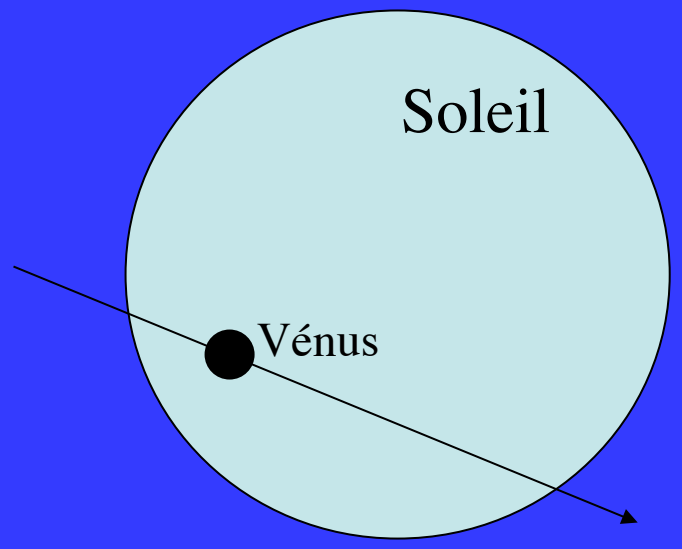
8 Juin 2004:
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil

Alain Jorissen
Institut d'Astronomie
ULB

Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Passage de Vénus devant le disque du Soleil

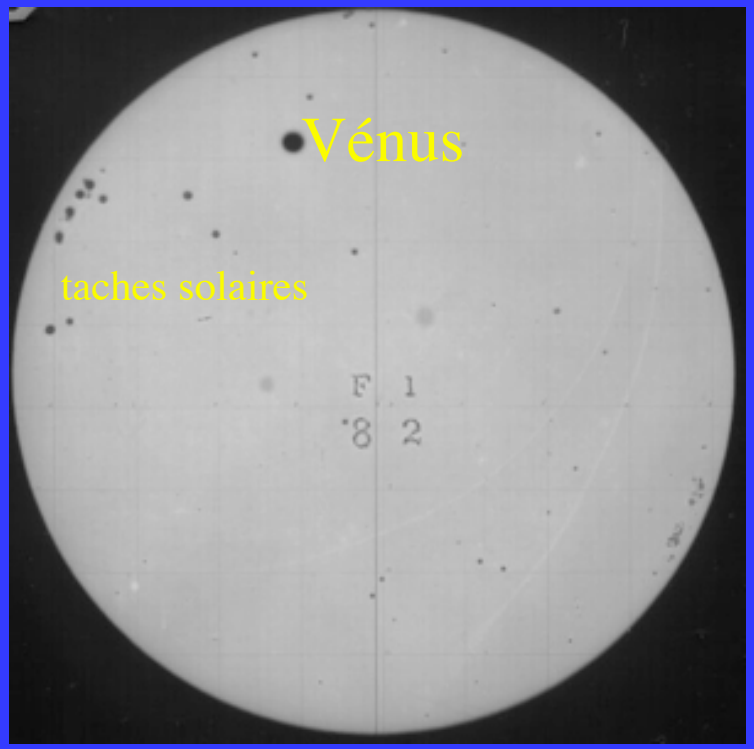


Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Passage de Vénus devant le disque du Soleil

Les passages précédents remontent à 1874, 1882!

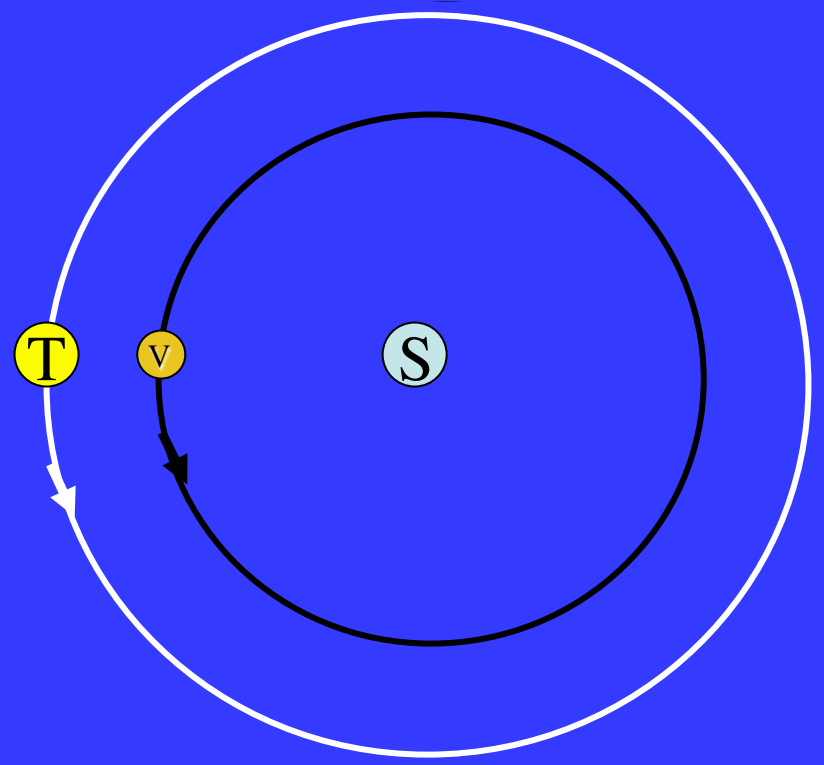
Premières observations photographiques!



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Passage de Vénus devant le disque du Soleil:

Ce passage est possible parce que l'orbite de Vénus se situe entre celle de la Terre et le Soleil



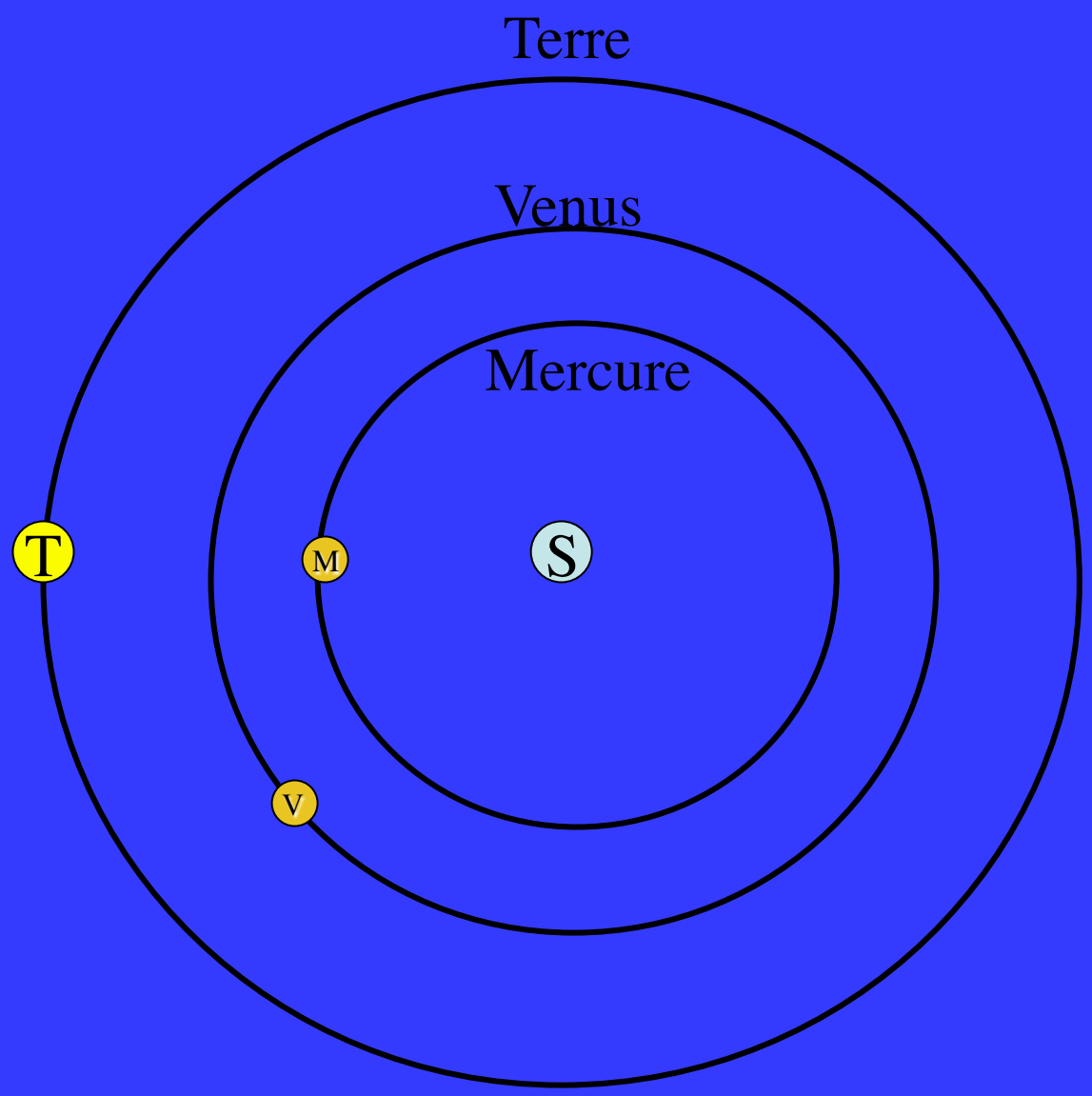
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Passage de Vénus devant le disque du Soleil

