.

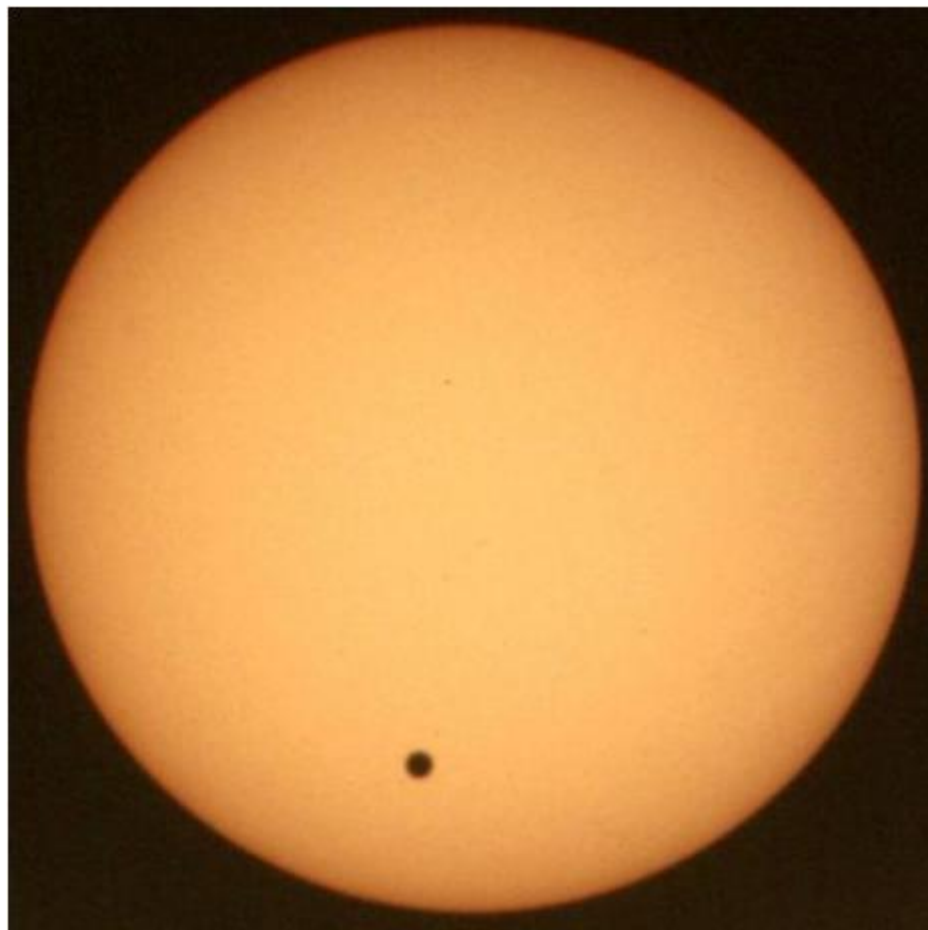
$$SV/ST = \sin 46^\circ \cong 0,72$$

Il faut signaler que, les orbites des planètes étant elliptiques, l'élongation maximale de Vénus varie entre 45° et $47,75^\circ$.

*Photo André Peyron. Le Soleil et Vénus photographiés depuis St Louis
(île de la Réunion) le 8 juin 2004 à 8 h 30 Temps Universel
(Latitude 21°17' Sud ; Longitude 55° 25' Est).*



*Photo Pierre Causeret. Vénus photographiée depuis Dijon , le 8 juin
2004 à 8 h 30 Temps Universel
(Latitude 47°19' Nord ; Longitude 5° 2' Est).*





Transit de Vénus du 29 Mars 2004

Diamètre angulaire du Soleil = 0.53°

Ecart angulaire entre les 2 centres de Vénus:

$\beta \sim 0.53^\circ / 79 \text{ mm} \times 1 \text{ à } 1.5 \text{ mm} \sim 0.0067^\circ \text{ à}$

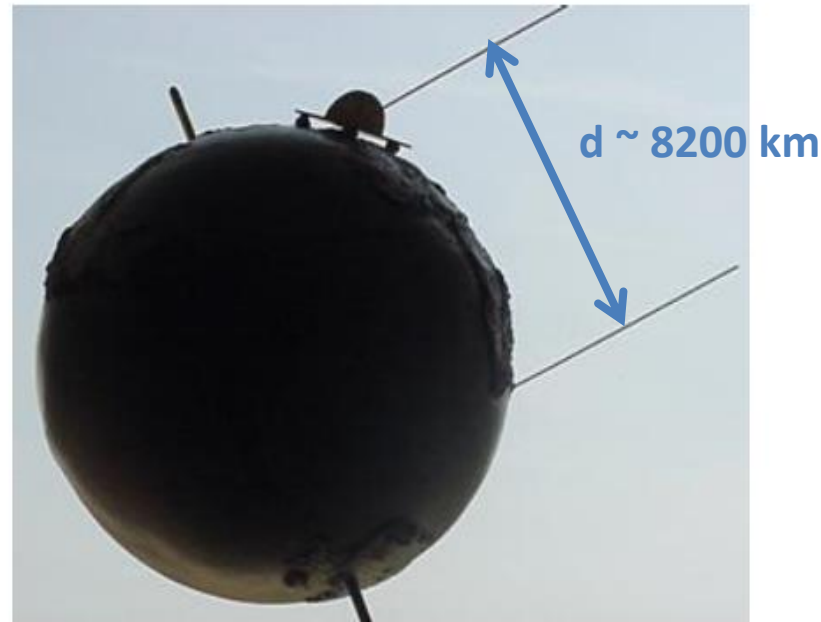
$0.01^\circ = 0.000116 \text{ à } 0.000174 \text{ rad}$

