

Histoire d'AU: Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil

Alain Jorissen

Institut d'Astronomie

ULB



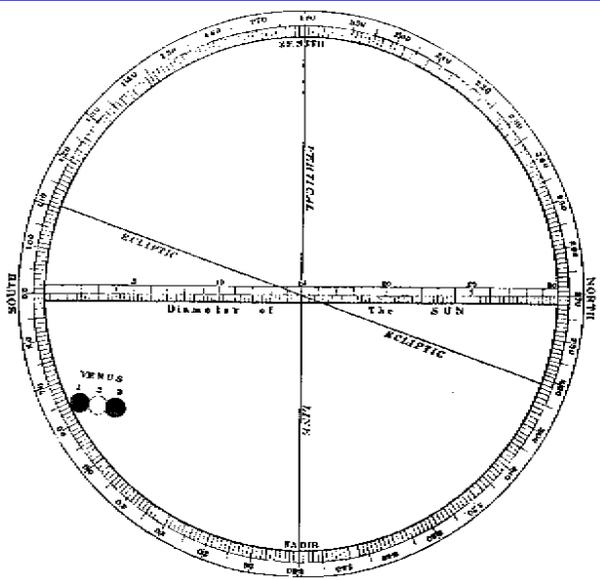
Jeremiah Horrocks observant le transit de Vénus du 4 décembre 1639
Peinture de Eyre Crowe - *Walker Art Gallery*, Liverpool

Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient:
l'Humanité n'a observé que 5 transits de Vénus
jusqu'à ce jour:

1639

observé par 2 astronomes seulement: Crabtree et Horrocks (GB)



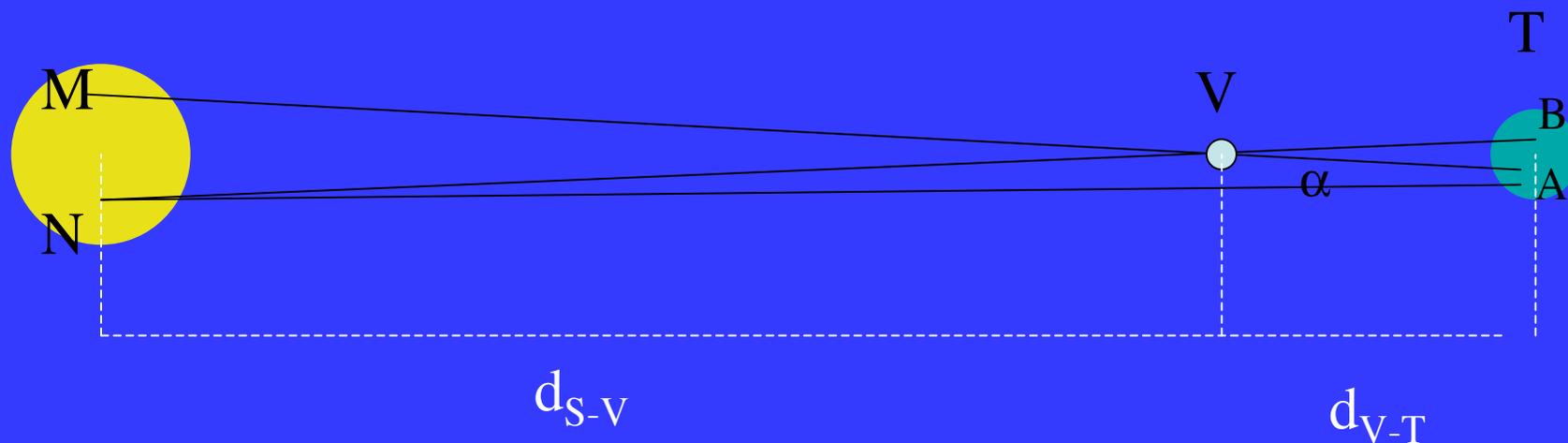
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient:
l'Humanité n'a observé que 5 transits de Vénus
jusqu'à ce jour:

1761

Première campagne internationale d'observations coordonnées,
sous l'impulsion de **Halley (1716)**

Mesure de la distance Terre-Soleil



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

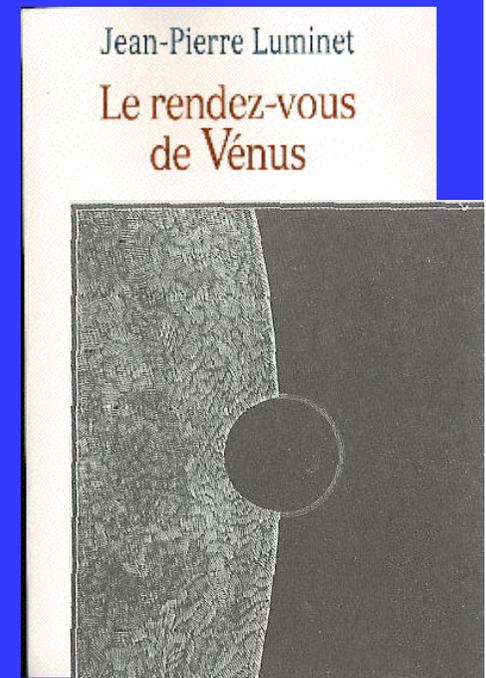
**Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient:
l'Humanité n'a observé que 5 transits de Vénus
jusqu'à ce jour:**

1761

Première campagne internationale d'observations coordonnées,
sous l'impulsion de **Halley (1716)**

Le Gentil:	Océan Indien
Pingré:	Océan Indien
Abbé Chappe d'Auteroche:	Sibérie
Cassini:	Vienne
Lomonosov:	Arkangelsk

découverte de l'atmosphère de Vénus



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient:

**l'Humanité n'a observé que 5 transits de Vénus
jusqu'à ce jour:**

1769

Nouvelle campagne internationale d'observations coordonnées

Le Gentil:

Océan Indien

Pingré:

Caraïbes

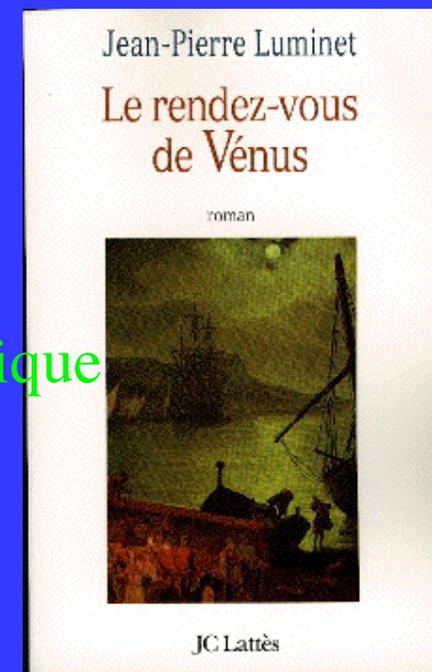
Abbé Chappe d'Auteroche:

Mexique

Capitaine Cook:

Océans Indien et Pacifique

« découverte » des Iles Hawaii

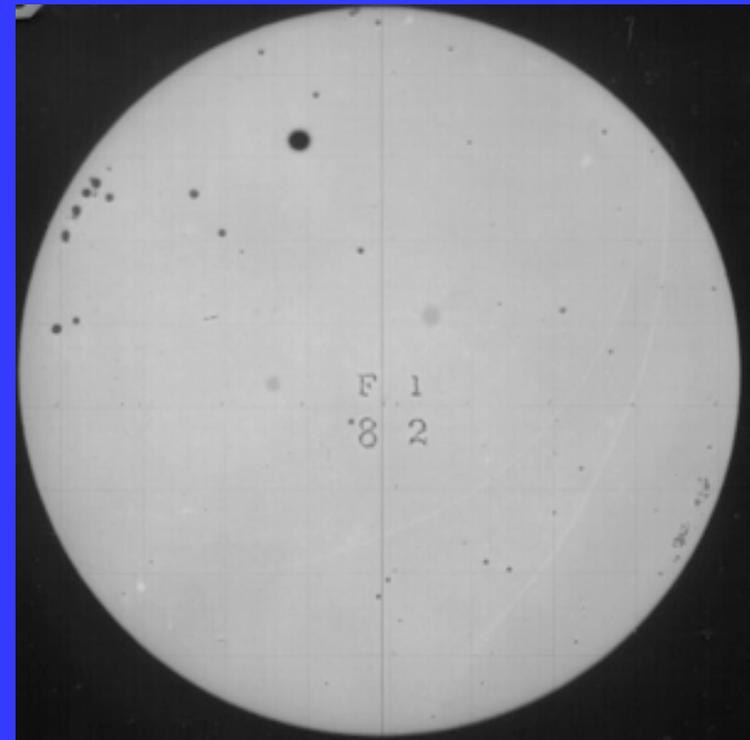


Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient:
l'Humanité n'a observé que 5 transits de Vénus
jusqu'à ce jour:

1874, 1882

Premières observations photographiques!



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

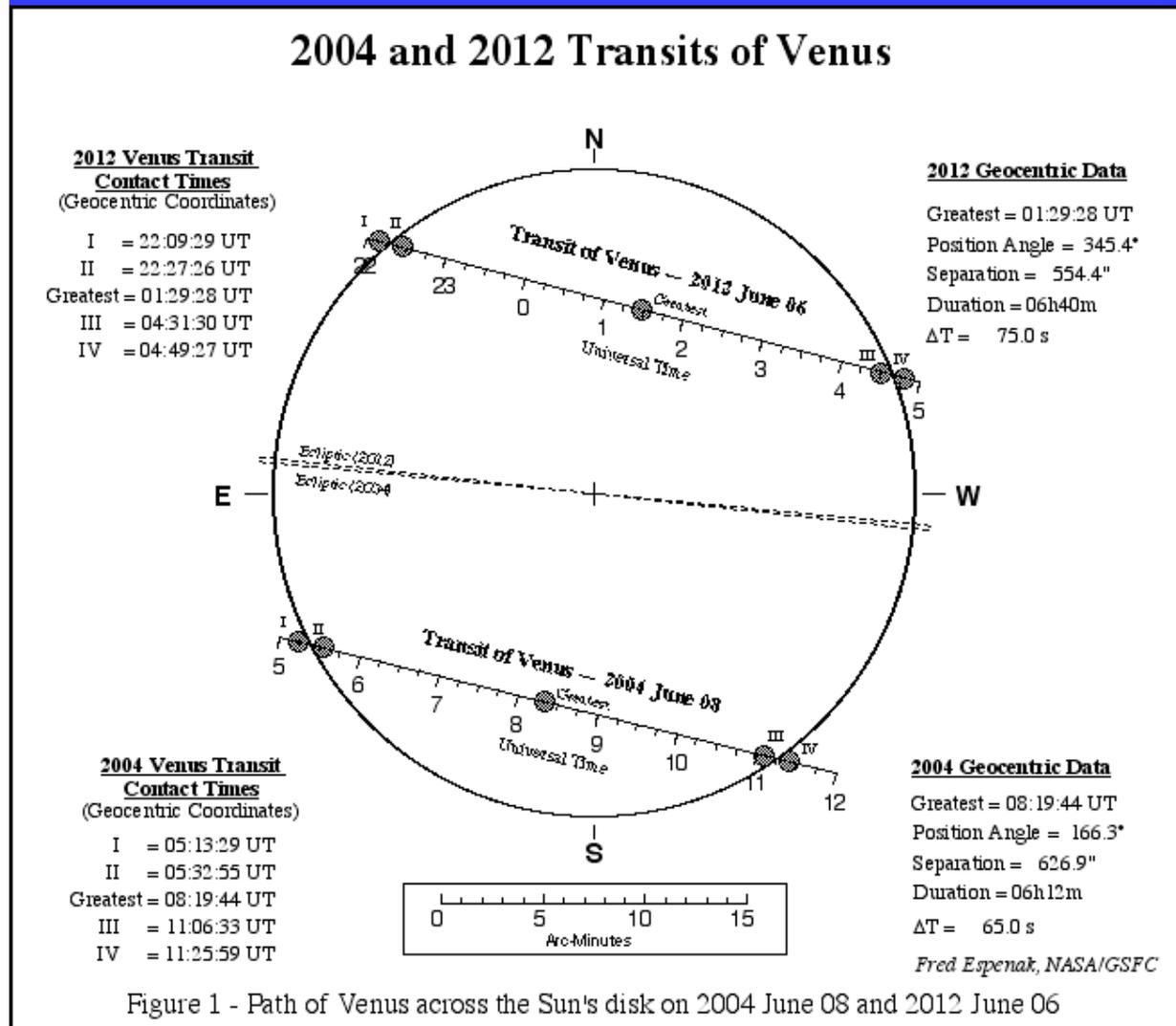
Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient:
Les 2 prochains auront lieu le...