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

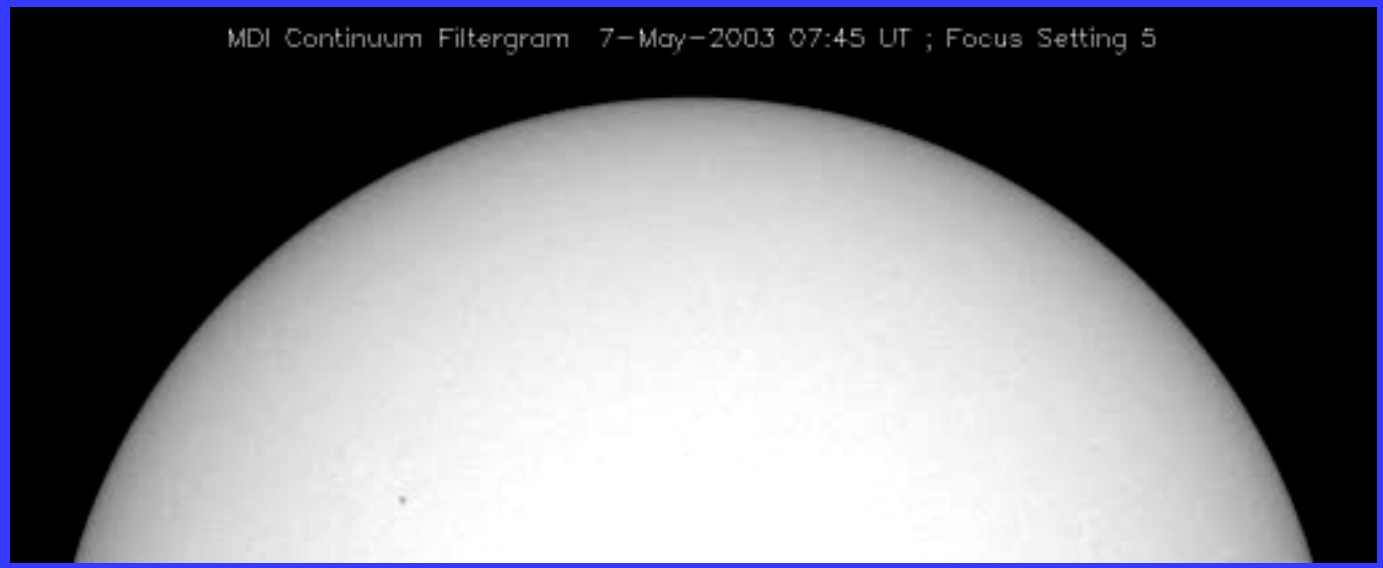
1639, 1761, 1769, 1874, 1882

Les transits existent aussi pour Mercure, et sont plus fréquents:



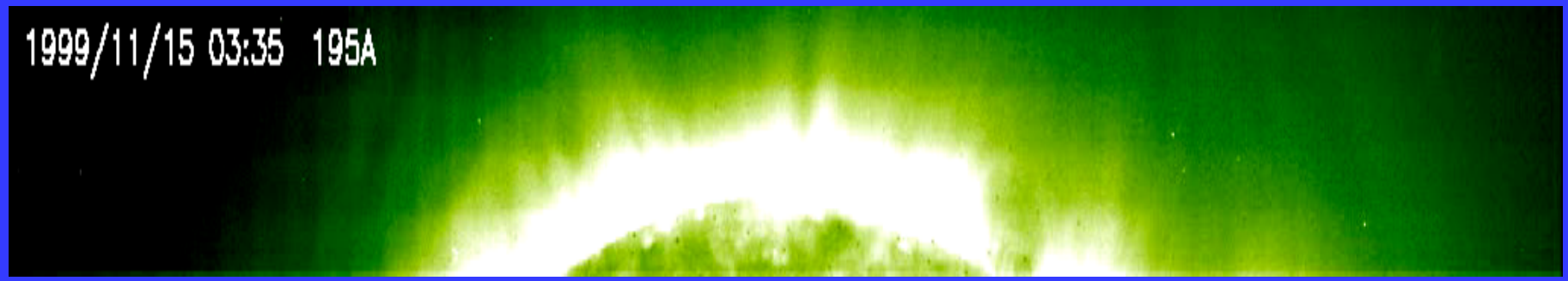
Les transits existent aussi pour Mercure, et sont plus fréquents:

Transit de Mercure du 7 mai 2003 ...



Transit rasant de Mercure du 15 novembre 1999...

... observé par le satellite SOHO



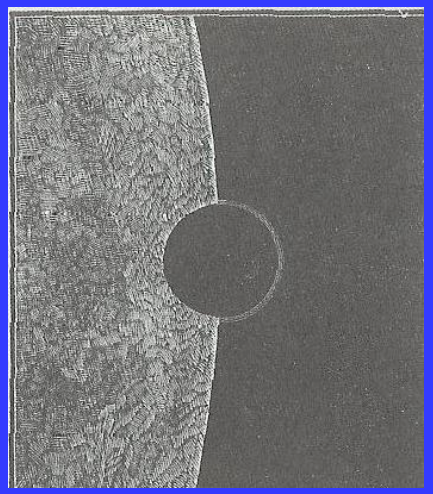
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Passage de Vénus devant le disque du Soleil

Phénomène astronomique parmi les plus rares qui soient: l'Humanité n'a observé que 5 transits de Vénus jusqu'à ce jour: 1639, 1761, 1769, 1874, 1882

C'est lors de l'observation du transit de 1769 que Lomonosov découvre l'atmosphère de Vénus…

… qui apparaît comme un fin liseré à l'extérieur du disque solaire

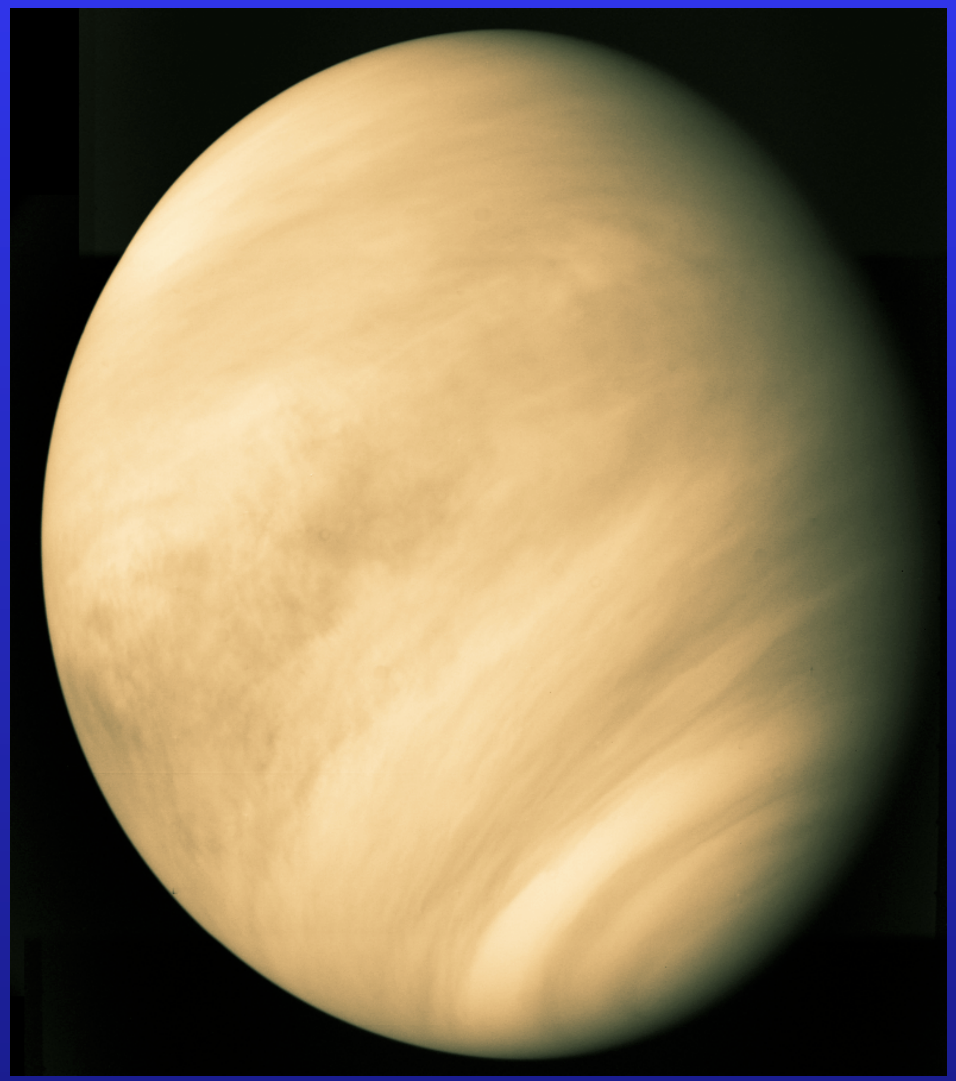


Quelques informations au sujet de Vénus …

Vénus est en effet entourée d'une épaisse couche nuageuse qui nous en cache le sol.