$= 0.000145 \text{ rad} \pm 0.00003 \text{ rad}$

$= 145 \pm 30 \text{ microrad}$



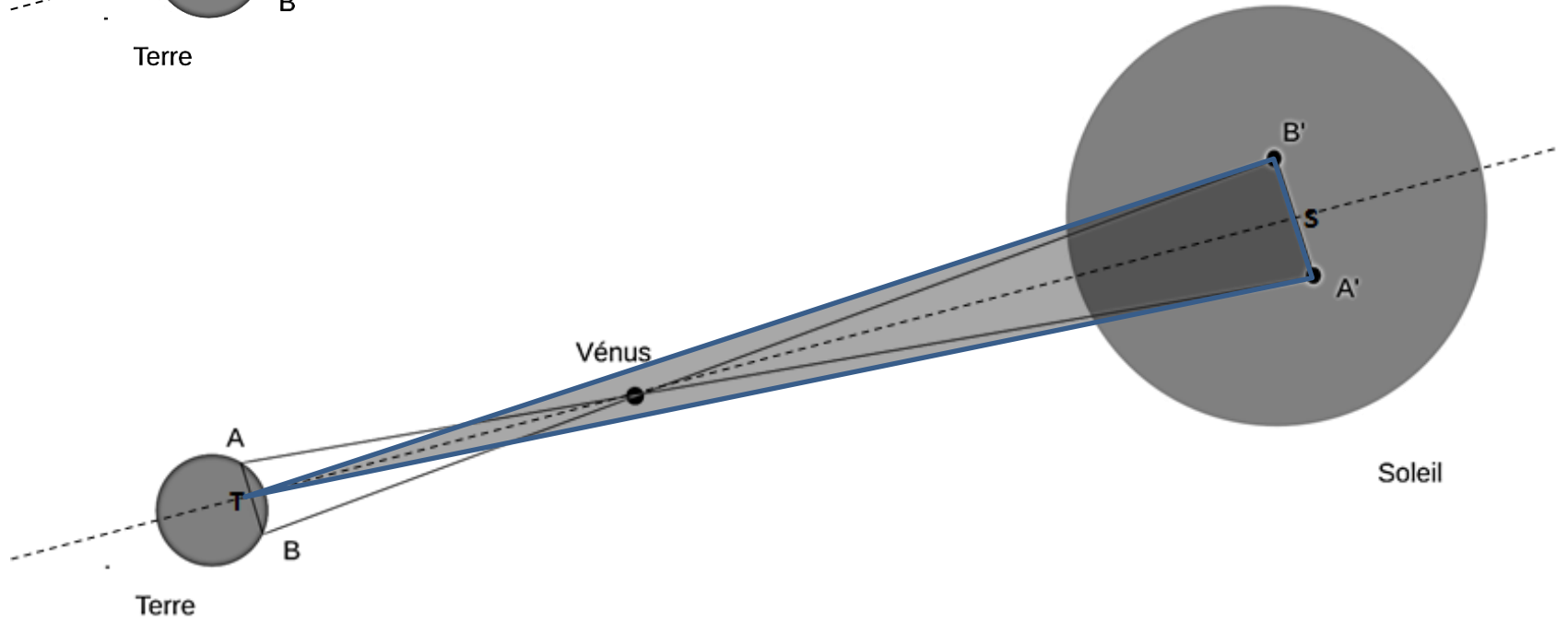
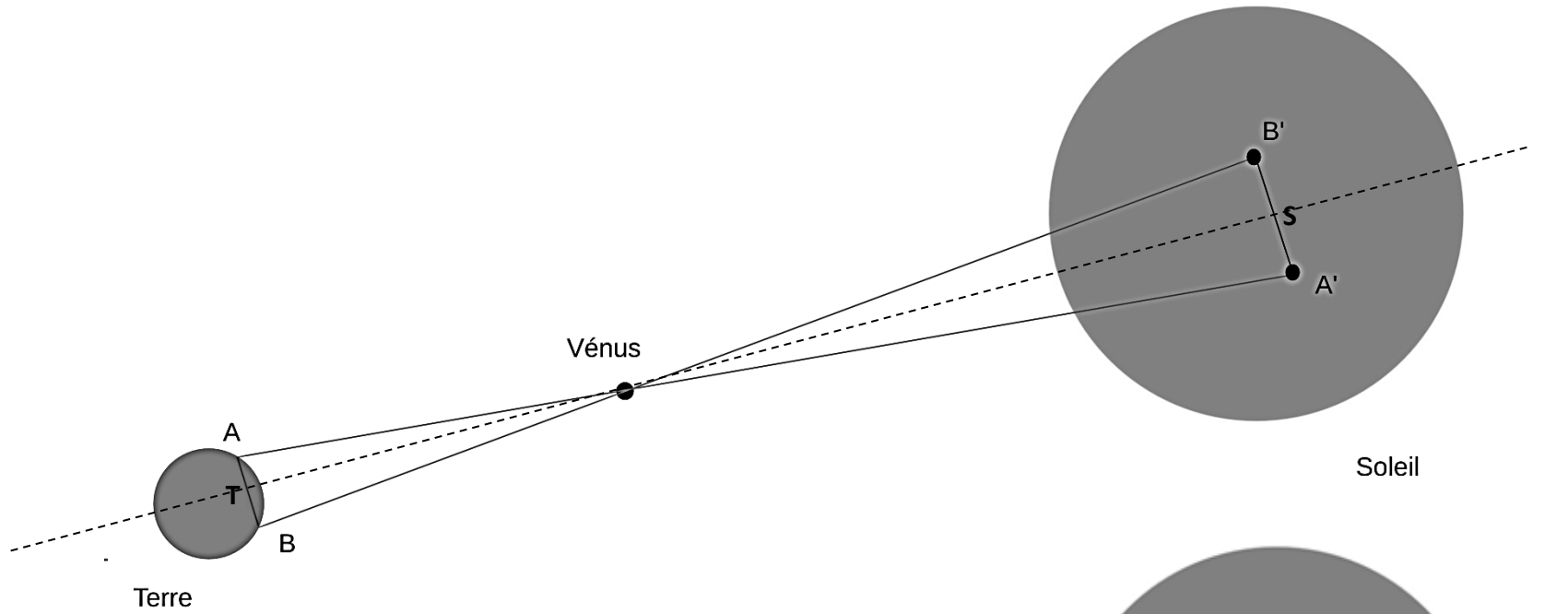
b. Ayant mesuré l'azimut et la hauteur du Soleil à 8h30 TU à Dijon, on a pu matérialiser sur un globe terrestre la direction du Soleil observé depuis La Réunion et depuis Dijon.