8 juin 2004,
6 juin 2012

Campagne
internationale
coordonnée:

[http://www.eso.org/
outreach/eduoff/
vt-2004/index.html](http://www.eso.org/outreach/eduoff/vt-2004/index.html)

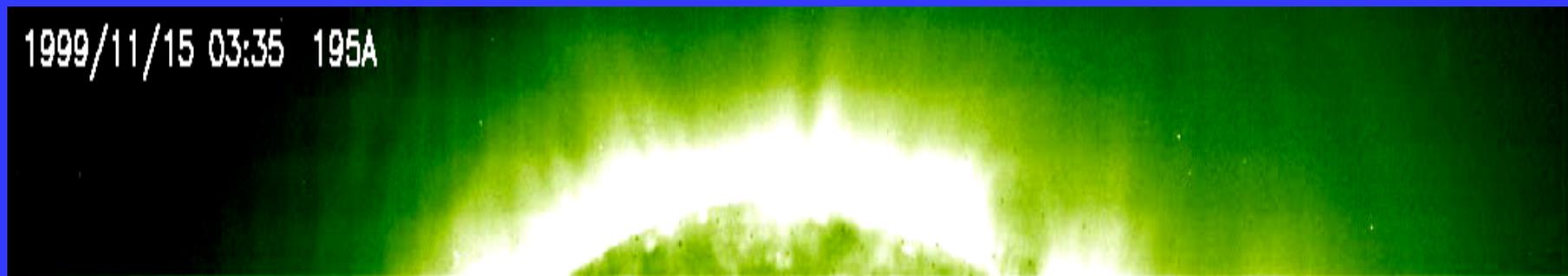
Premières
observations
vidéos



Transit de Mercure du 7 mai 2003 ...

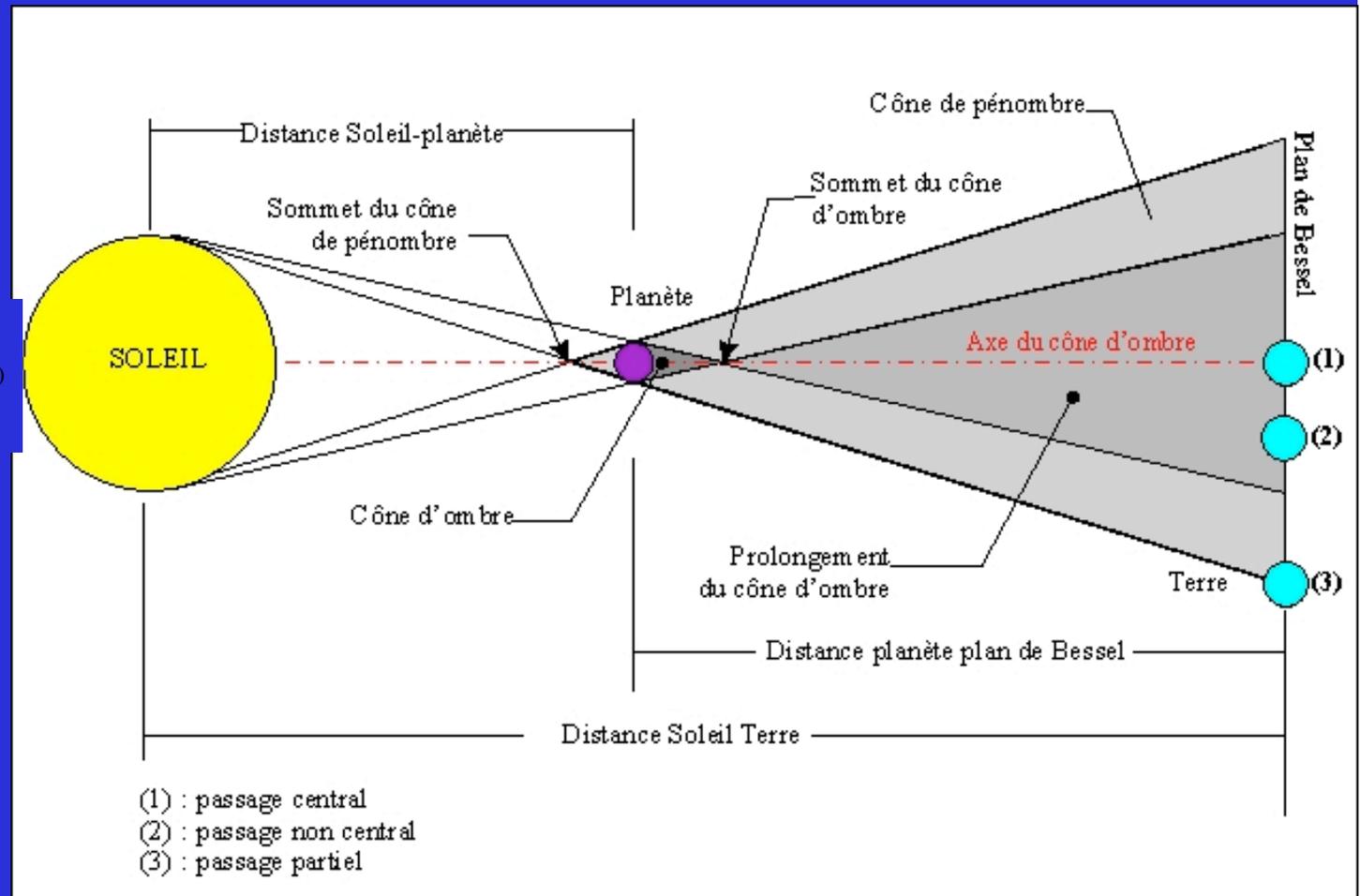
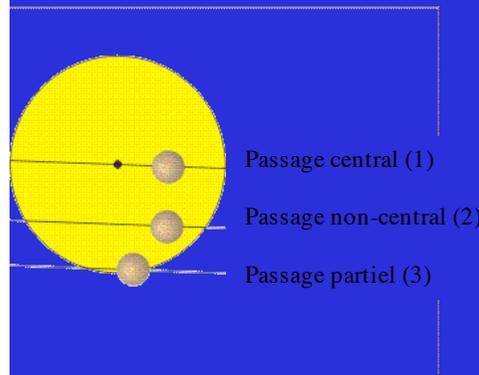


Transit rasant de Mercure du 15 novembre 1999... ... observé par SOHO



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Rareté intrinsèque au phénomène,
assimilable à une «éclipse» de Soleil par Vénus

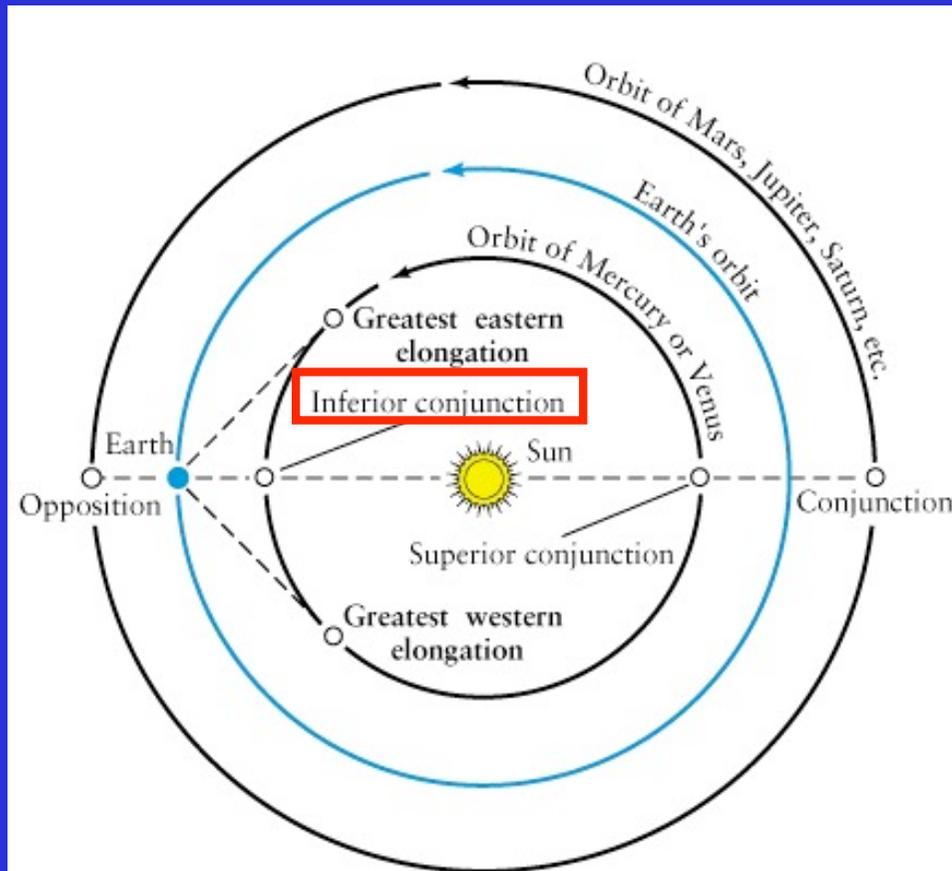


Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Rareté intrinsèque au phénomène:

condition à satisfaire:

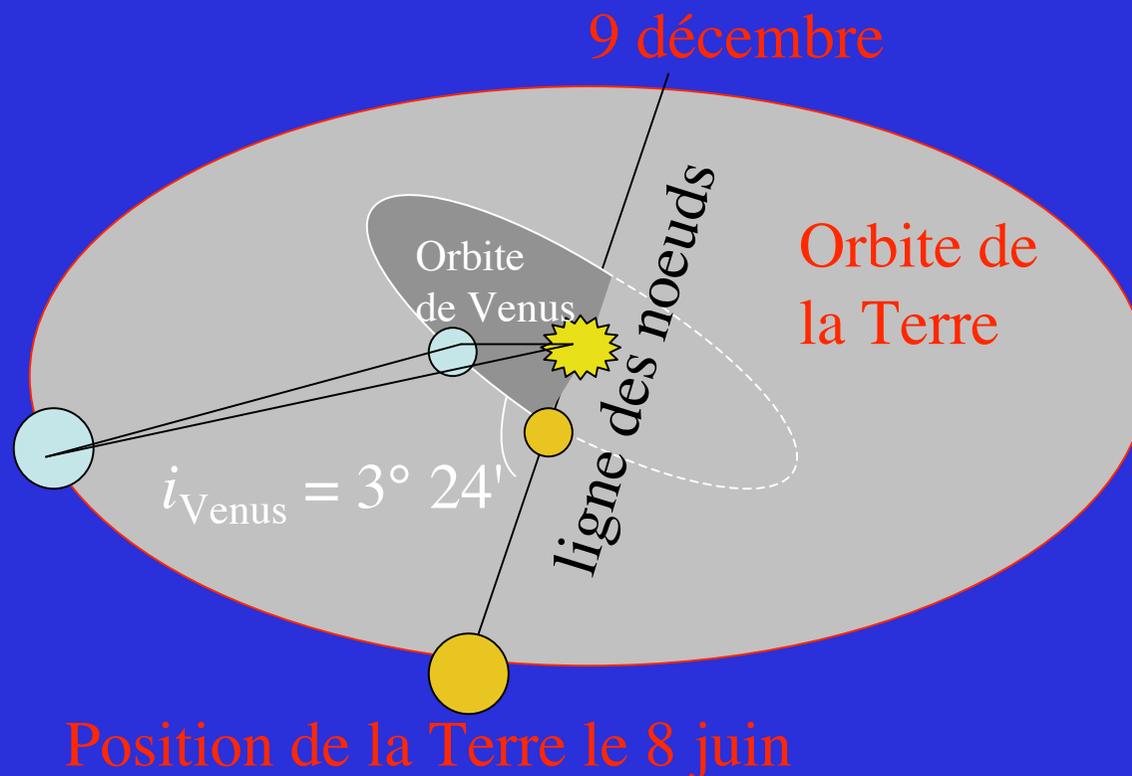
conjonction inférieure lors du passage au nœud de l'orbite



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

Condition à satisfaire:

conjonction inférieure lors du passage au nœud de l'orbite



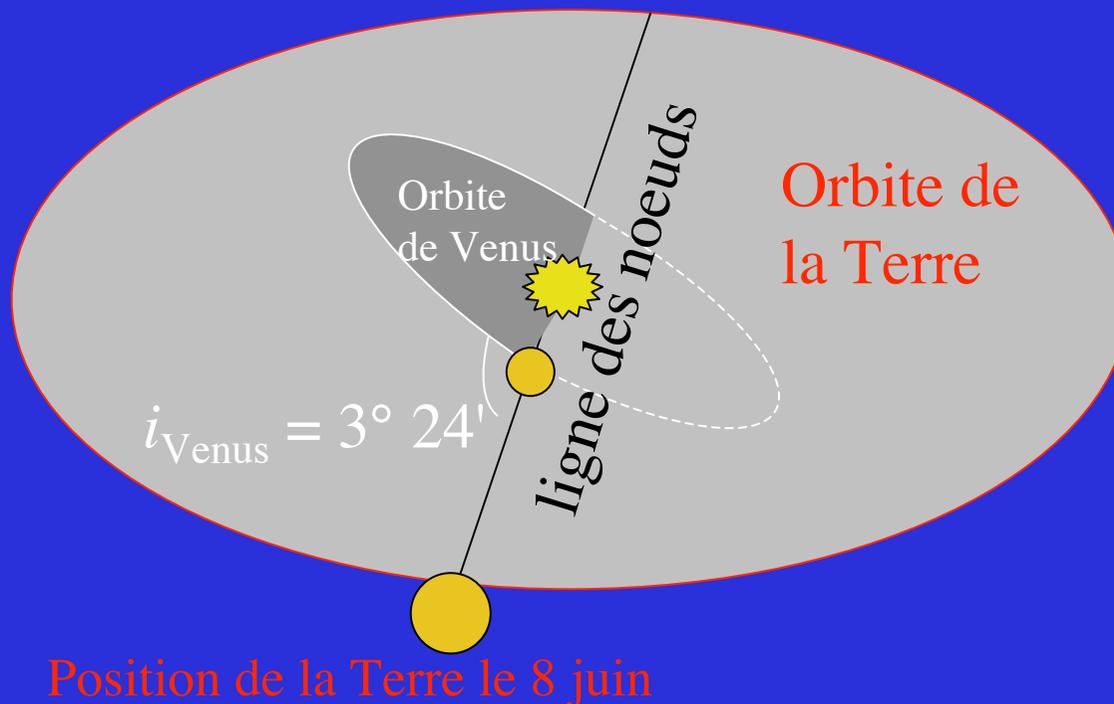
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil...

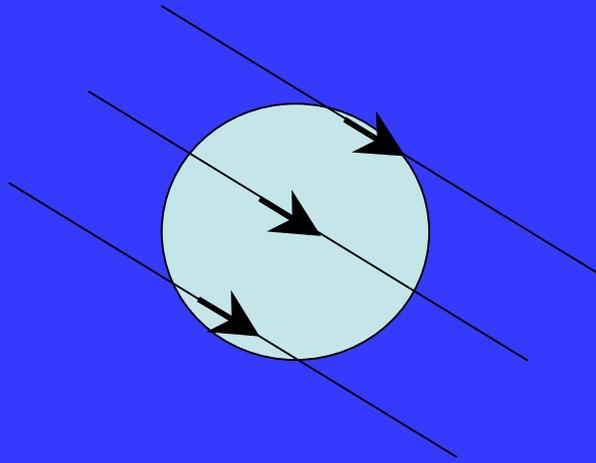
Condition à satisfaire: conjonction inférieure lors du passage au nœud

Périodicité: PPCM de la période orbitale de Vénus $P = 224.701 \text{ j}$
période draconitique de Vénus 224.6989 j
et de la période orbitale de la Terre $T = 365.256 \text{ j}$
rapportée au nœud de Vénus 365.251 j

Solutions: 13 $P = 8 \text{ ans} - 0.9 \text{ j}$
395 $P = 243 \text{ ans} - 0.07 \text{ j}$
9 décembre

☉* Ces valeurs tiennent compte du léger déplacement de la ligne des nœuds.
[Danjon A., Astronomie Générale, Ed. A. Blanchard 1980]

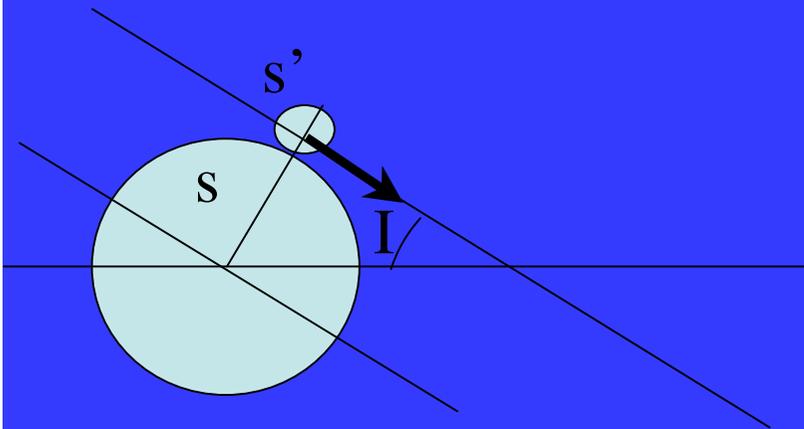




Etant donné le diamètre non nul du disque solaire, on peut tolérer
des **écarts** à la périodicité parfaite
(= **transits non centraux**)

Solutions: 13 P = 8 ans - 0.9 j
395 P = 243 ans - 0.07 j

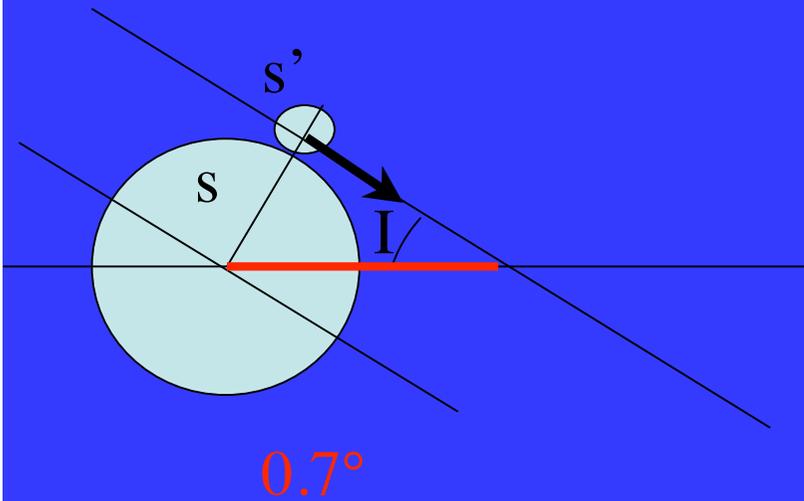
OK?



s = rayon apparent solaire = $960''$
 s' = rayon apparent de Vénus = $30''$
 I = inclinaison de la trajectoire
 géocentrique par rapport
 au plan de l'écliptique = 9°
 \neq inclinaison orbitale
 (effet de perspective)

Etant donné le diamètre non nul du disque solaire, on peut tolérer
 des **écarts** à la périodicité parfaite
 (= **transits non centraux**)