Voici une photographie de la couche nuageuse supérieure de Vénus réalisée par la sonde *Mariner 10* en février 1974. Le sol rocheux se situe 65 km plus bas.

Crédit : NASA/JPL/Caltech.



L'atmosphère très dense (pression au sol avoisinant nonante fois la pression atmosphérique terrestre au sol) est constituée principalement de dioxyde de carbone CO_2 et d'azote N_2.

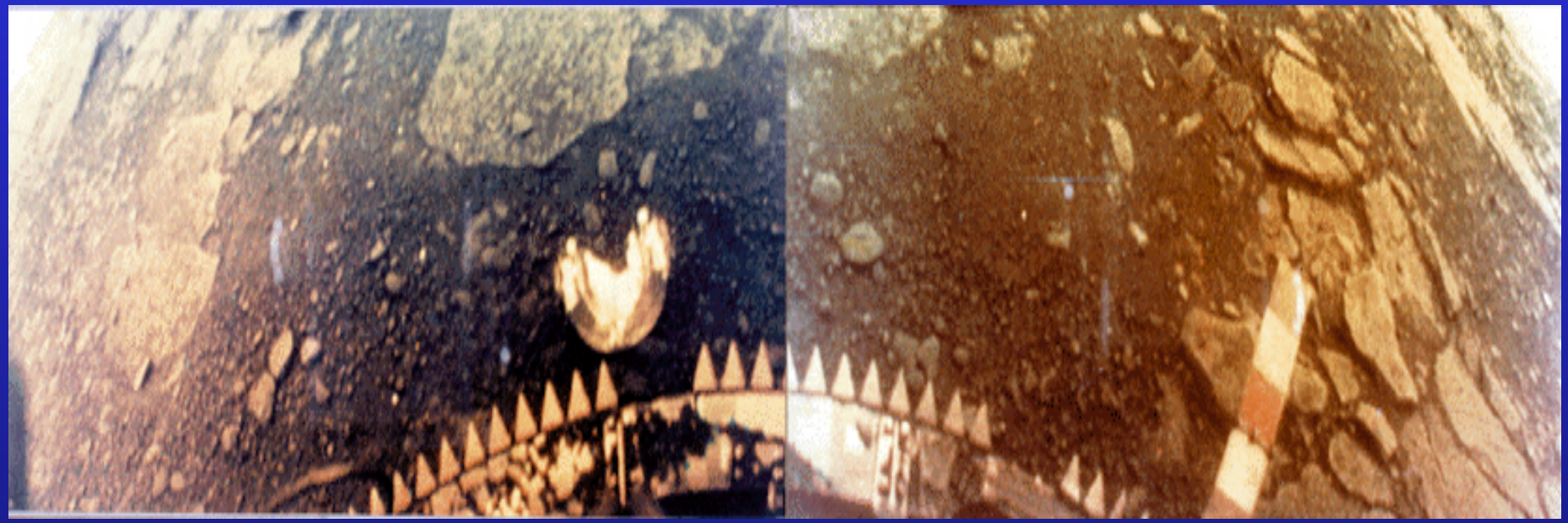
Par suite de l'effet de serre engendré par cette atmosphère, la température au sol s'élève à environ 475 degrés Celsius, soit une température plus élevée que sur l'hémisphère éclairé de Mercure (430 degrés Celsius), pourtant plus proche du Soleil.

Quelques informations au sujet de Vénus …

Cette image de la surface de Vénus a été captée par la sonde soviétique Venera-13 en 1982. La lentille déformante de la caméra a permis d'obtenir une vue qui s'étend sur environ 170 degrés; la caméra pointant vers le sol, on aperçoit un partie de la sonde au centre et un peu d'horizon de chaque côté de l'image.

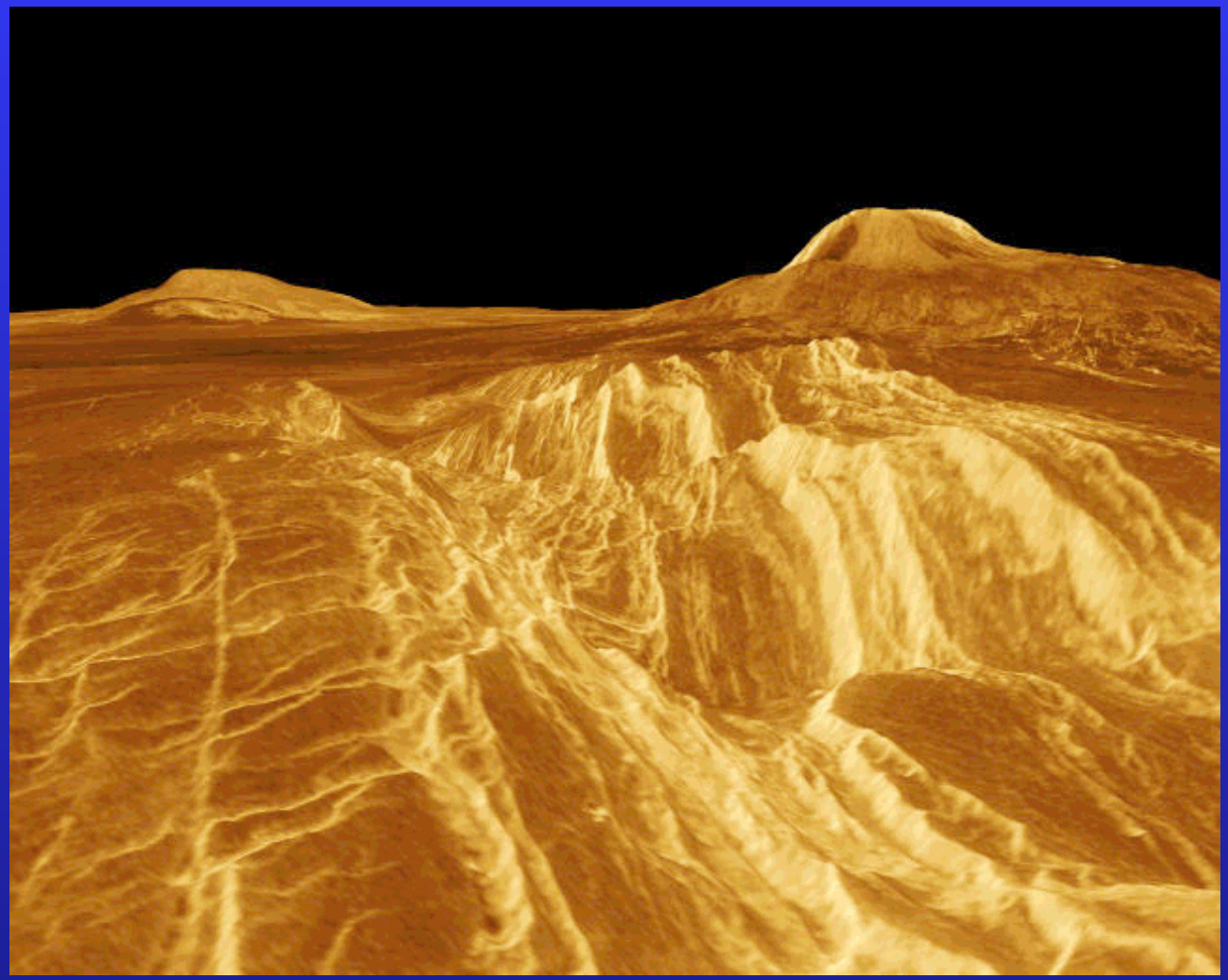
La sonde Venera-13 a fonctionné pendant deux heures avant de succomber aux températures et aux pressions extrêmes qui règnent à la surface de Vénus.

Source : NSSDC



Quelques informations au sujet de Vénus …

Des images panoramiques de la surface de Vénus ont été obtenues par les radars de la sonde Magellan (1989-1992). Elles révèlent des traces de volcanisme éteint.



Reconstitution tridimensionnelle du volcan Gula Mons effectuée à partir des données radar de la sonde Magellan. Le volcan a une altitude de 3 km. Sur l'image, l'échelle verticale a été exagérée d'un facteur 10 pour mettre en évidence le relief.