(Pour faire cette photo, le photographe s'est placé de telle manière que la ligne de visée soit perpendiculaire au plan contenant les deux bâtonnets)

b. Diamètre de la Terre sur la photo : 39 mm pour 12 740 km.
Ecart mesuré entre les deux bâtons sur la photo : 25 mm, ce qui correspond à 8 200 km environ.

Transit de Vénus du 29 Mars 2004



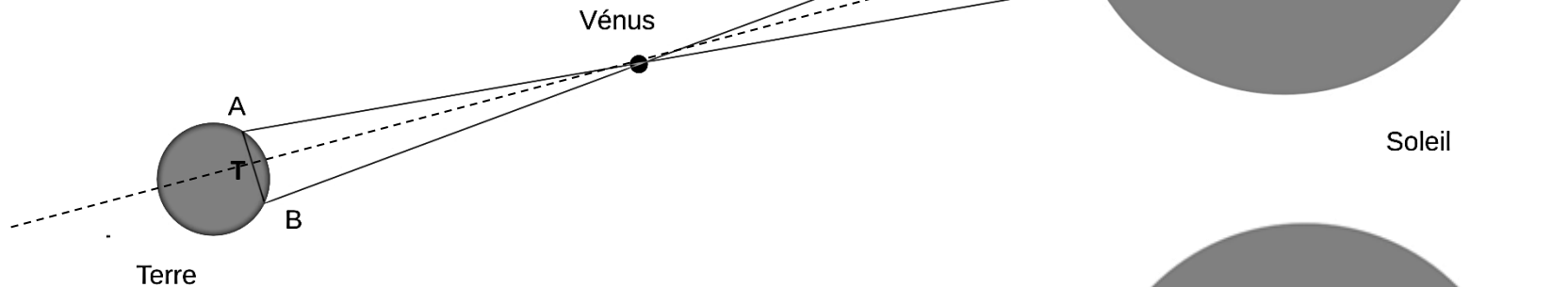
Transit de Vénus du 29 Mars 2004

$(AB) \parallel (A'B')$ car ces deux droites sont orth. à (ST)

On applique Thalès:

$$VS/VT = A'B'/AB \text{ or } VS/VT = SV/(ST-SV) = (SV/ST)/(1-(SV/ST))$$
$$= 0.72/0.28 = 2.57$$

Or $AB = 8200 \text{ km}$ donc $A'B' = 2.57 \times 8200 \text{ km} = 21085 \text{ km}$

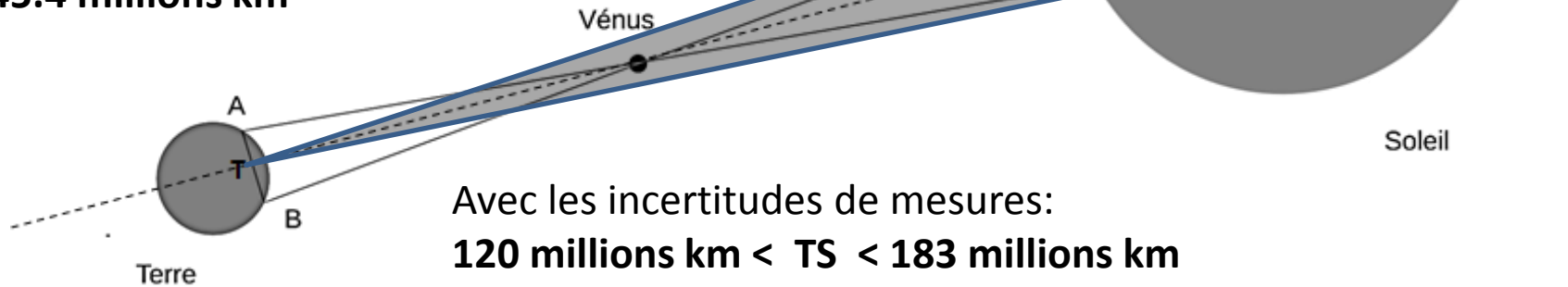


On applique l'approximation des petits angles dans le triangle $TA'B'$:

$$A'B'/TS \sim 145 \cdot 10^{-6} \pm 30 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$$

$$\text{Et donc } TS \sim 21085 \text{ km} / 0.000145$$

\sim **145.4 millions km**



Avec les incertitudes de mesures:

$$\mathbf{120 \text{ millions km} < TS < 183 \text{ millions km}}$$

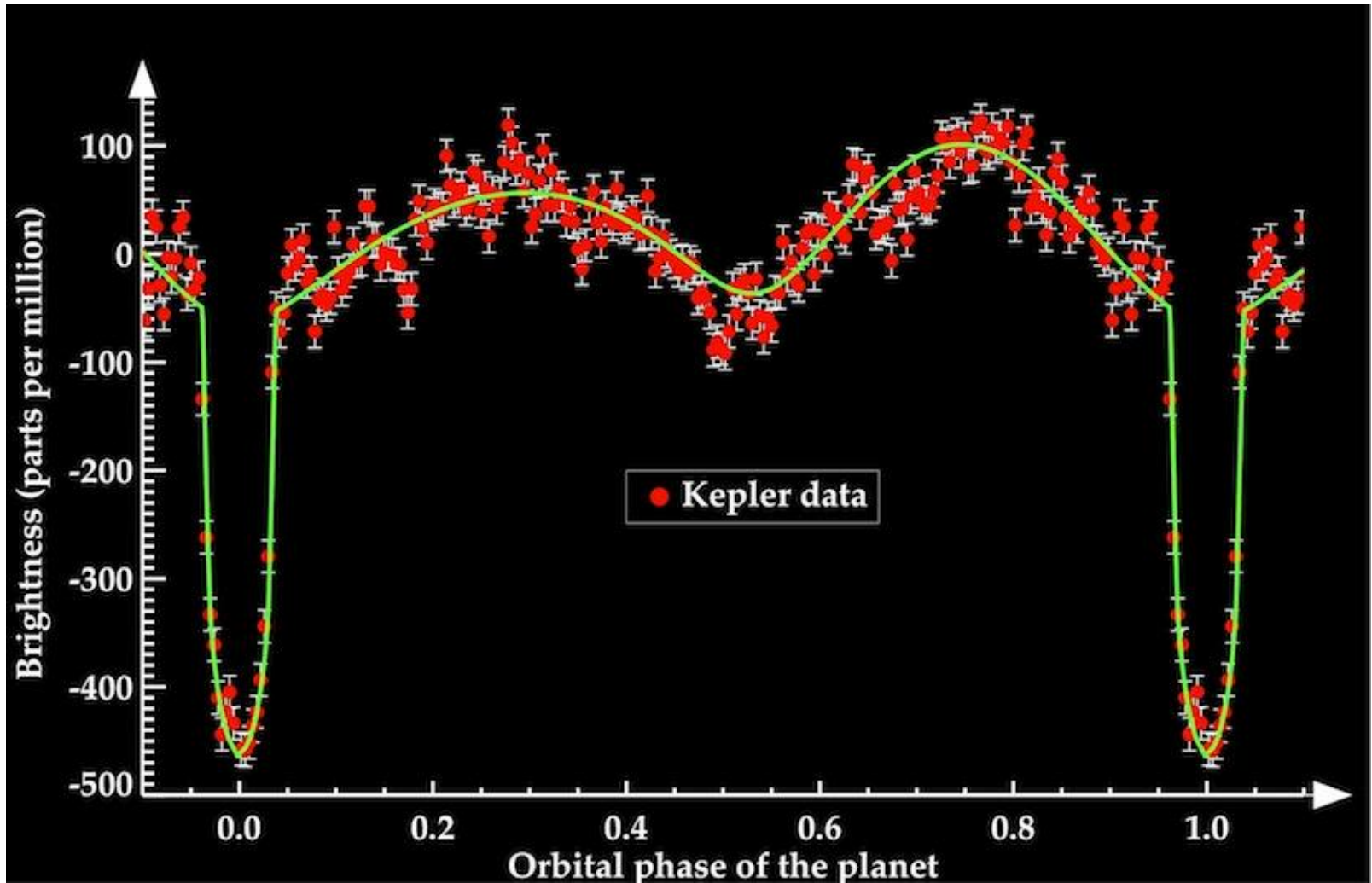
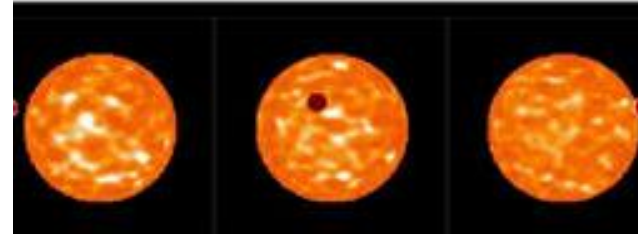
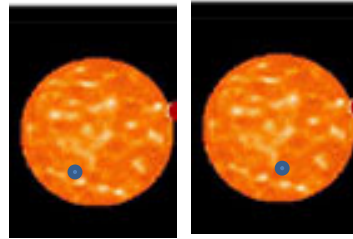
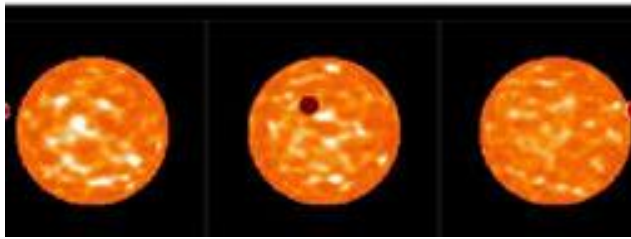
COMPLEMENT

LE TRANSIT DES PLANETES

EXTRASOLAIRES:

A LA RECHERCHES DE MONDES

LOINTAINS POUVANT ABRITER LA VIE ...