Solutions: 13 P = 8 ans - 0.9 j OK?
 395 P = 243 ans - 0.07 j



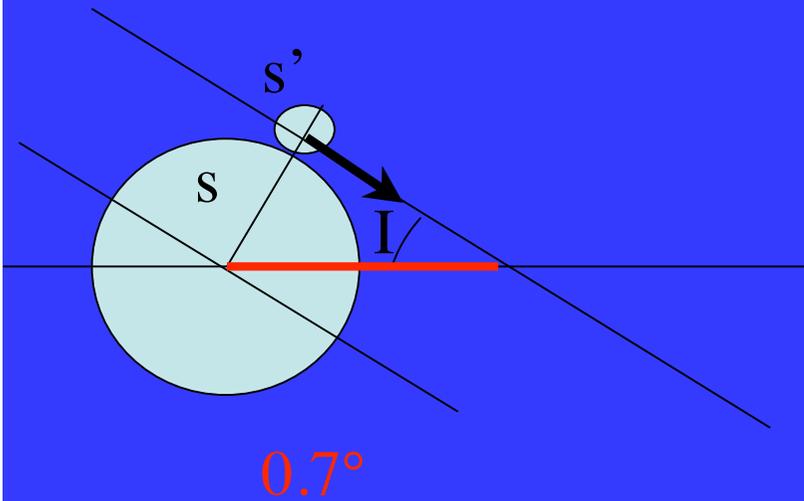
s = rayon apparent solaire = $960''$
 s' = rayon apparent de Vénus = $30''$
 I = inclinaison de la trajectoire
 géocentrique par rapport
 au plan de l'écliptique = 9°
 \neq inclinaison orbitale
 (effet de perspective)

$$X = 365.25 / 360^\circ = 0.71j$$

→ Les transits doivent avoir lieu à moins de $\pm 0.7 j$ du passage au noeud

6 au 8 juin! ☼* écart entre année orbitale et année grégorienne (calendrier),
 et recul séculaire de la ligne des noeuds

Solutions: 13 P = 8 ans - 0.9 j OK?
 395 P = 243 ans - 0.07 j

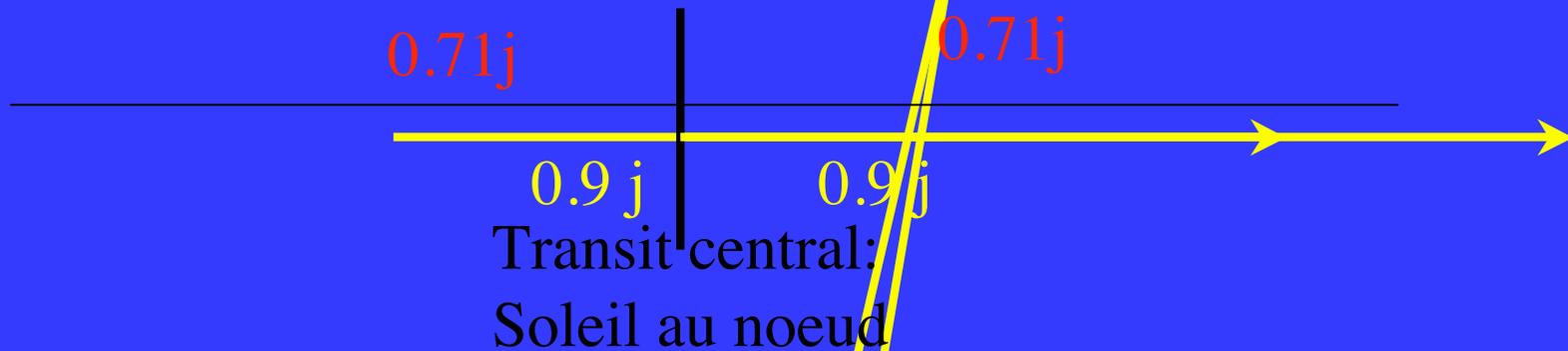


s = rayon apparent solaire = $960''$
 s' = rayon apparent de Vénus = $30''$
 I = inclinaison de la trajectoire géocentrique par rapport au plan de l'écliptique = 9°
 \neq inclinaison orbitale
 (effet de perspective)

$\times 365.25 / 360^\circ = 0.71j$

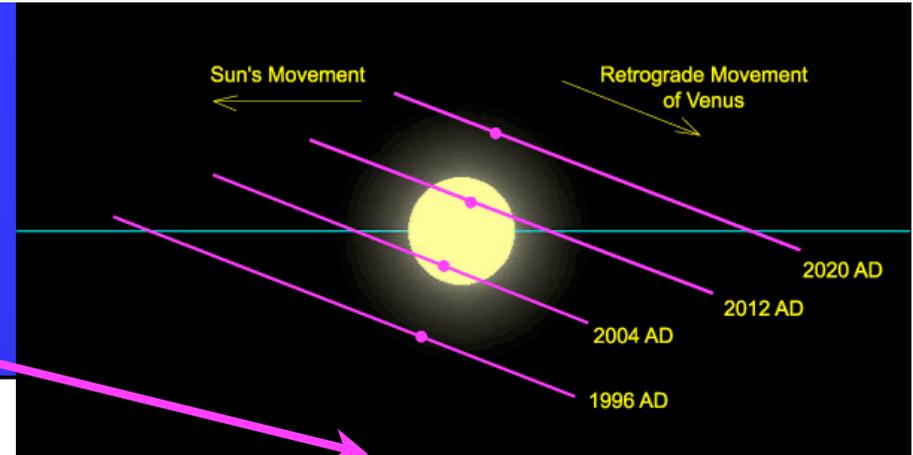
→ Les transits doivent avoir lieu à moins de $\pm 0.7 j$ du passage au noeud

6 au 8 juin! ☼* écart entre année orbitale et année grégorienne (calendrier), et recul séculaire de la ligne des noeuds



Solutions: 13 P = 8 ans - 0.9 j
 395 P = 243 ans - 0.07 j
 OK! sauf après transit central!
 OK?

Remarque: nœud descendant!



2004 and 2012 Transits of Venus

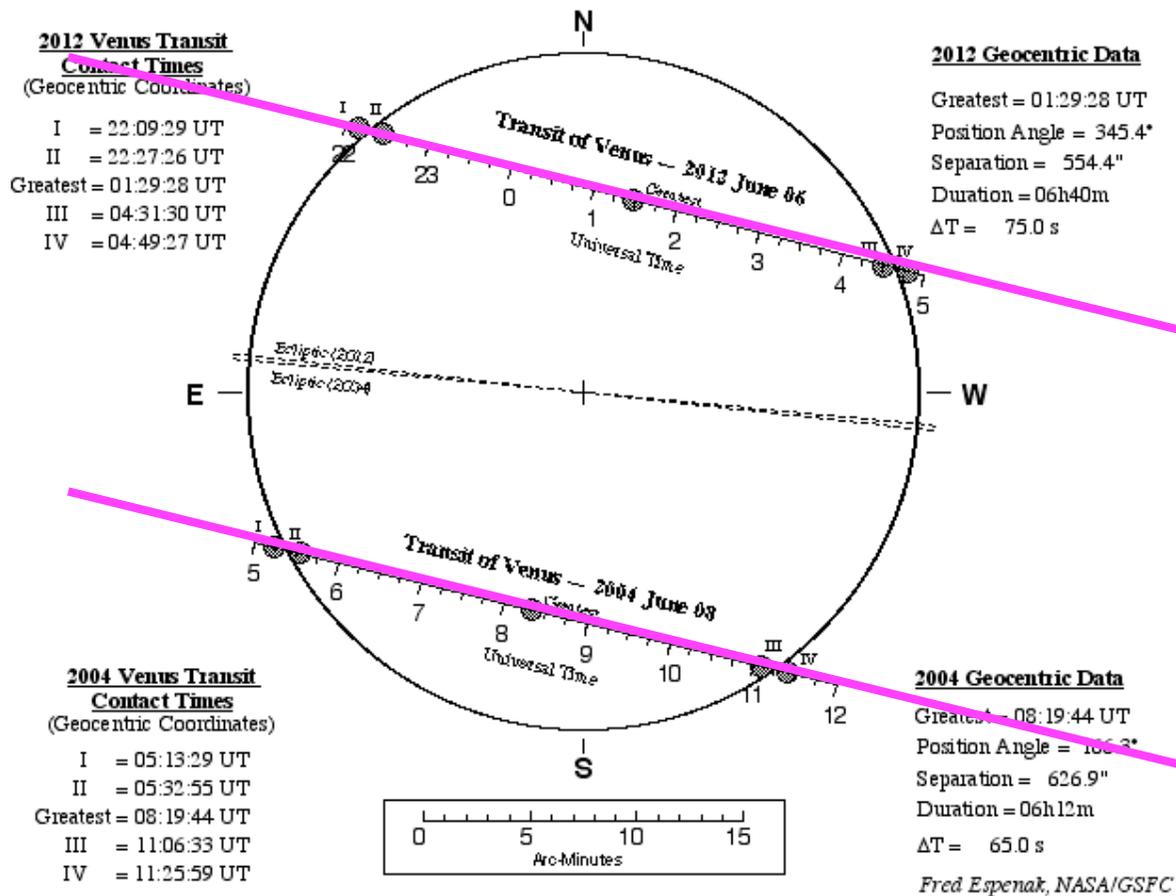


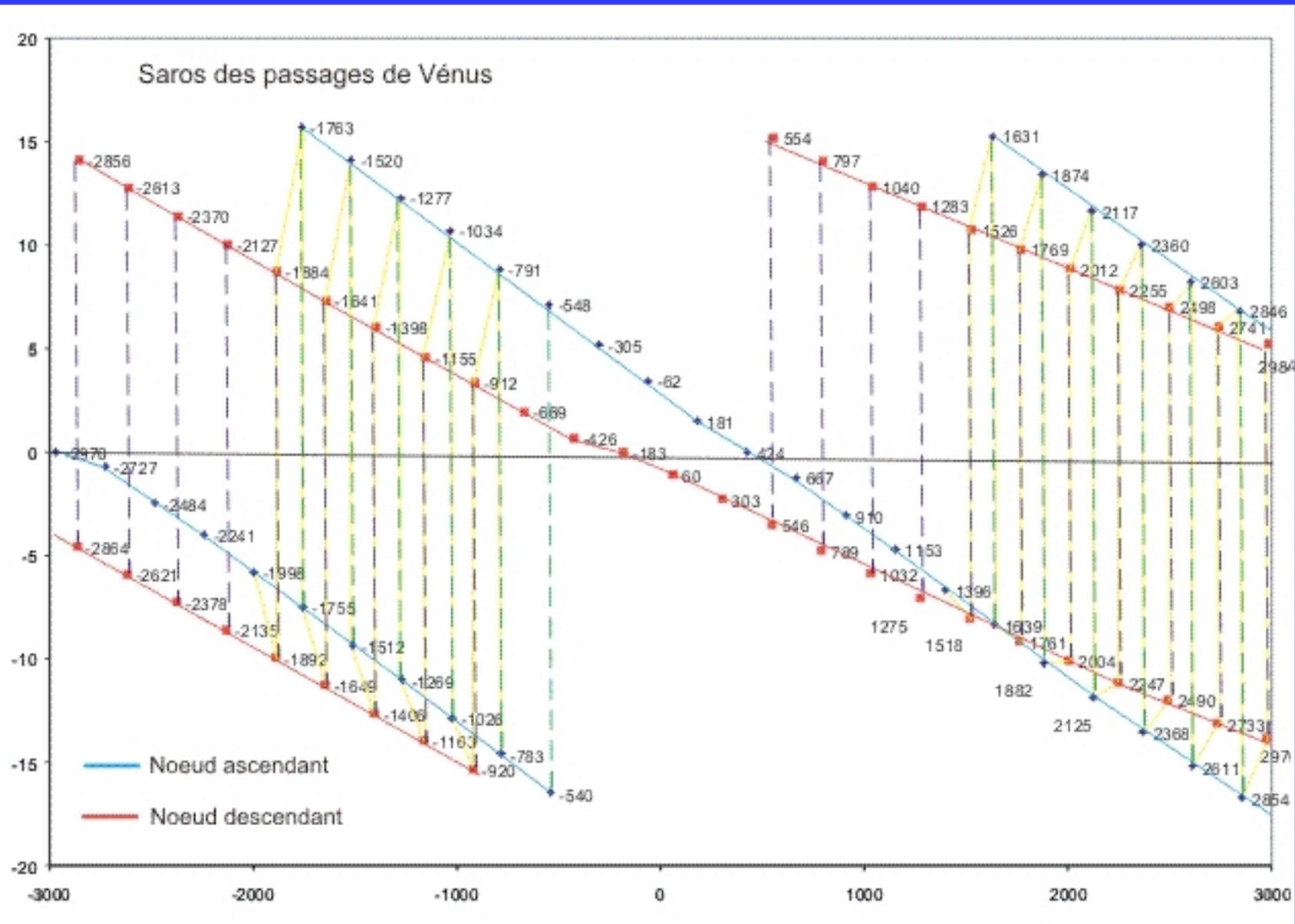
Figure 1 - Path of Venus across the Sun's disk on 2004 June 08 and 2012 June 06