Source : NASA/JPL/Caltech

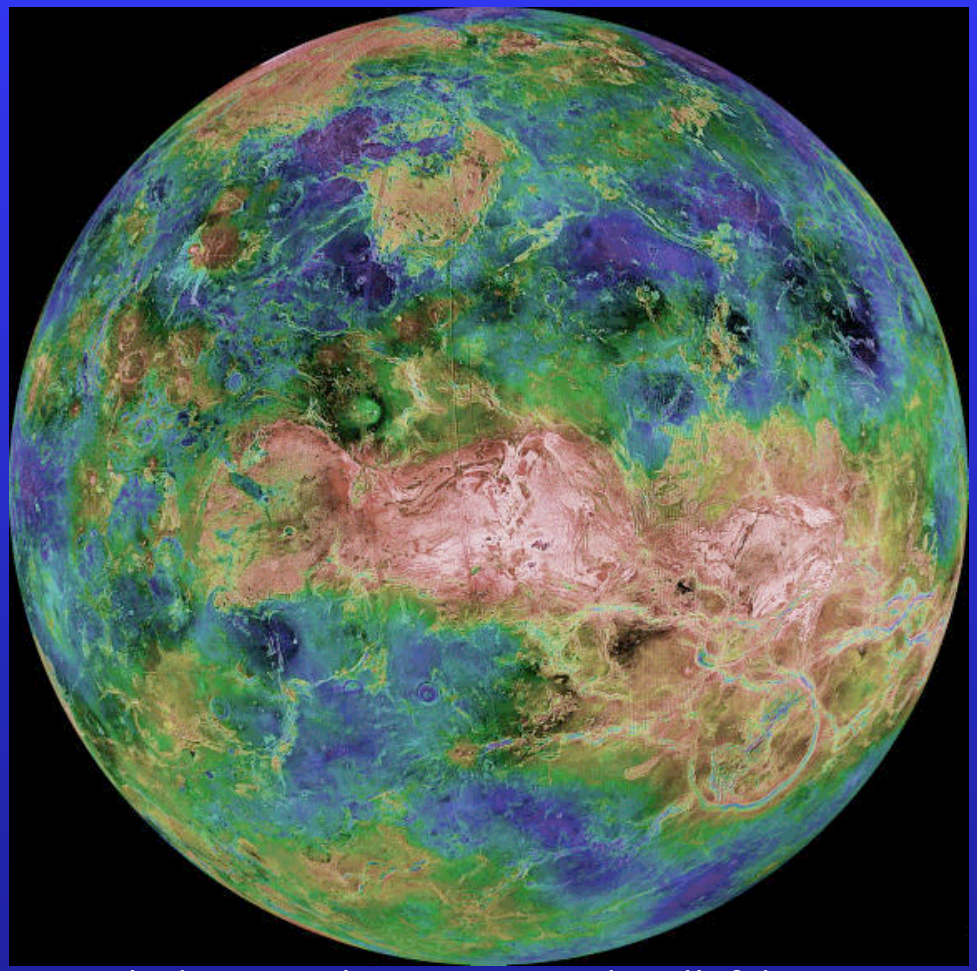
Quelques particularités de Vénus …

- Pas de satellite.

- L'année vénusienne (224,7 jours terrestres) est plus courte que le jour vénusien (243,01 jours terrestres)!

- La rotation est rétrograde (càd dans le sens opposé au parcours de l'orbite).

- C'est l'objet le plus brillant du ciel, après le Soleil et la Lune. On l'appelle « l'Etoile du Berger ».



Les données radar de la mission Magellan ont permis de reconstituer une carte du relief de Vénus en couleurs fictives (du bleu pour les altitudes les moins élevées au rose pour les altitudes les plus élevées, environ 12 km: volcan Maxwell sur le continent Ishtar). Sur cet hémisphère de Vénus, on aperçoit les continents d'Aphrodite (sur l'équateur) et d'Ishtar (près du pôle Nord).

Source : NASA/JPL/Caltech

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, 1761, 1769, 1874, 1882

Il n'y en a pas eu au 20e siècle!

Les 2 prochains auront lieu le…

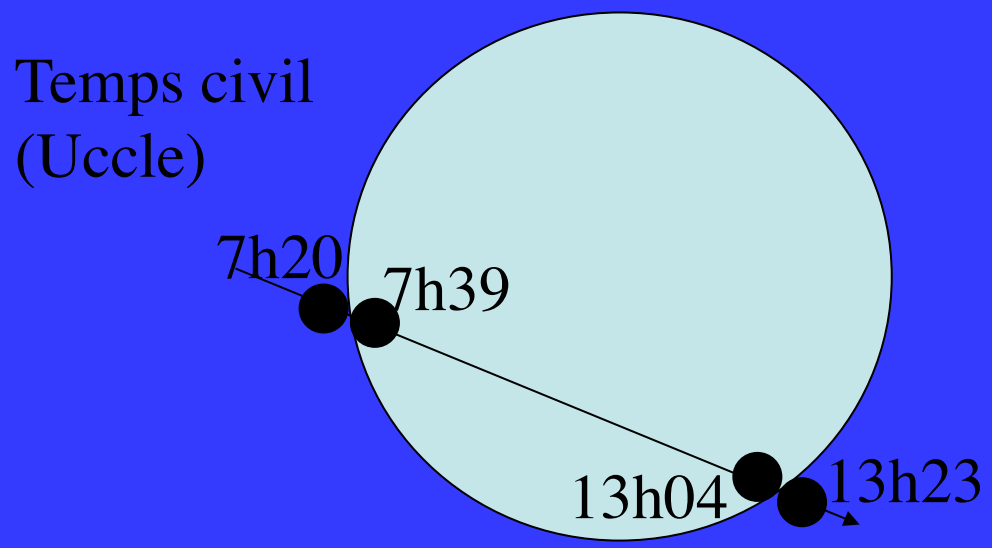
8 juin 2004

6 juin 2012 (visible partiellement en Europe)

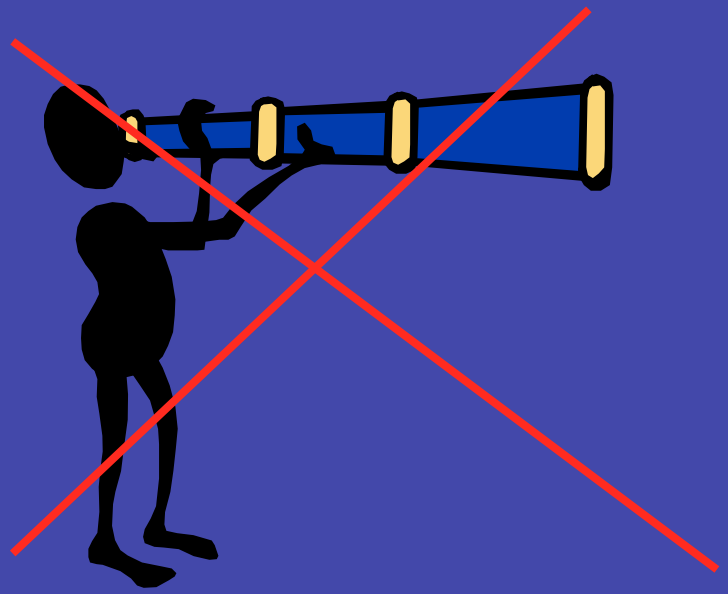
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Passage de Vénus devant le disque du Soleil

8 juin 2004



Comment observer le transit sans danger?



Ne jamais observer le Soleil directement à l'œil nu, et encore moins au-travers de jumelles:

Cécité assurée…

Comment observer le transit sans danger?

- **Par projection**

Ex: Solarscope™
http://www.solarscope.org

William Crabtree observant le transit de Vénus du 4 décembre 1639
pour la première fois dans l'histoire de l'humanité

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.vt-2004.org
- Ciel et Terre, Ephémérides 2004 (02-3730253)
- Planétarium de Bruxelles (02-4747050)

@ ULB

Live @ ULB

Pour autant que la météo soit de la partie,
l'Institut d'Astronomie et d'Astrophysique et le Centre de Culture Scientifique
de l'Université Libre de Bruxelles
vous permettront de suivre ce phénomène en *live* depuis la page:

http://www.ulb.ac.be/sciences/astro/Venus/index.html

Les lunettes de 15cm de diamètre situées sur le campus du Solbosch (Bruxelles)
et sur le campus de Parentville (Charleroi)
photographieront le Soleil et retransmettront l'image à l'adresse ci-dessus.

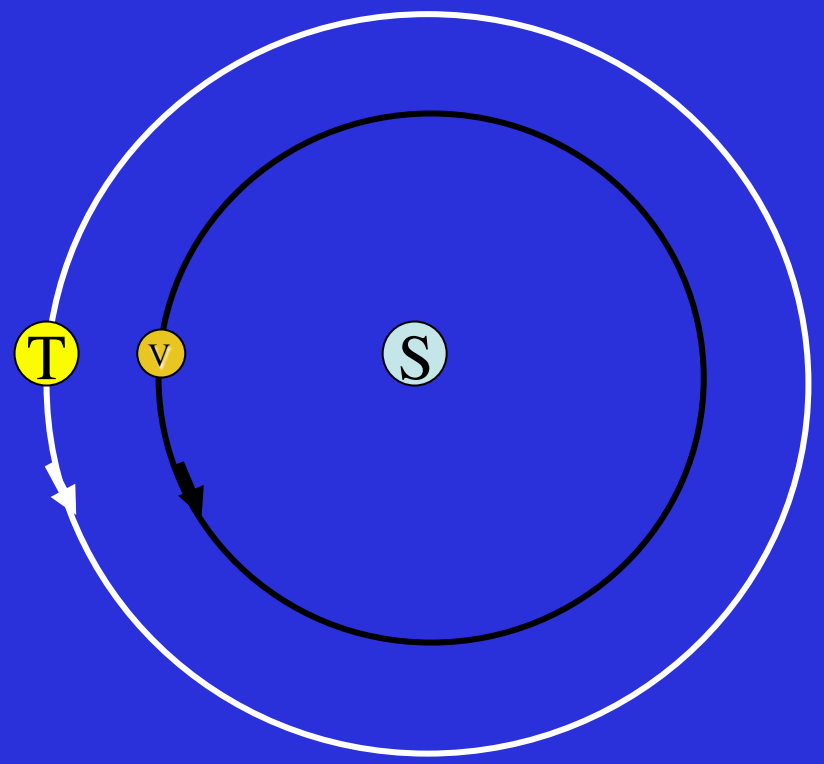
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Pourquoi ce phénomène est-il si rare?