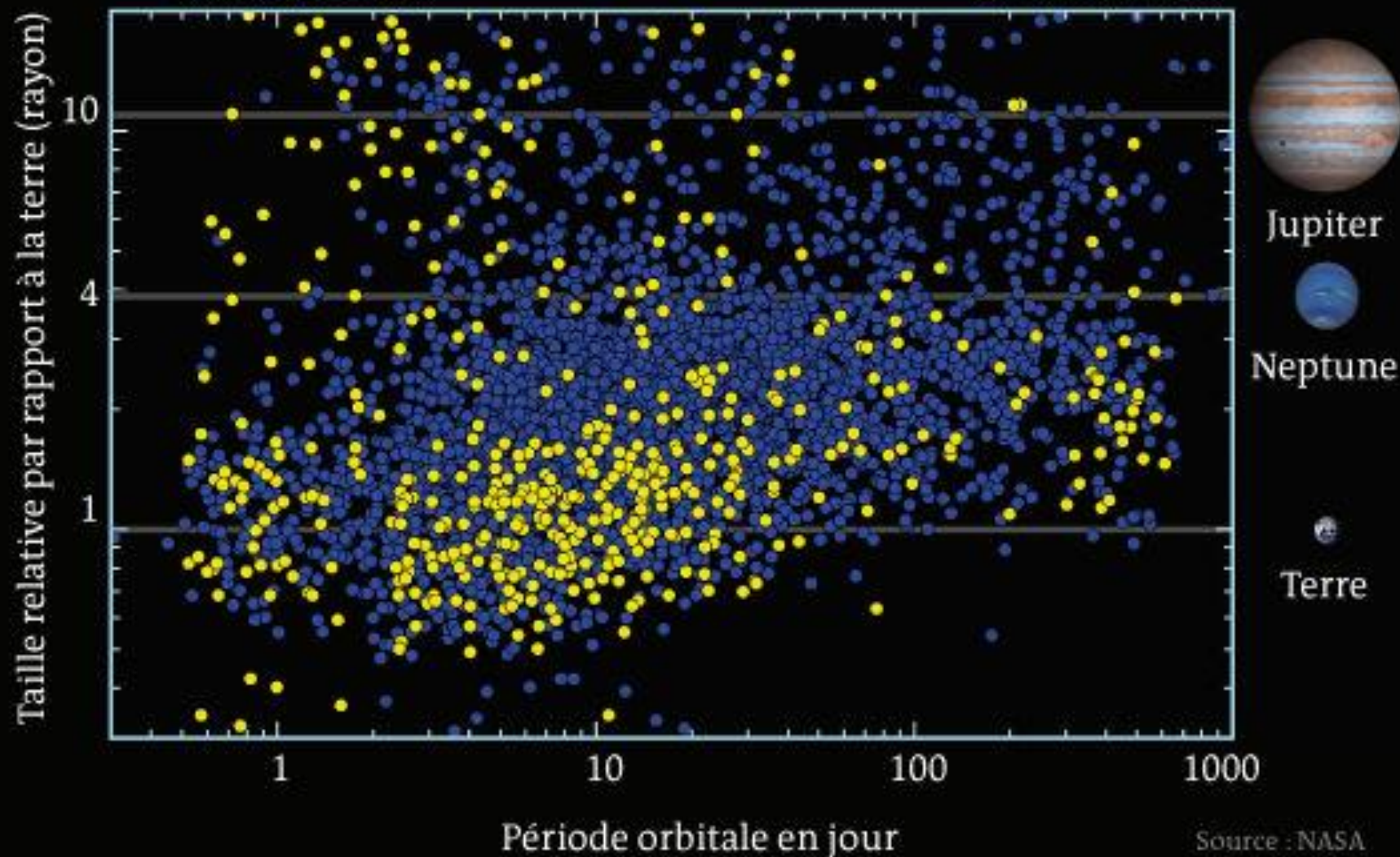


Nouvelles planètes candidates de Kepler

Total : 4 696

● Janvier 2015

● Juillet 2015



Source : NASA

FICHES ELEVES

CALCUL DU RAYON DE LA TERRE

CALCUL DE LA DISTANCE TERRE LUNE

Eclipse annulaire de Soleil du 3 Octobre 2005

Fiche élève N°1

Alger

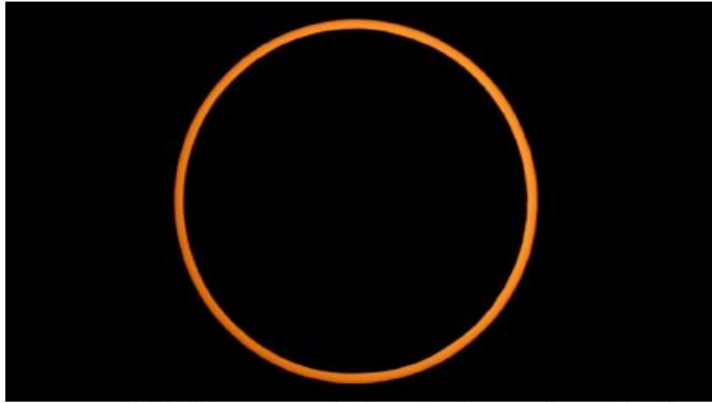


Photo Aurore Lasalle / SAB)