juin 2020

6 juin 2012

8 juin 2004

Ecart par rapport au centre du disque solaire (')

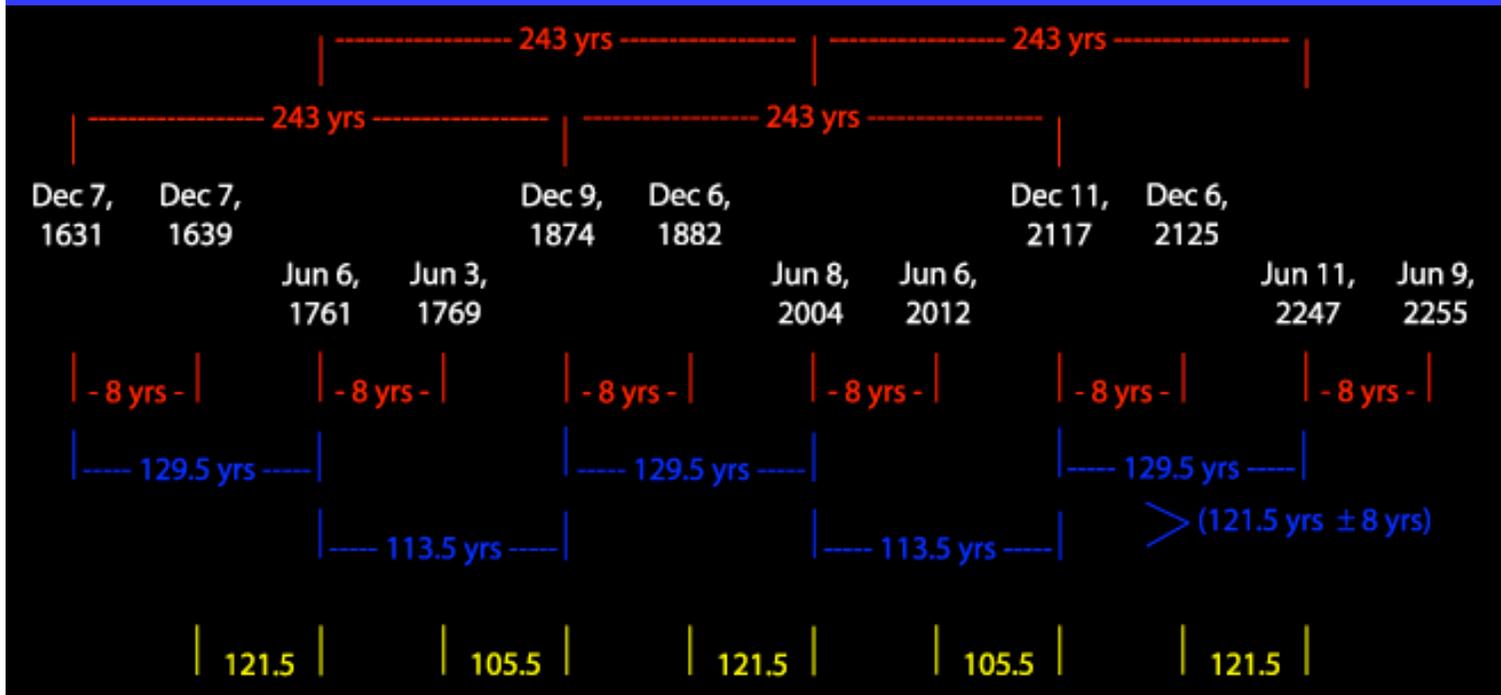


Années

Passage au...

nœud ascendant

nœud descendant



Lorsque l'on considère l'ensemble des transits (ascendants + descendants),

la succession devient plus complexe, et fait apparaître des périodes supplémentaires de

105.5 (= $243/2 - 8 - 8$) ans

113.5 (= $243/2 - 8$) ans

121.5 (= $243/2$) ans

129.5 (= $243/2 + 8$) ans

Comment observer le transit sans danger?

- Par projection

Ex: Solarscope™

<http://www.solarscope.org>



- Observation directe



! Mêmes précautions que lors de l'observation d'une éclipse de soleil:

- Seulement filtre mylar ou de soudeur à l'arc #14
- Pas de lunettes solaires
- Pas de film/diapositive exposés

car ils n'absorbent pas le rayonnement infrarouge:
→ la rétine est brûlée sans avertissement sensoriel

Pour plus de détails:

- <http://www.eso.org/outreach/eduoff/vt-2004/index.html>
- Ciel et Terre, Ephémérides 2004 (02-3730253)

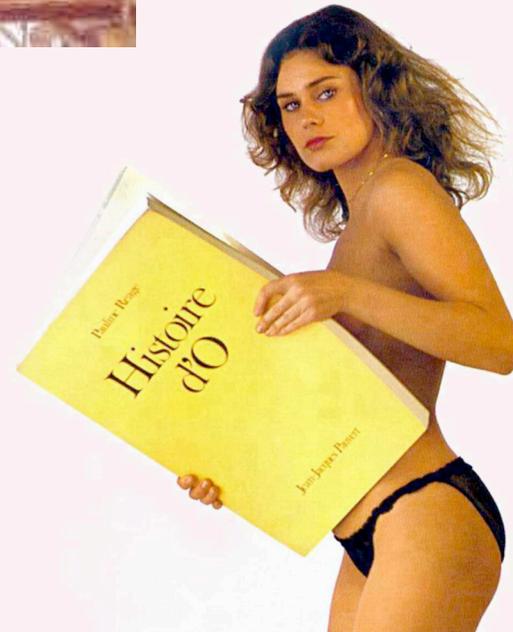
Fin de la 1ère partie: Le Rendez-vous de Vénus



2ème partie:

Histoire d'AU

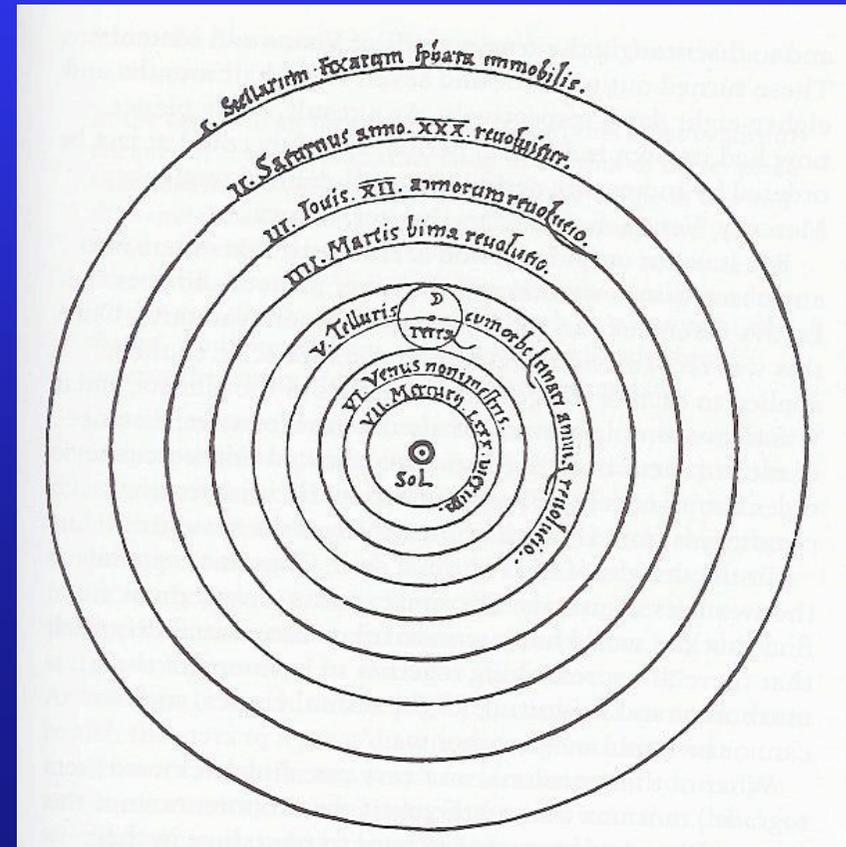
(Astronomical Unit)



Histoire d'AU

Quelques jalons astronomiques de la Renaissance:

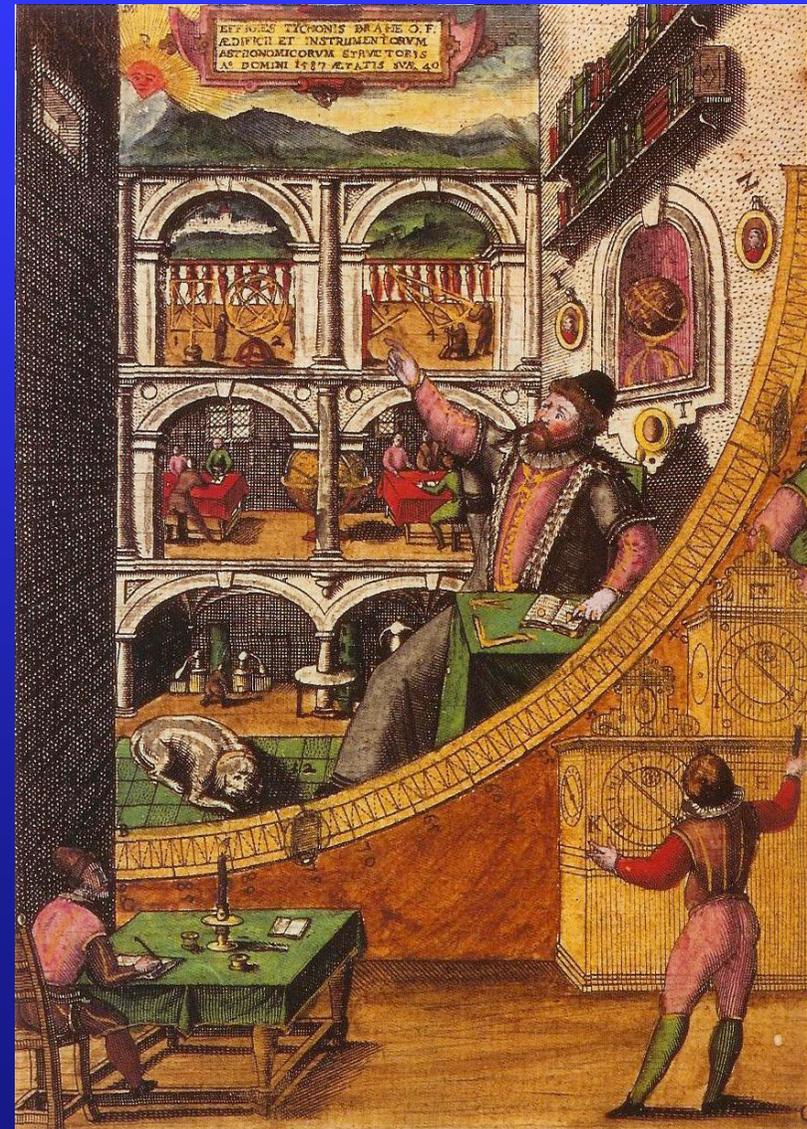
- Copernic (1473-1543):
*De Revolutionibus
Orbium Coelestium* (1543)



Histoire d'AU

Quelques jalons astronomiques de la Renaissance:

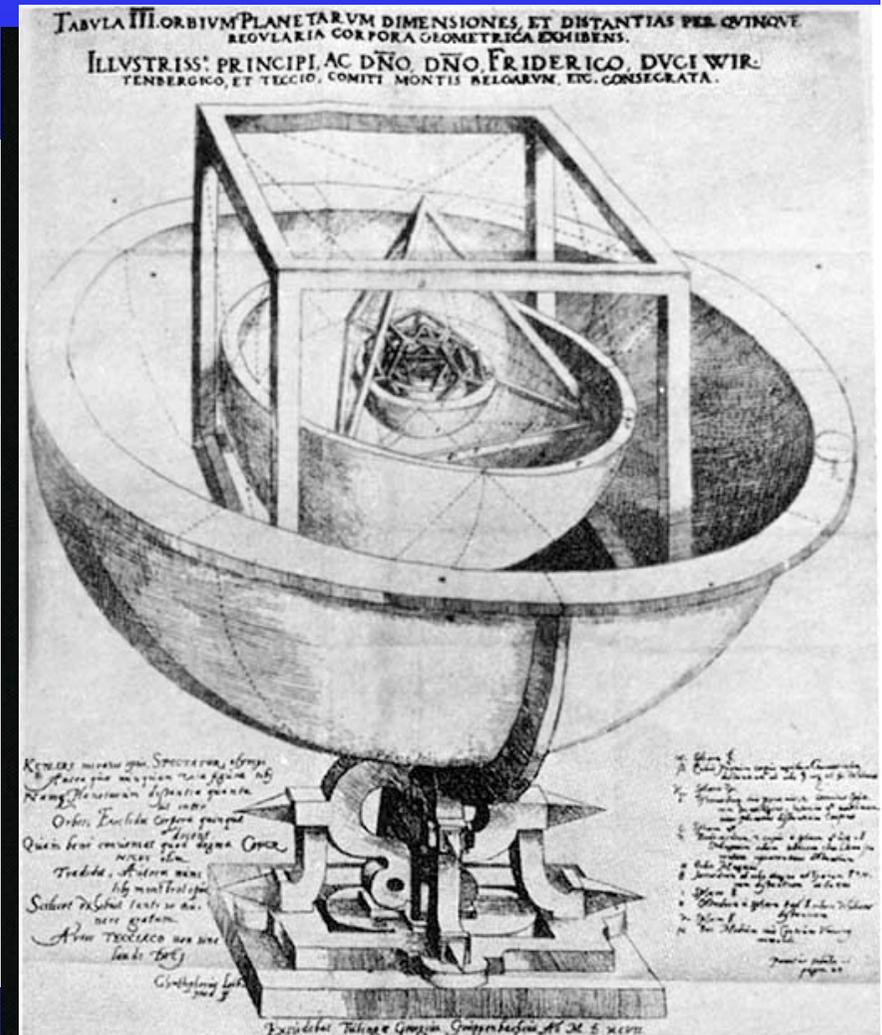
- Copernic (1473-1543):
*De Revolutionibus
Orbium Coelestium* (1543)
- Tycho Brahe (1546-1601):
Observations de position
à une précision de 10''



Histoire d'AU

Quelques jalons astronomiques de la Renaissance:

- Copernic (1473-1543):
*De Revolutionibus
Orbium Coelestium* (1543)
- Tycho Brahe (1546-1601):
Observations de position
à une précision de 10''
- Kepler (1571-1630):
Mystère
Cosmographique (1596)



Histoire d'AU

Quelques jalons astronomiques de la Renaissance:

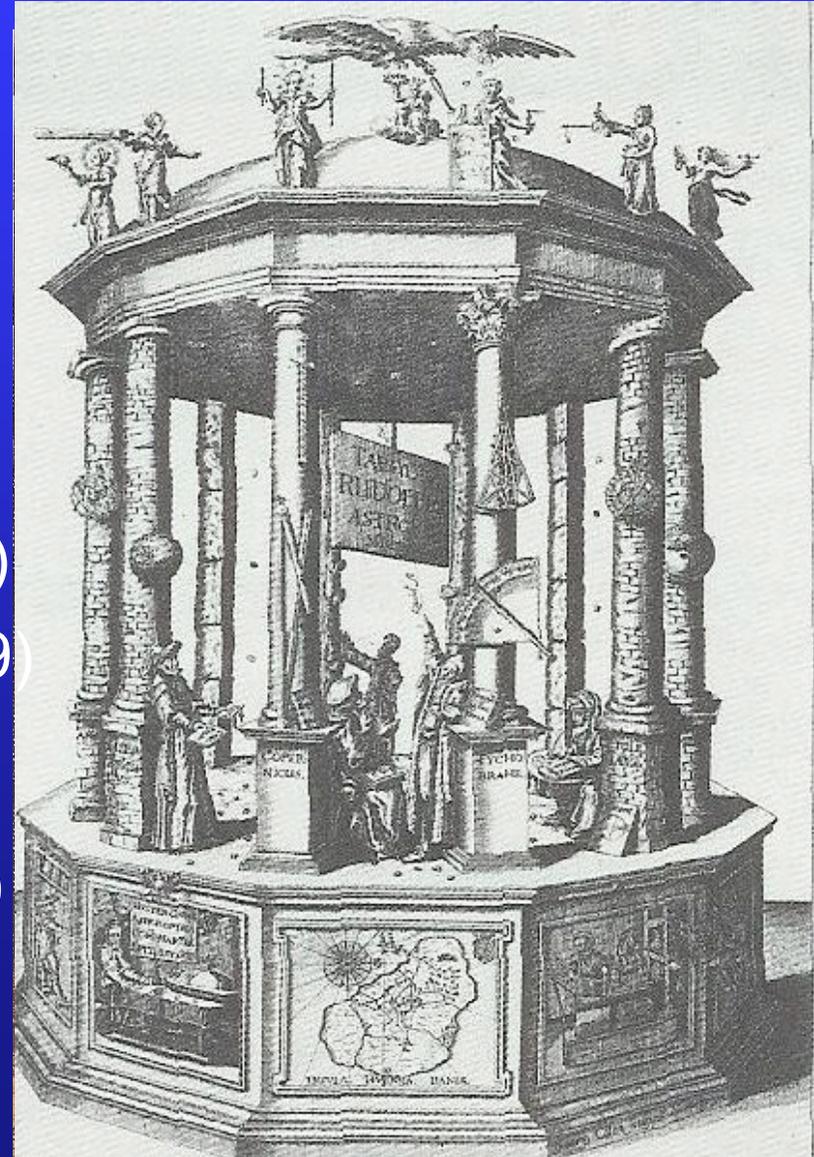
- Copernic (1473-1543):
*De Revolutionibus
Orbium Coelestium* (1543)
- Tycho Brahe (1546-1601):
Observations de position
à une précision de 10''
- Kepler (1571-1630):
Mystère
Cosmographique (1596)
Nouvelle Astronomie (1609)
Trois lois du mouvement
planétaire



Histoire d'AU

Quelques jalons astronomiques de la Renaissance:

- **Copernic (1473-1543):**
*De Revolutionibus
Orbium Coelestium* (1543)
- **Tycho Brahe (1546-1601):**
Observations de position
à une précision de 10''
- **Kepler (1571-1630):**
Mystère
Cosmographique (1596)
Nouvelle Astronomie (1609)
Trois lois du mouvement
planétaire
Tables Rudolphines (1627)
Prédictions des transits de
Mercure (7 Nov. 1631)
et de Vénus (6 Déc. 1631)