Quelles sont les conditions à satisfaire?

- Vénus doit passer entre la Terre et le Soleil: C' est la « conjonction inférieure »

Elle se produit tous les 584 j (soit 1 an 7 mois 10 jours)



Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Pourquoi ce phénomène est-il si rare?

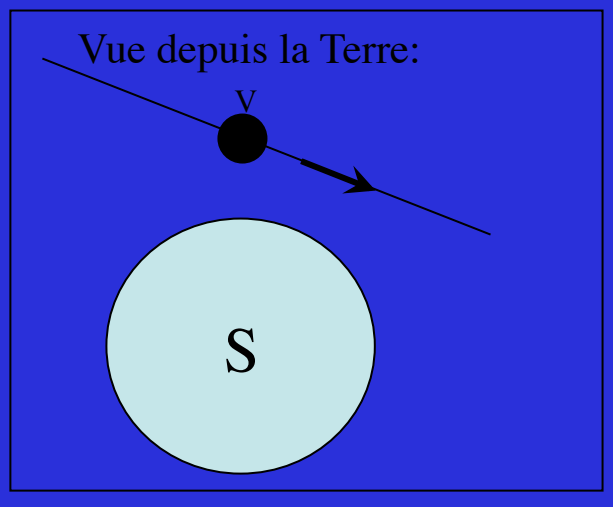
Quelles sont les conditions à satisfaire?

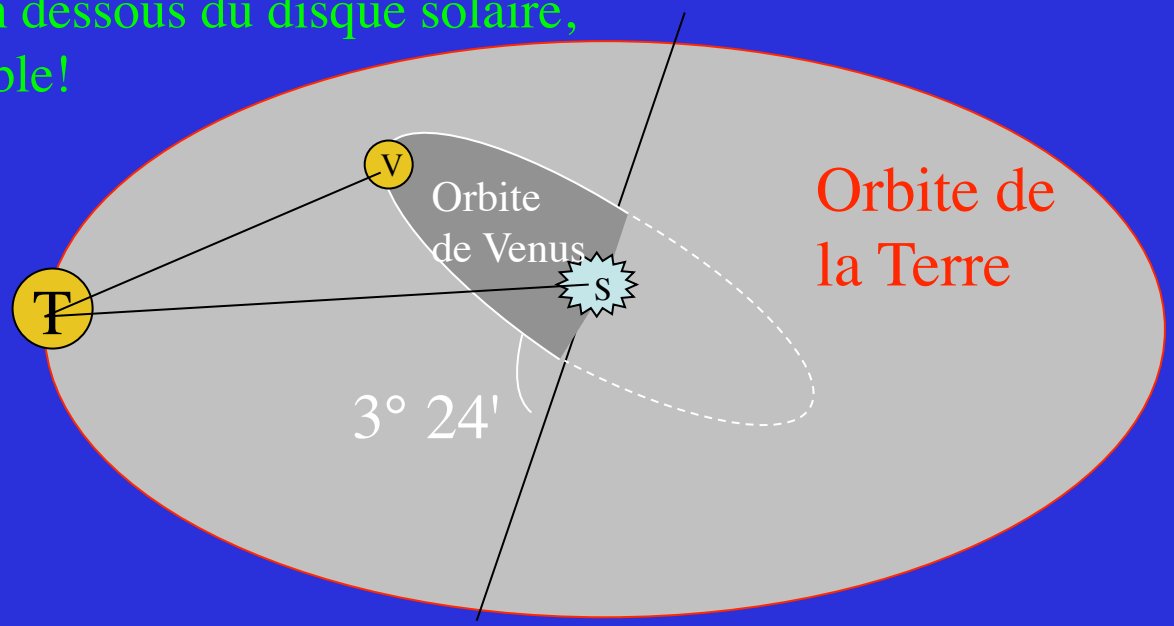
- Vénus doit passer entre la Terre et le Soleil: C' est la « conjonction inférieure »

Elle se produit tous les 584 j (soit 1 an 7 mois 10 jours)

Mais l' orbite de Vénus est inclinée de 3°24' par rapport à l' orbite terrestre:

Le plus souvent, lors de la conjonction inférieure,
Vénus passe au-dessus ou en dessous du disque solaire,
et il n' y a pas de transit visible!





Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Pourquoi ce phénomène est-il si rare?

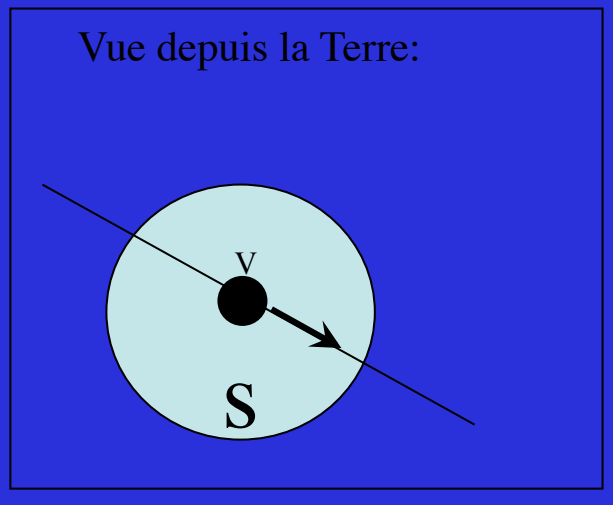
Quelles sont les conditions à satisfaire?

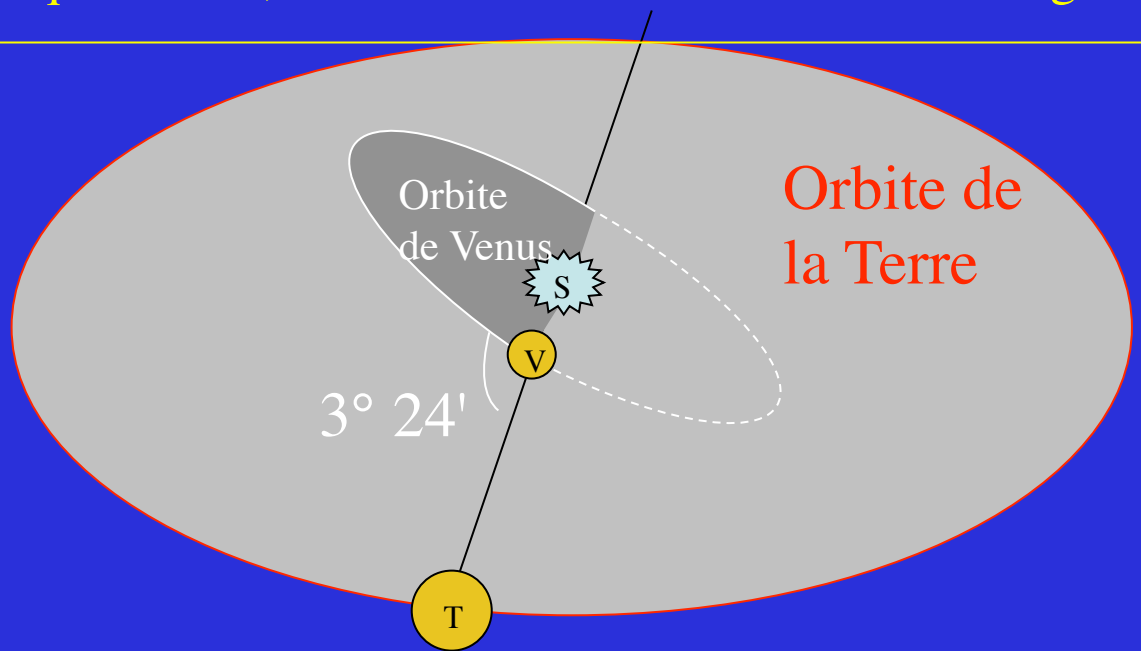
- Vénus doit passer entre la Terre et le Soleil: C' est la « conjonction inférieure »

Elle se produit tous les 584 j (soit 1 an 7 mois 10 jours)

Mais l' orbite de Vénus est inclinée de 3°24' par rapport à l' orbite terrestre:

- Pour qu' il y ait transit, il faut que Vénus, Terre et Soleil soient exactement alignés