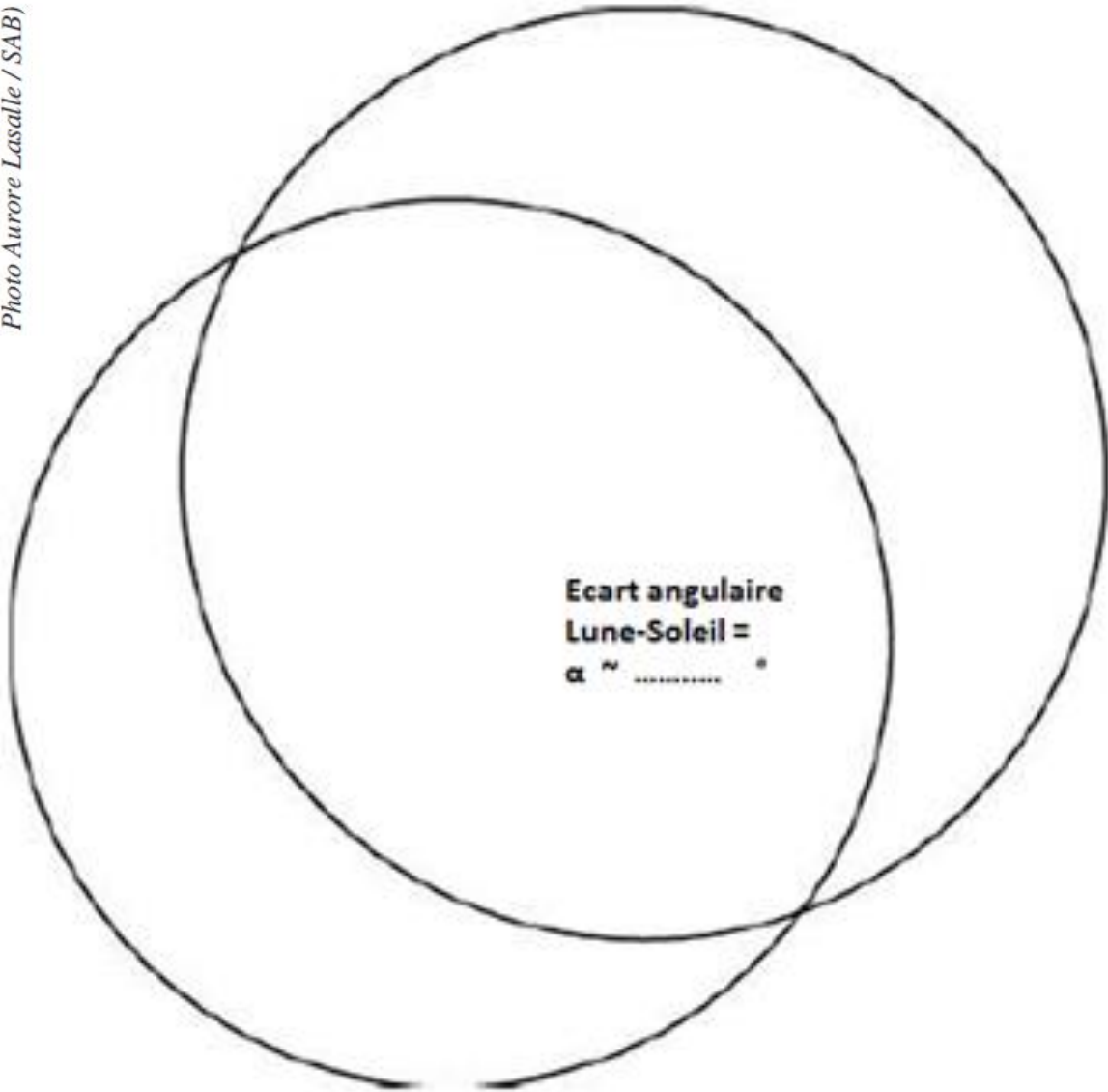
L'éclipse annulaire du 3 octobre 2005

Caen



Photo René Cavaroz

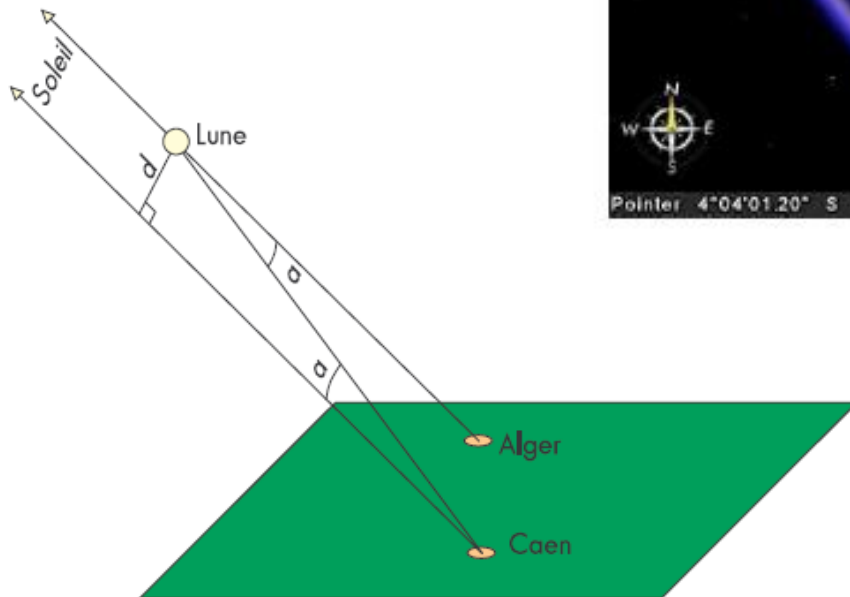
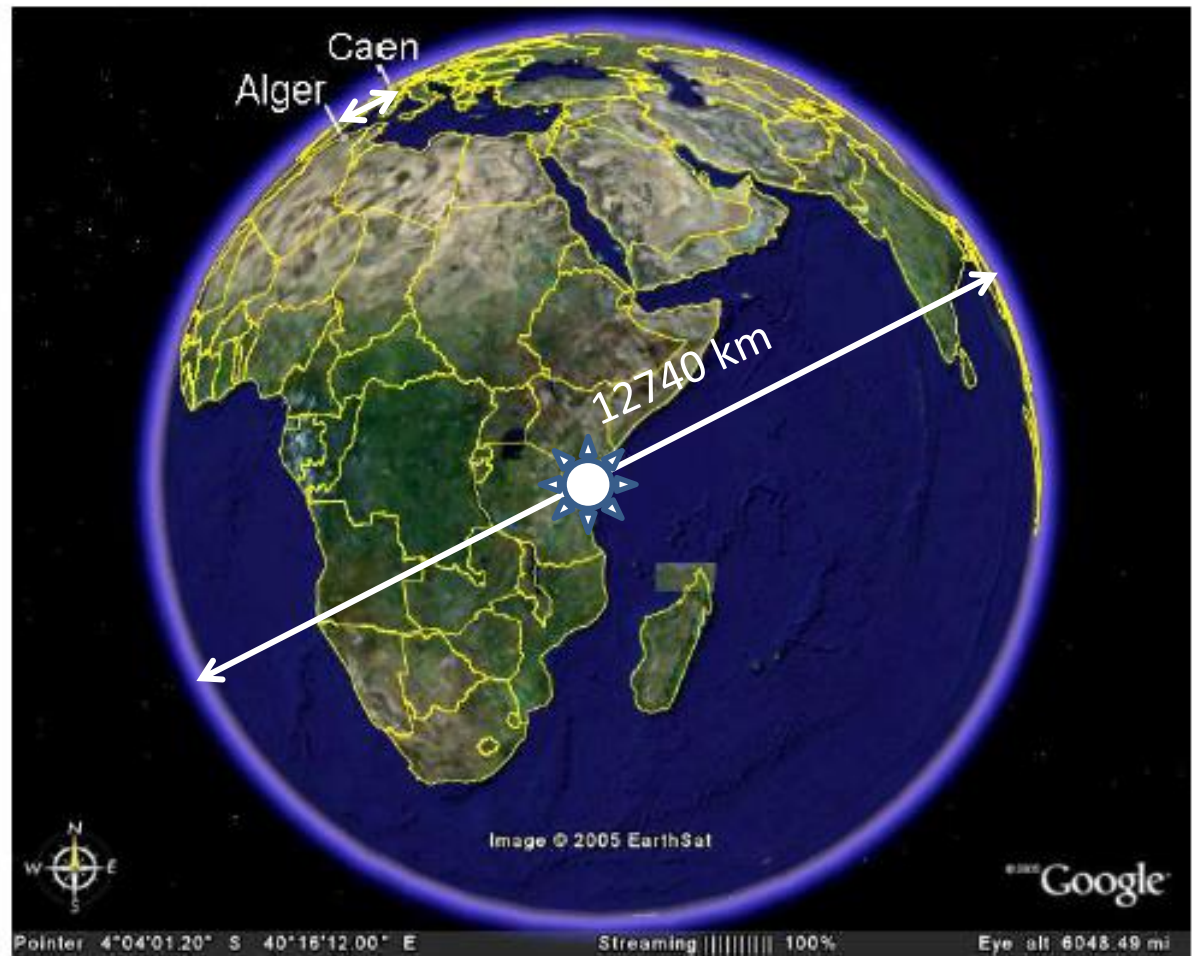
Diamètre angulaire du soleil: $S \sim 0.53^\circ$