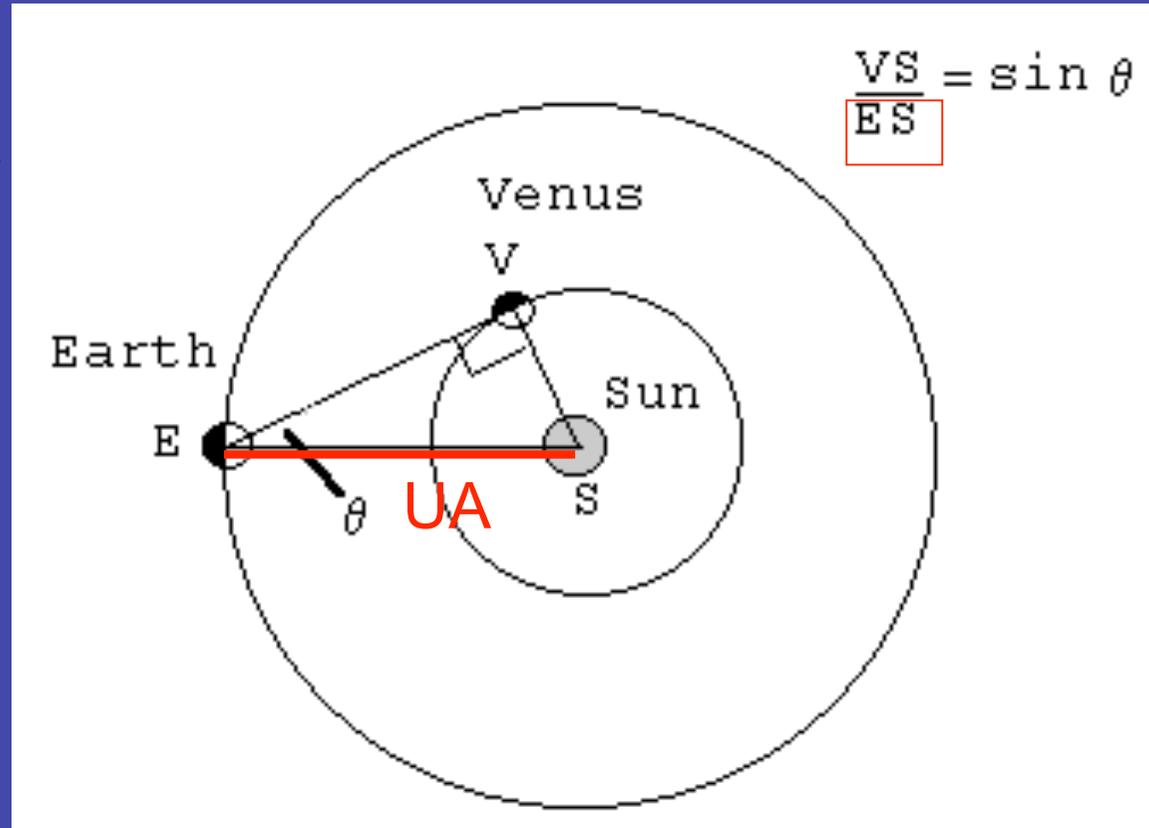


Histoire d'AU

- Mesure du rayon de l'orbite des planètes intérieures

- Troisième loi de Kepler:

$$\left(\frac{VS}{ES} \right)^3 = \left(\frac{P_V}{P_T} \right)^2$$



Les dimensions du système solaire rapportées au rayon de l'orbite de la Terre sont faciles à déterminer, mais la connaissance de ses dimensions absolues requiert la mesure de **l'Unité Astronomique de Distance (UA)**:
C'est l'un des défis les plus pressants de l'astronomie du 17e siècle!

En 1716, HALLEY fait un appel aux observateurs en prévision des transits de 1761 et 1769:

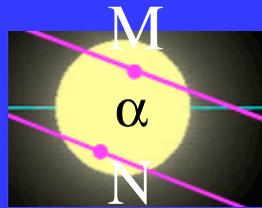
A new Method of determining the Parallax of the Sun, or his Distance from the Earth

Philosophical Transactions Vol. XXIX (1716)

http://www.dsellers.demon.co.uk/venus/ven_ch_frames.htm

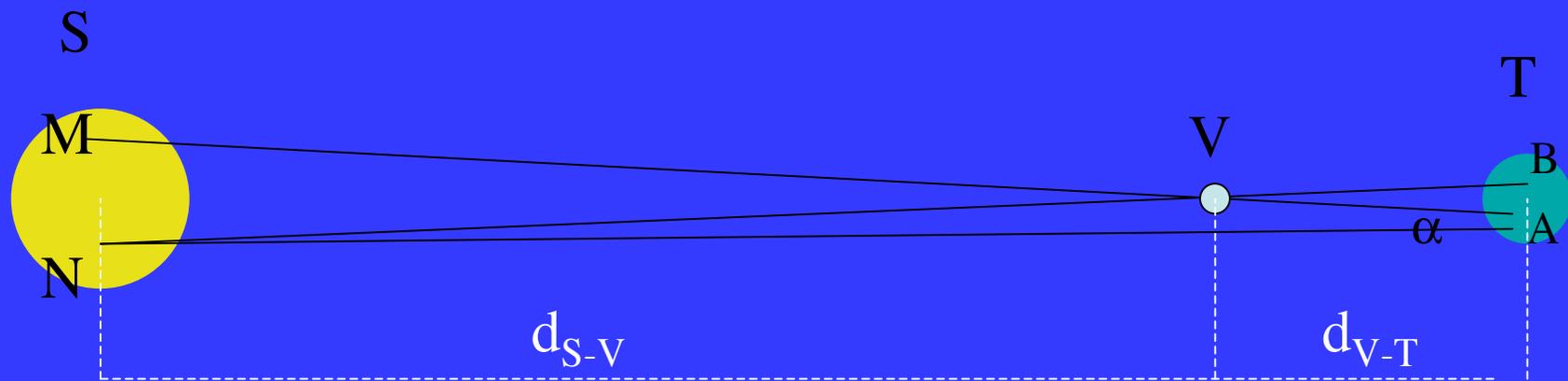
It is well known that this distance of the sun from the earth, is supposed different by different astronomers. Ptolemy and his followers, as also Copernicus and Tycho Brahe, have computed it at 1200 semi-diameters of the earth, and Kepler at almost 3500; Riccioli doubles this last distance, and Hevelius makes it only half as much. But at length it was found, on observing by the telescope, Venus and Mercury on the sun's disk, divested of their borrowed light, that the apparent diameters of the planets were much less than hitherto they had been supposed to be; and in particular, that Venus's semi-diameter, seen from the sun, only subtends the fourth part of a minute, or 15 seconds; and that Mercury's semi-diameter, at his mean distance from the sun, is seen under an angle of 10 seconds only, and Saturn's semi-diameter under the same angle; and that the semi-diameter of Jupiter, the largest of all the planets, subtends no more than the third part of a minute at the sun. Whence, by analogy, some modern astronomers conclude that the earth's semi-diameter, seen from the sun, subtends a mean angle, between the greater of Jupiter and the less of Saturn and Mercury, and equal to that of Venus, viz. one of 15 seconds; and consequently, that the distance of the sun from the earth is almost 14,000 semi-diameters of the latter. Another consideration has made these authors enlarge this distance a little more: for since the moon's diameter is rather more than a quarter of the earth's diameter, if the sun's parallax be supposed 15 seconds, the body of the moon would be larger than that of Mercury, viz. a secondary planet larger than a primary one, which seems repugnant to the regular proportion and symmetry of the mundane system. On the contrary, it seems hardly consistent with the same proportion, that Venus, an inferior planet, and without any satellite, should be larger than our earth, a superior planet, and accompanied with so remarkable a satellite. Therefore, at a mean, supposing the earth's semi-diameter, seen from the sun, or which is the same thing, the sun's horizontal parallax, to be 12 seconds and a half, the moon will be less than Mercury, and the earth larger than Venus, and the sun's distance from the earth come out nearly 16500 semi-diameters of the earth. I shall admit of this distance at present, till its precise quantity be made to appear more certain by the trial I propose; not regarding the authority of such as set the sun at an immensely greater distance, relying on the observations of a vibrating pendulum, which do not seem accurate enough to determine such minute angles; at least, such as use this method will find the parallax sometimes none at all, and sometimes even negative; that is, the distance will become either infinite, or more than infinite, which is absurd. And it is scarcely possible for any one certainly to determine, by means of instruments, however nice, single seconds, or even 10 seconds; and therefore, it is not at all surprising, that the exceeding minuteness of such angles has hitherto baffled the many and ingenious attempts of artists.

Détermination de la distance Terre-Soleil (Méthode de Halley, 1716)



Observateur A

Observateur B



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)

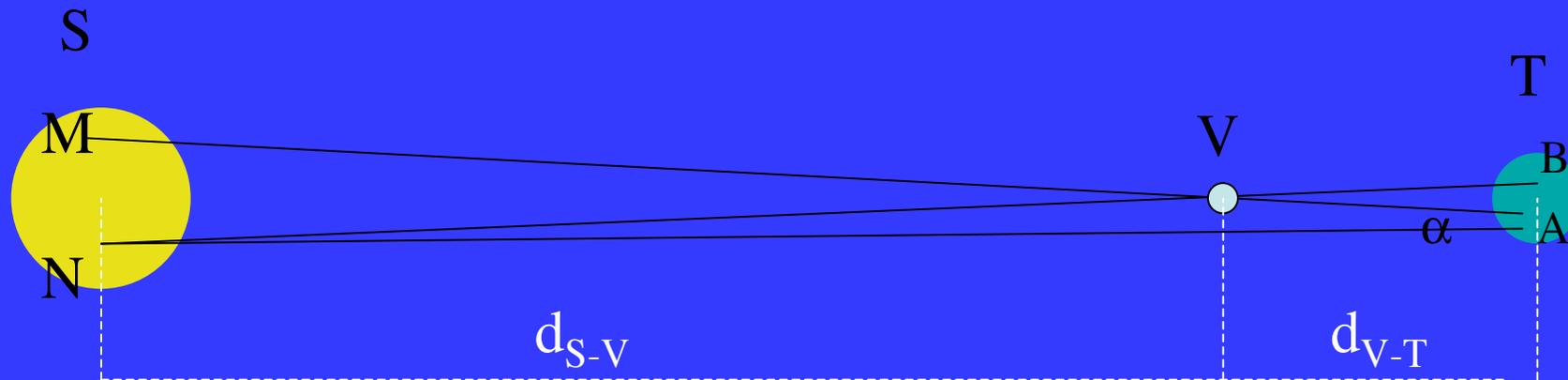


Observateur A

Observateur B

Halley a montré qu'il est possible d'exprimer la distance Terre-Soleil d_{S-T} en fonction du

- segment AB, exprimé (par exemple) en km
- de l'arc $MN=\alpha$, vu depuis le centre de la Terre, et obtenu en remplaçant les cordes mesurées par chacun des observateurs sur le disque solaire
- du rapport des distances d_{S-V} / d_{V-T} , connu grâce à la troisième loi de Kepler



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)

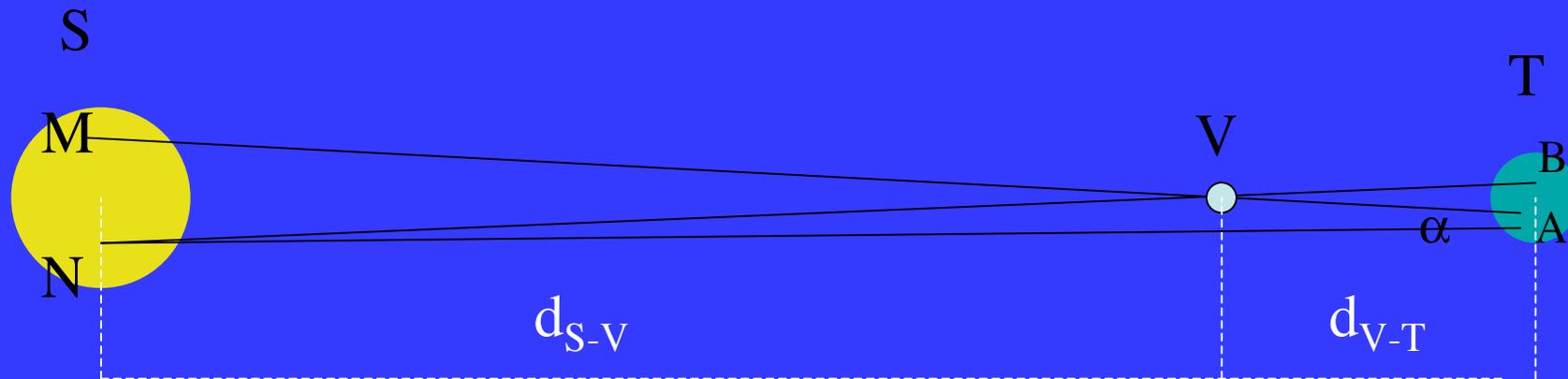


Observateur A

Observateur B

Halley a montré qu'il est possible d'exprimer la distance Terre-Soleil d_{S-T} en fonction du