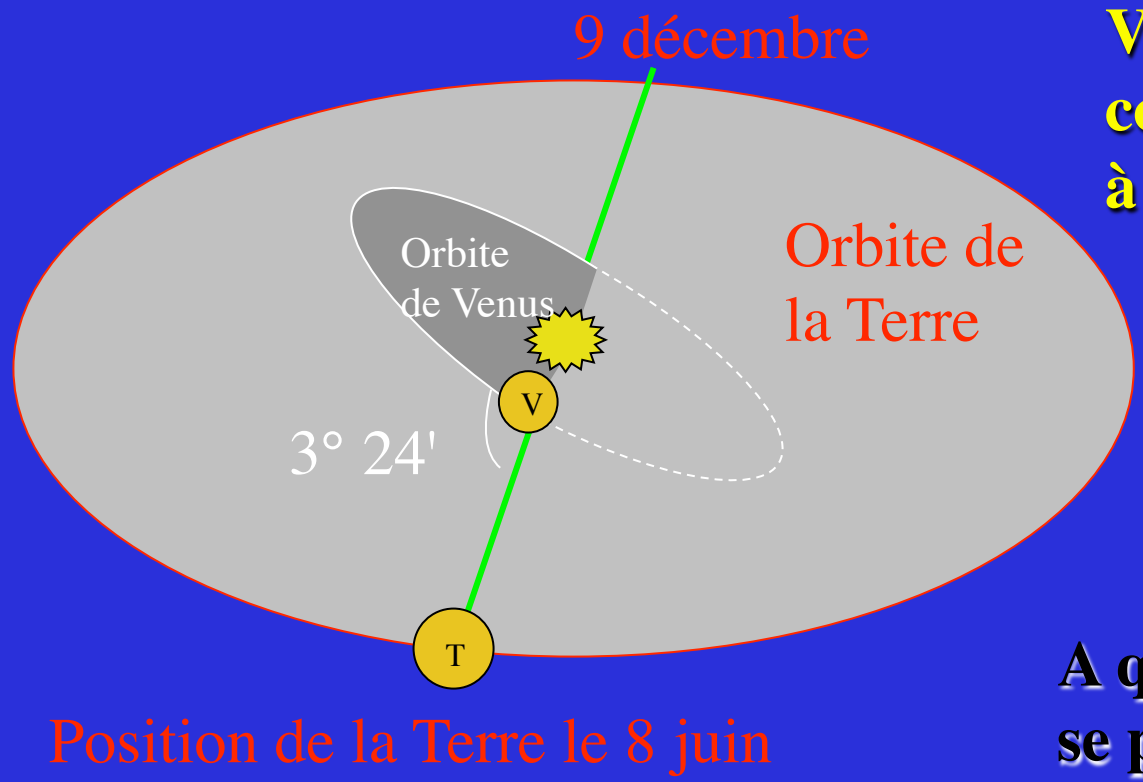


Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Pour qu'il y ait transit, il faut que Vénus, Terre et Soleil soient exactement alignés

C'est possible seulement le 8 juin et le 9 décembre de chaque année, lorsque la Terre se trouve sur la **ligne d'intersection** des plans orbitaux terrestres et de Vénus

Il y aura transit si Vénus est en conjonction inférieure à l'une de ces dates.



A quelle fréquence cela se produit-il?

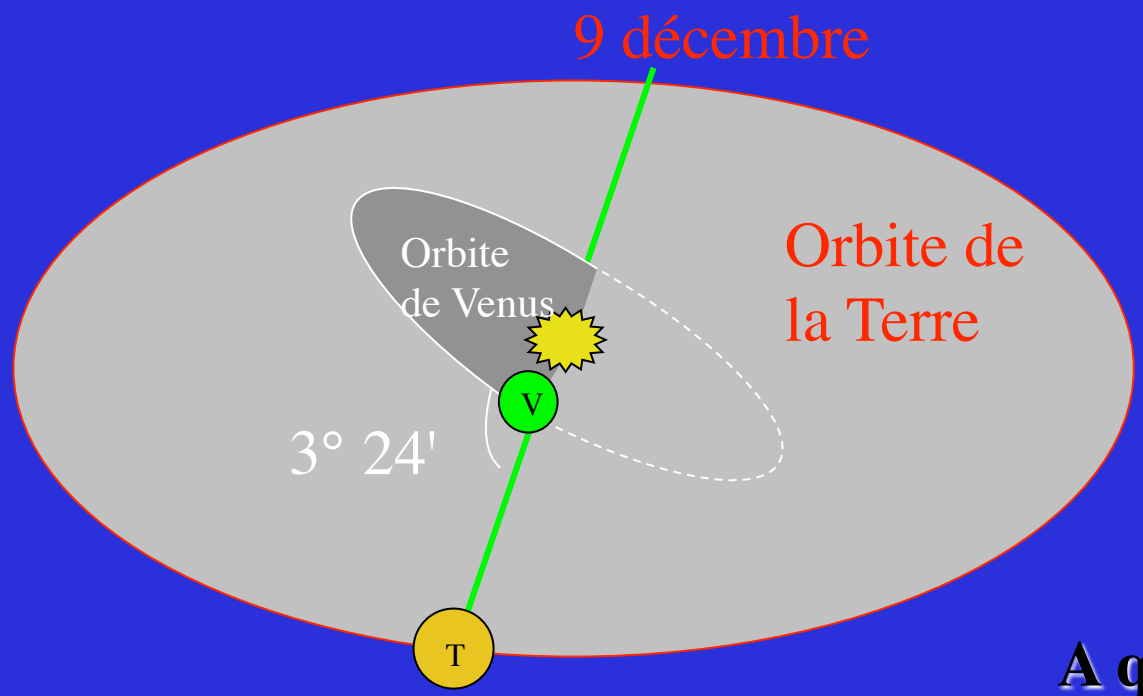
Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

La Terre revient à sa position du 8 juin tous les ans, par définition de l'année!

soit tous les 365,256 jours

Vénus revient à cette position après une année vénusienne,

soit tous les 224,701 jours



Position de la Terre le 8 juin

A quelle fréquence cela se produit-il?

Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…

Condition à satisfaire: conjonction inférieure le 8 juin (ou le 9 décembre)

Périodicité: Trouver le plus petit commun multiple (PPCM)

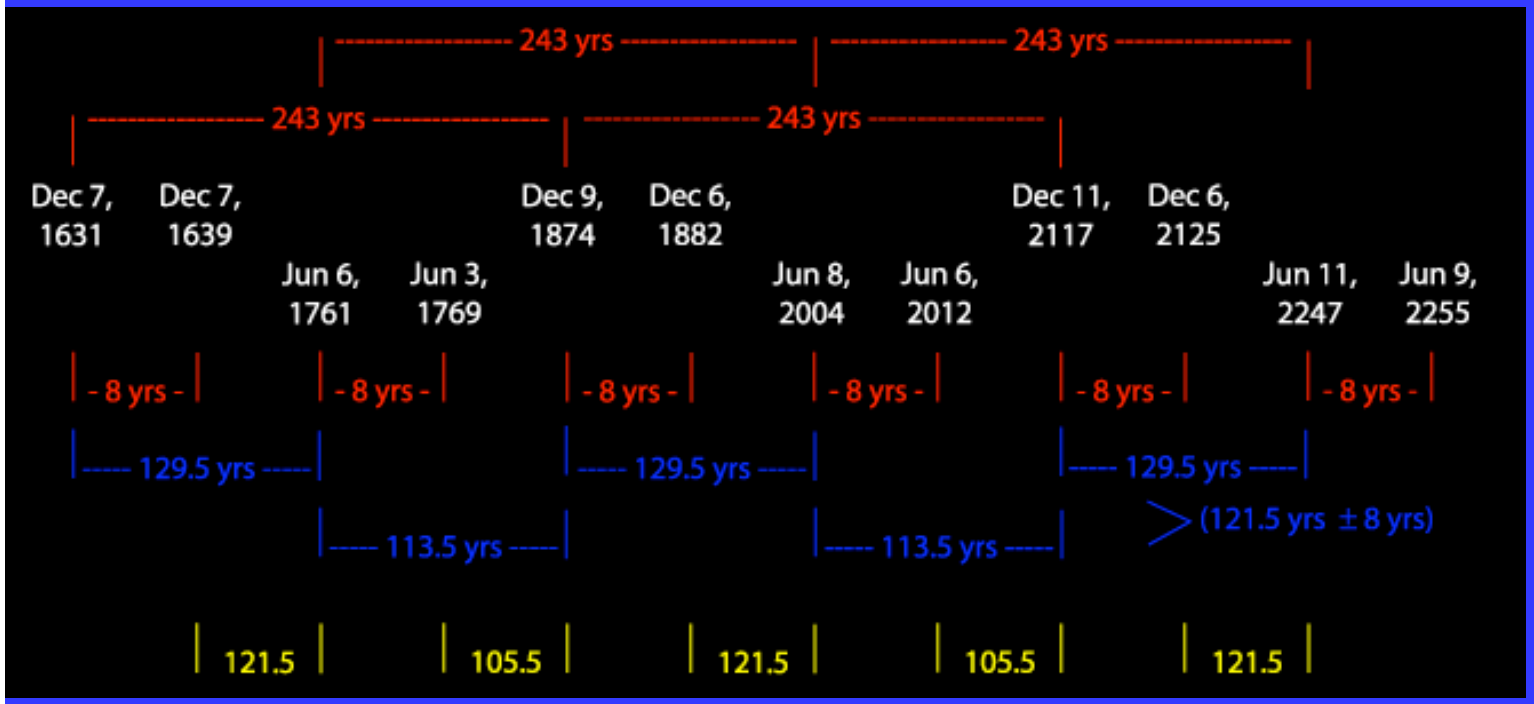
de l' année vénusienne P = 224.701 j

et de l' année terrestre T = 365.256 j

Solutions: 13 P = 8 T = 2922.05 j = 8 ans - 0.9 j
395 P = 243 T = 88757.21 j = 243 ans - 0.07 j

Conclusion: Les transits de juin (ou de décembre) se répètent à intervalles de 8 et 243 ans…