A 11h08 (9h08 TU), l'éclipse était partielle à St Contes à côté de Caen ($49,21^\circ$ N et $0,40^\circ$ O).

Calcul de la distance d
entre les
2 lignes de visées Caen-
Soleil et Alger-Soleil

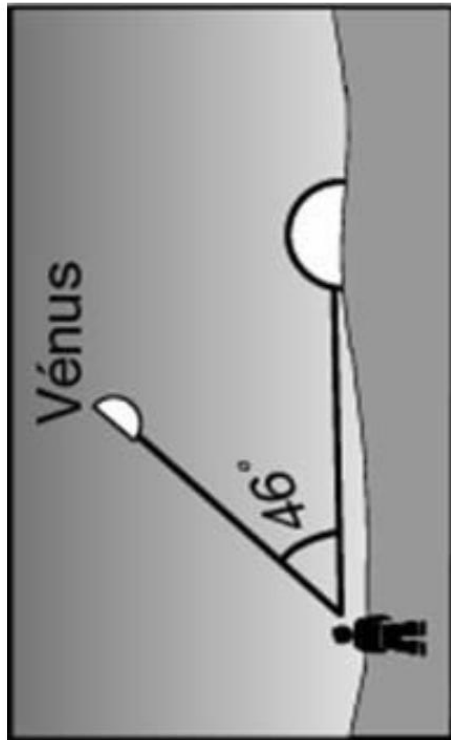
$$d \approx \dots\dots\dots 1010 \text{ km}$$



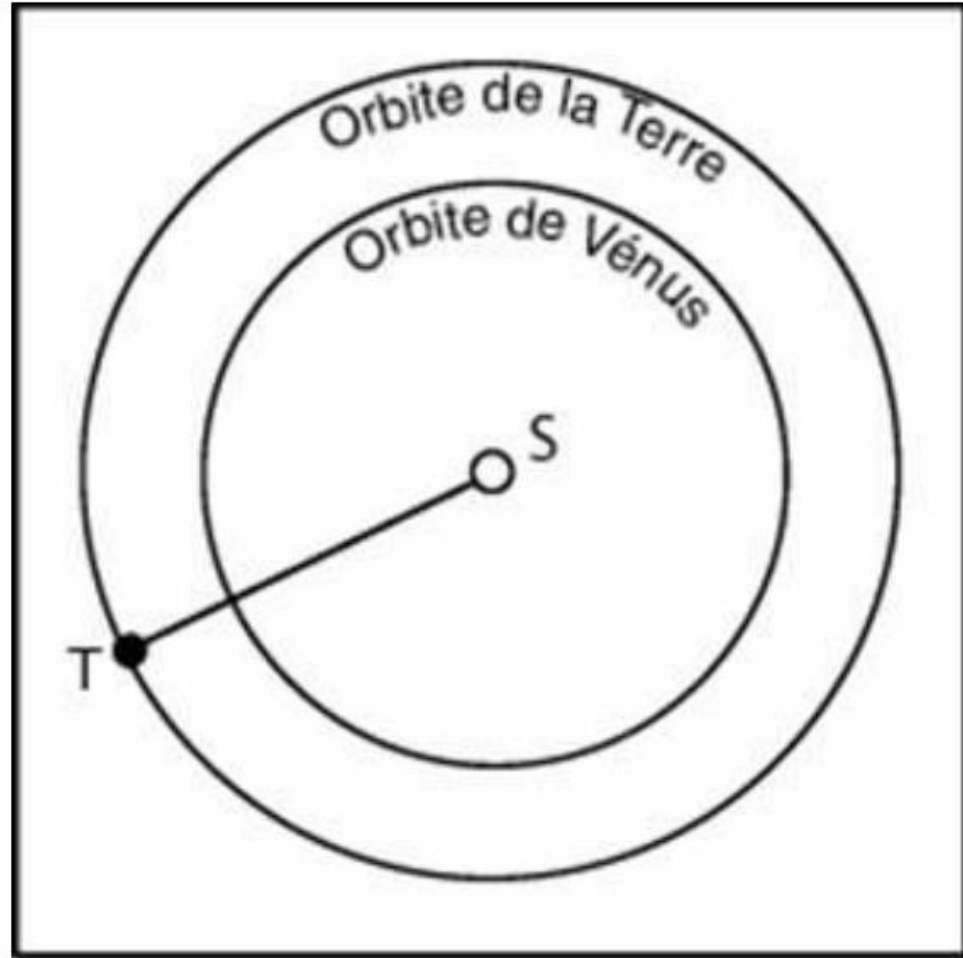
En déduire la distance Terre (Alger)
– Lune:

$$D_{TL} \sim \dots\dots\dots \text{ Km}$$

CALCUL DE LA DISTANCE TERRE SOLEIL



Le 29 mars 2004, l'angle entre la direction du Soleil et celle de Vénus était maximal et mesurait 46° .



considère que les orbites de la Terre et de Vénus sont des cercles centrés sur le Soleil.

- a. Sur ce schéma, placer Vénus sur son orbite pour que l'angle STV soit maximal.
- b. On sait que cet angle vaut alors 46° . En déduire SV/ST .



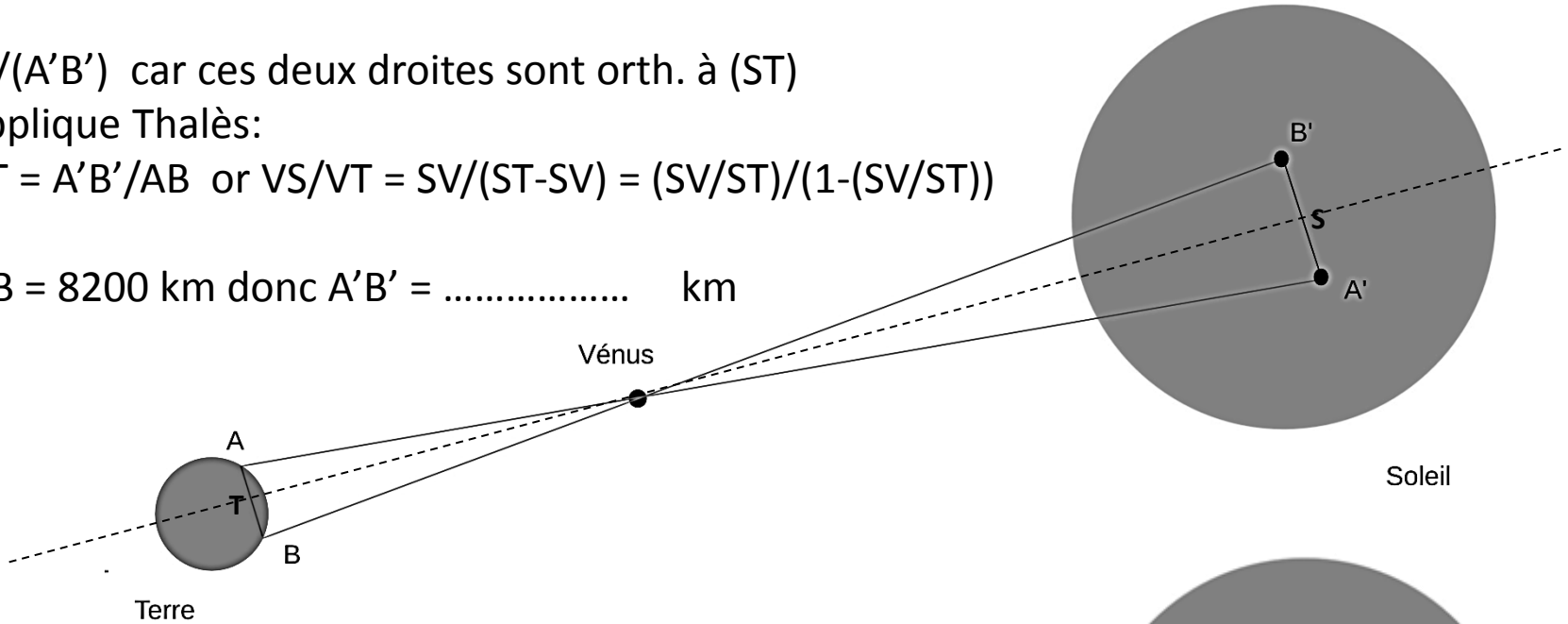
Transit de Vénus du 29 Mars 2004

$(AB) \parallel (A'B')$ car ces deux droites sont orth. à (ST)

On applique Thalès:

$$VS/VT = A'B'/AB \text{ or } VS/VT = SV/(ST-SV) = (SV/ST)/(1-(SV/ST))$$

=
Or $AB = 8200 \text{ km}$ donc $A'B' = \dots\dots\dots \text{ km}$



On applique l'approximation des petits angles dans le triangle $TA'B'$:

$$A'B'/TS \sim \dots\dots\dots \text{ rad}$$

Et donc $TS \sim \dots\dots\dots \text{ millions km}$