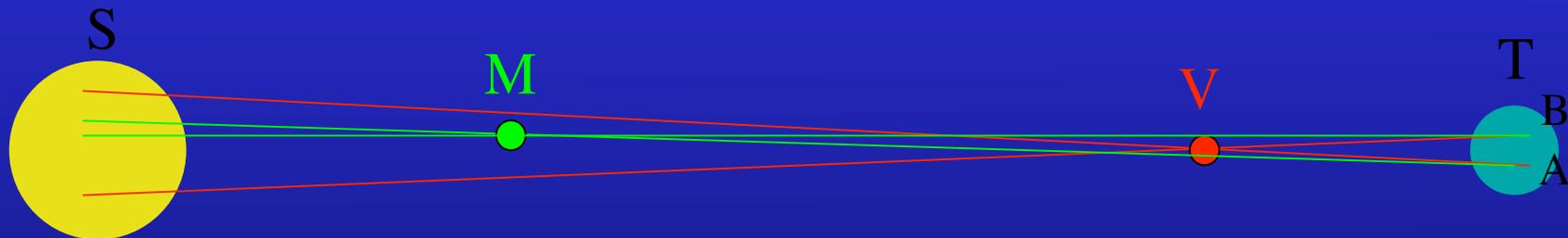
- segment AB, exprimé (par exemple) en km
- de l'arc $MN = \alpha$, vu depuis le centre de la Terre, et obtenu en remplaçant les cordes mesurées par chacun des observateurs sur le disque solaire
- du rapport des distances d_{S-V} / d_{V-T} , connu grâce à la troisième loi de Kepler

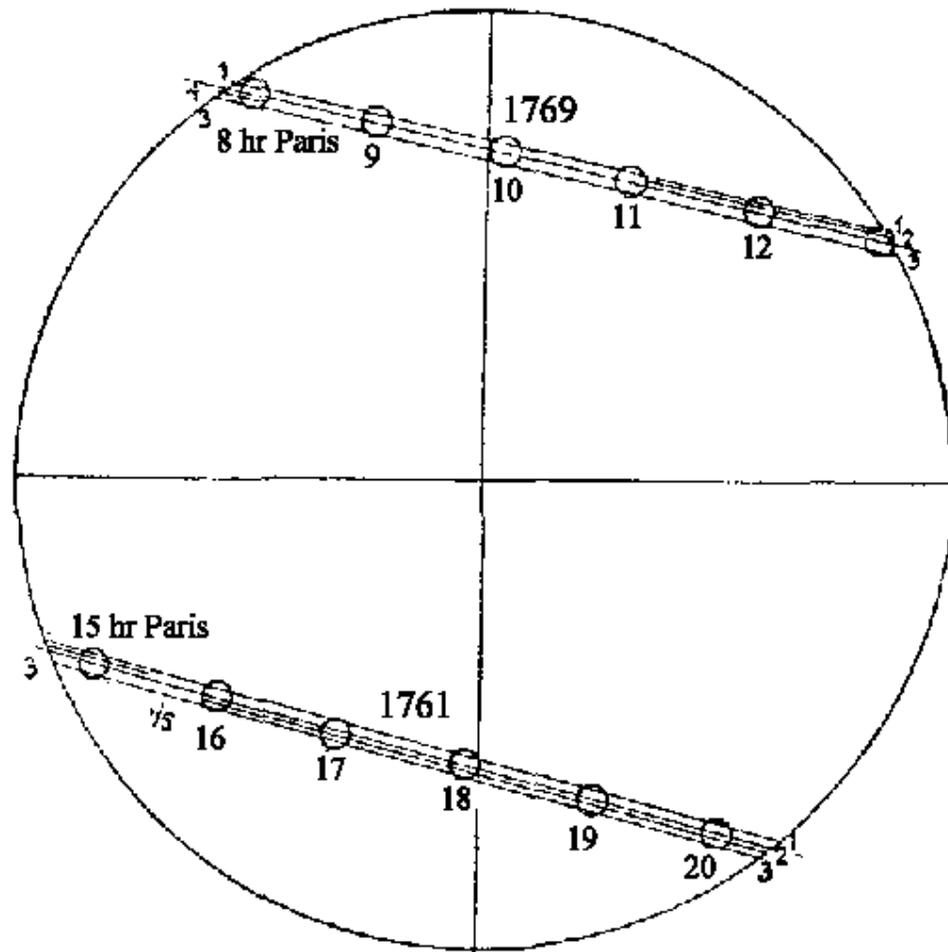


$$\frac{AB}{d_{V-T}} = \frac{MN}{d_{S-V}} \quad \text{et} \quad \frac{MN}{d_{S-T}} = \text{tg } \alpha \quad \longrightarrow \quad d_{S-T} = AB \frac{1}{\text{tg } \alpha} \frac{d_{S-V}}{d_{V-T}}$$

Pourquoi Vénus plutôt que Mercure?

- Effet parallactique plus important
- Durée du transit plus longue → meilleure précision relative
- Disque apparent plus grand → meilleure précision sur instants de contact
- Meilleure connaissance du mouvement orbital
orbite de Mercure très excentrique, avance du périhélie,...





1761:- 1. Rodrigues 2. Paris 3. Tobolsk
 1769:- 1. Tahiti 2. Batavia 3. Vardo 4. Paris

Parallaxe solaire ϖ

Passages de 1761 et 1769

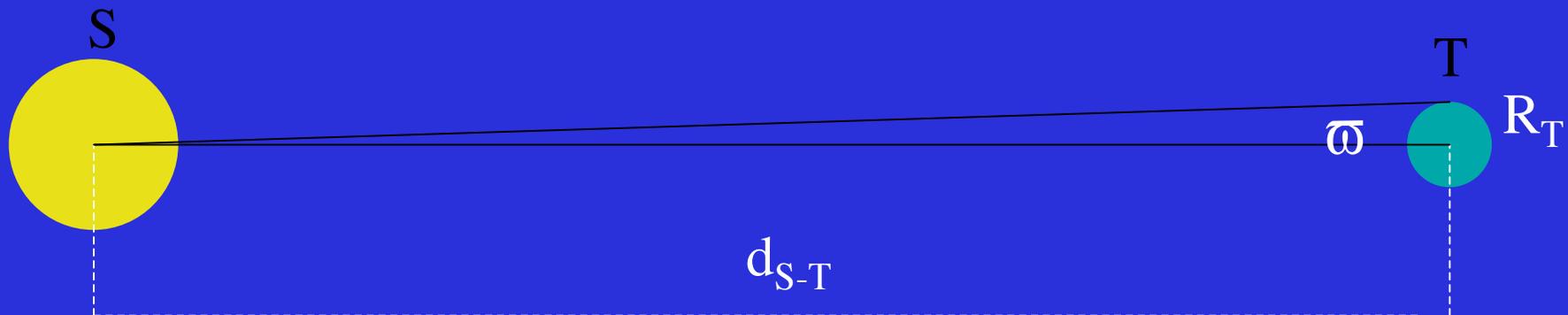
8,43" et 8,80"

$$\rightarrow d_{S-T} = R_T \cotg \varpi = 156.0 \times 10^6 \text{ km et } 149.5 \times 10^6 \text{ km}$$

soit une précision relative de 4.2%



Difficultés insoupçonnées: « goutte noire »





Difficultés insoupçonnées: « goutte noire »

Son origine est restée longtemps mystérieuse...

Elle est désormais attribuée à un **effet de diffraction**, depuis que Danjon et Couder l'ont reproduite artificiellement en laboratoire

(Danjon et Couder, 1935, Lunettes et Télescopes)

Elle rend la détermination de l'instant du contact malaisée...

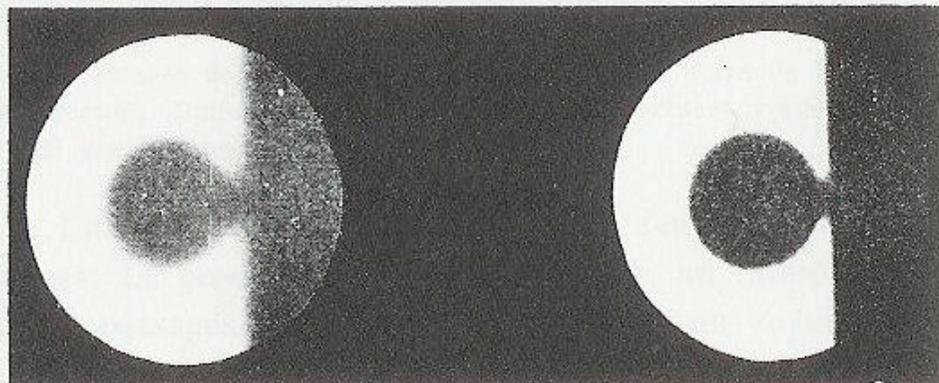


FIG. 27. — La « goutte noire » de Mercure, reproduite artificiellement, telle qu'on la voit dans une lunette de 4 centimètres (à gauche), et de 8 centimètres d'ouverture (à droite) lorsque la planète touche intérieurement le bord du soleil.

Méthode

- Passages de 1761 et 1769
- Passages de 1761 et 1769
- Parallaxe de Mars
- Parallaxe de l'astéroïde Flora
- Parallaxe de Mars
- Passages de 1874 et 1882
- Parallaxe de l'astéroïde Eros
- Parallaxe de l'astéroïde Eros
- Mesure Radar sur Vénus

Auteur

Encke (1824)
 Hall (1862)
 Galle (1875)
 Gill (1881)
 Newcomb (1890)
 Hinks (1900)
 (1941)
 NASA (1990)

Parallaxe solaire ϖ

8,43" et 8,80"
 8,5776"
 8,841"
 8,873"
 8,78"
 8,79"
 8,806"
 8,790"
 8,79415"



*Thy return posterity shall witness;
Years must roll away,
But then at length the splendid sight,
Again shall greet our distant children's eyes*

Jeremiah Horrocks (1639)

Pour en savoir plus sur le transit de Venus et participer aux campagnes d'observations....

<http://www.eso.org/outreach/eduoff/vt-2004/vt-background.html>

Pour en savoir plus sur l'historique des transits de Venus....

http://www.dsellers.demon.co.uk/venus/ven_ch1.htm

Pour en savoir plus sur la mécanique des transits de Venus....

<http://www.imcce.fr/ephem/passage/html/introduction.html>

Fin