Succession des transits de Vénus



Transit en…

…décembre

…juin

Lorsque l'on considère l'ensemble des transits (juin + décembre),

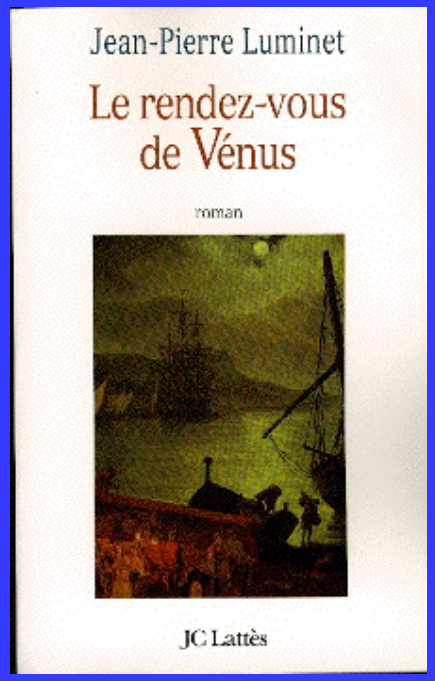
la succession devient plus complexe, et fait apparaître des périodes supplémentaires de

105.5 (= 243/2 - 8 - 8) ans
113.5 (= 243/2 - 8) ans
121.5 (= 243/2) ans
129.5 (= 243/2+ 8) ans

Lorsque Vénus a rendez-vous avec le Soleil…
Un peu d'histoire

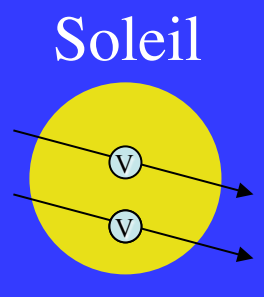
Les transits de 1761 et 1769 ont donné lieu à des expéditions astronomiques aux quatre coins de la planète, dans le but de mesurer la distance Terre-Soleil

Cette épopée est narrée dans…..



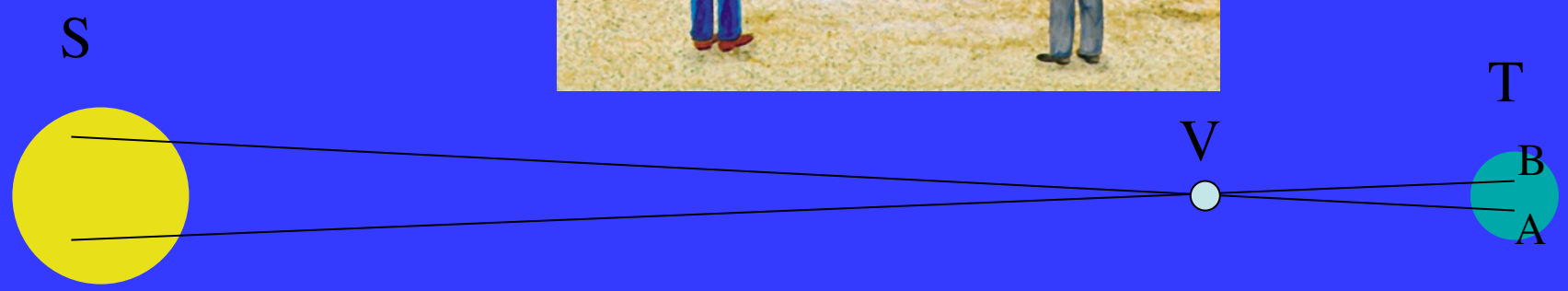
Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)



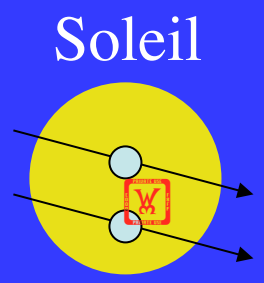
Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Les observateurs A et B, situés en deux endroits différents à la surface de la Terre, verront Vénus passer à des endroits différents du disque solaire: C'est l'effet de parallaxe.



Détermination de la distance Terre-Soleil

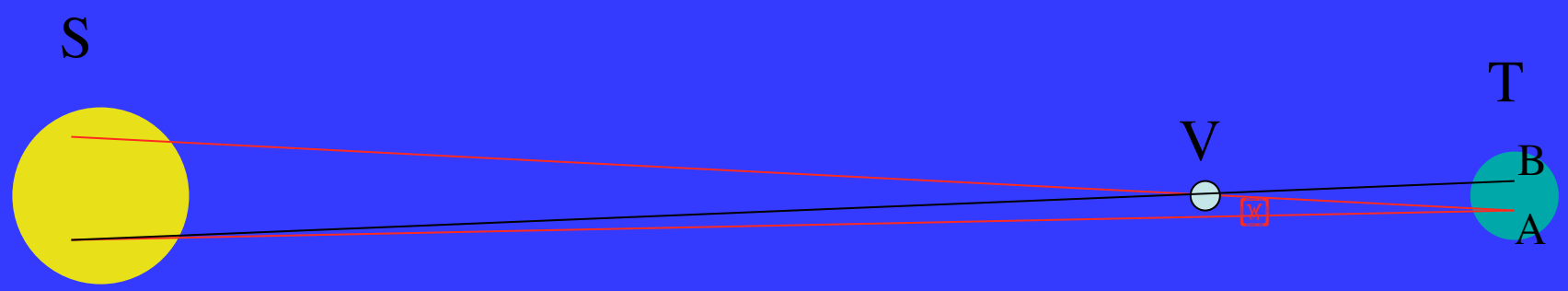
(Méthode de Halley, 1716)



Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

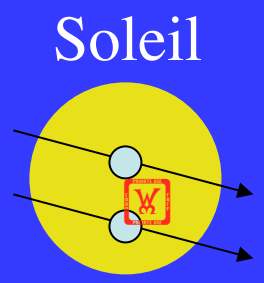
Les observateurs A et B, situés en deux endroits différents à la surface de la Terre, verront Vénus passer à des endroits différents du disque solaire: C'est l'effet de parallaxe.

En comparant leurs observations, ils peuvent en déduire l'angle ω séparant les deux trajectoires sur le disque solaire



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)



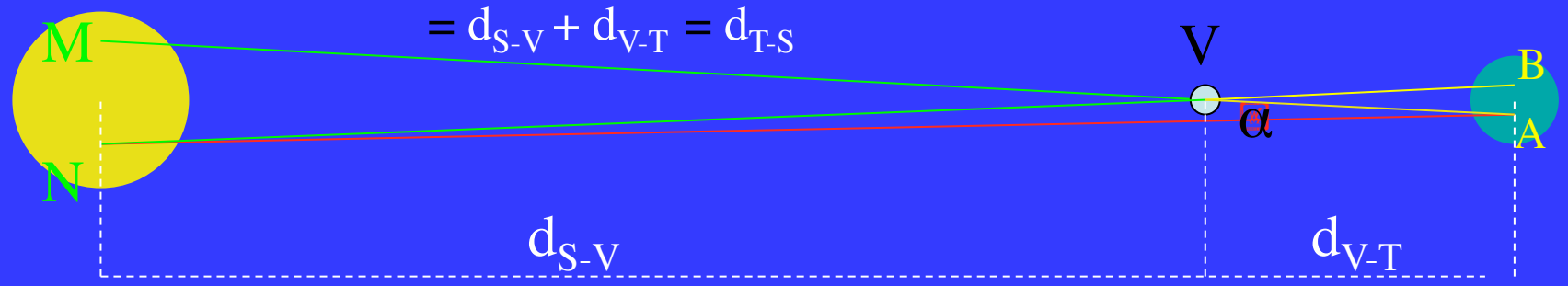
Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Les observateurs A et B, situés en deux endroits différents à la surface de la Terre, verront Vénus passer à des endroits différents du disque solaire: C'est l'effet de parallaxe.

En comparant leurs observations, ils peuvent en déduire l'angle α séparant les deux trajectoires sur le disque solaire

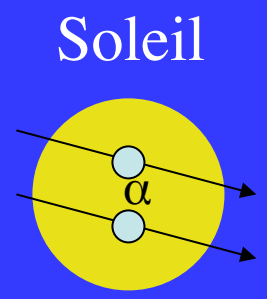
En résolvant les trois triangles MNV, VAB et NAB, il est possible de calculer la distance Terre-Soleil

$= d_{S-V} + d_{V-T} = d_{T-S}$



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)

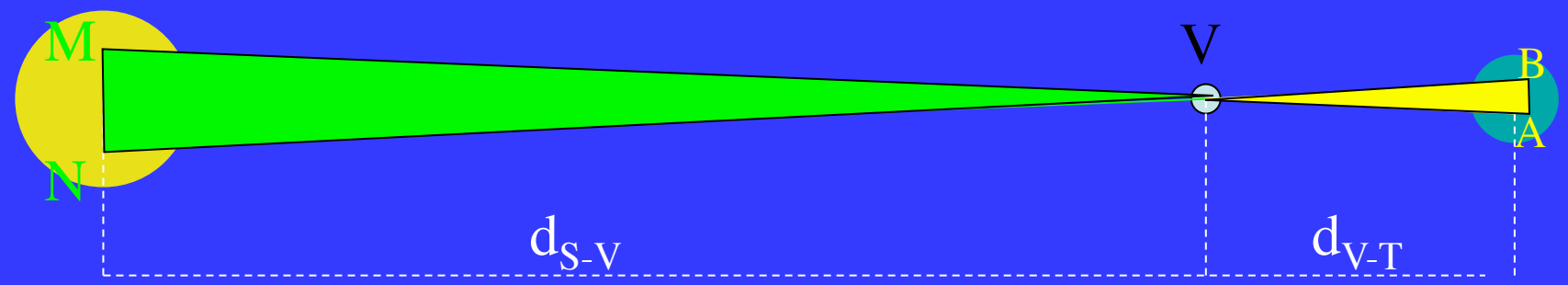


Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Pour ceux qui connaissent la trigonométrie…

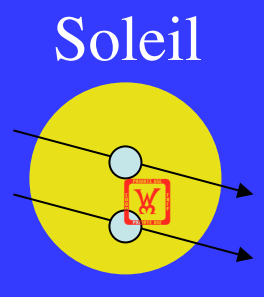
Les triangles MNV et VAB sont semblables; donc:

$$\frac{AB}{d_{V-T}} = \frac{MN}{d_{S-V}}$$



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)

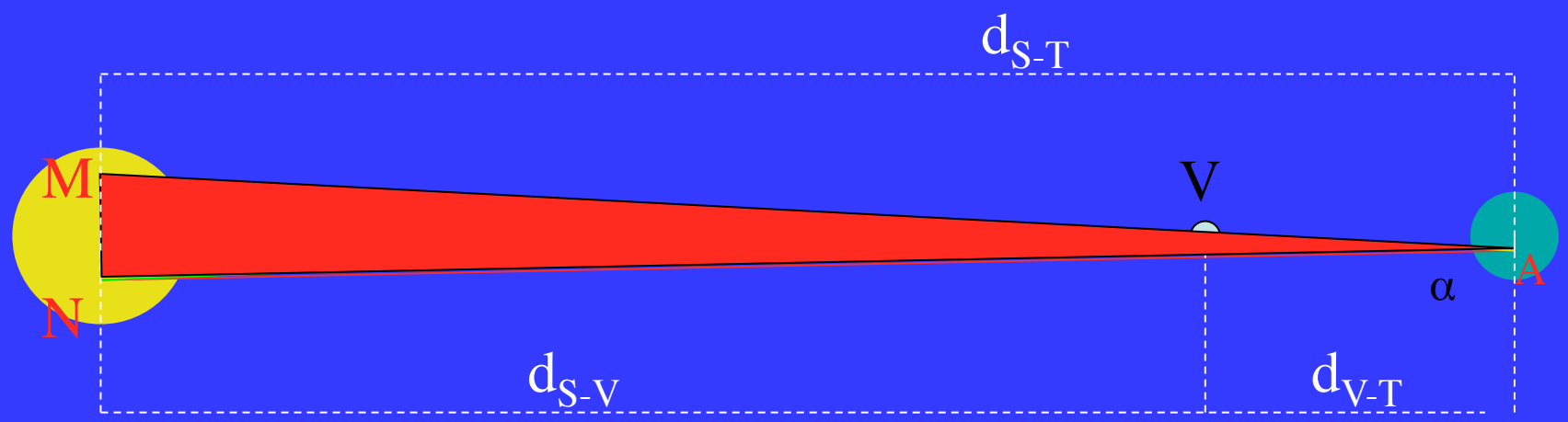


Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Pour ceux qui connaissent la trigonométrie…

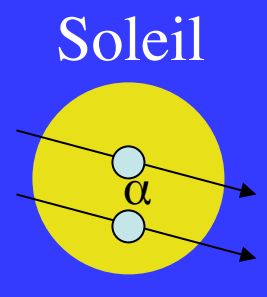
Définition de la tangente dans le triangle MNA; donc:

$$\frac{MN}{d_{S-T}} = \mathrm{tg}\ \alpha$$



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)

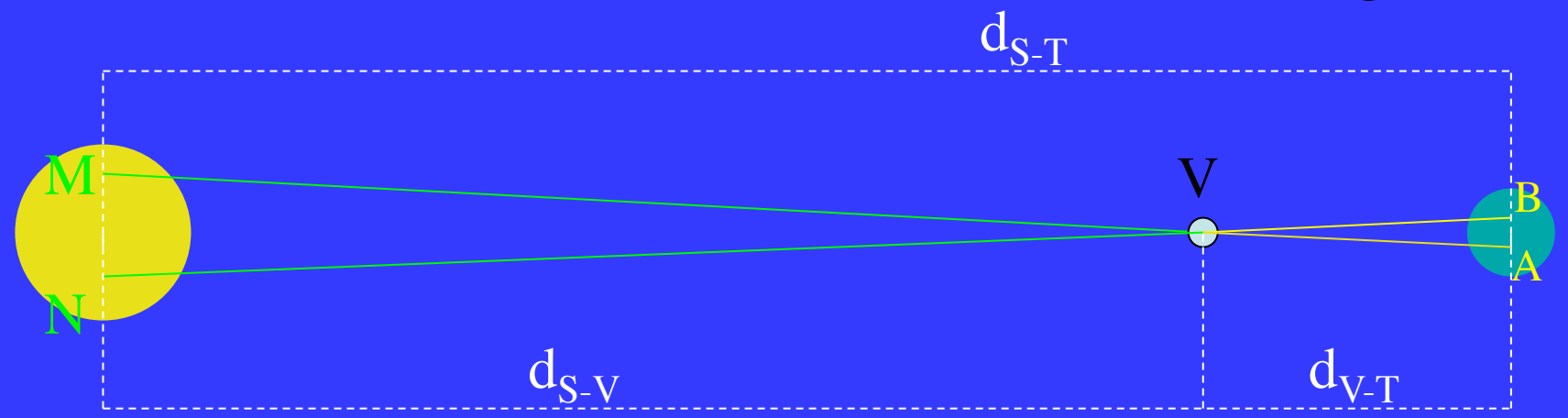


Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Pour ceux qui connaissent la trigonométrie…

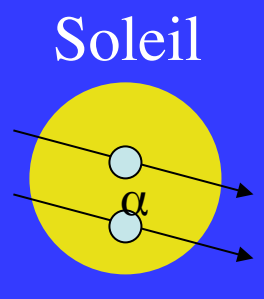
En éliminant MN entre ces deux relations:

$$\frac{AB}{d_{V-T}} = \frac{MN}{d_{S-V}} \qquad \frac{MN}{d_{S-T}} = \mathrm{tg}\ \alpha \longrightarrow d_{S-T} = AB\ \frac{1}{\mathrm{tg}\ \alpha}\ \frac{d_{S-V}}{d_{V-T}}$$



Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)



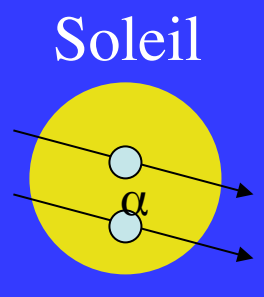
Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Cette relation lie la distance Terre-Soleil à la longueur de la base AB, qui peut être calculée à partir des coordonnées (latitude, longitude) des deux lieux A, B et du rayon de la Terre:

$$d_{S-T} = AB \frac{1}{\mathrm{tg}\ \alpha} \frac{d_{S-V}}{d_{V-T}}$$

Détermination de la distance Terre-Soleil

(Méthode de Halley, 1716)



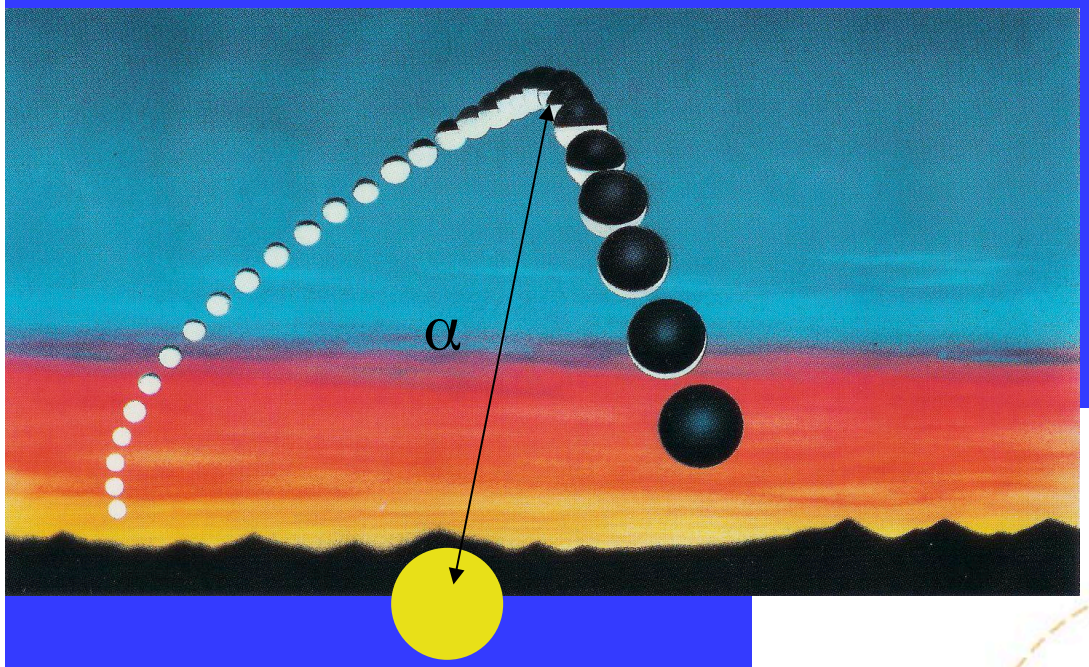
Observation du transit de Vénus sur le disque solaire depuis deux positions différentes (A, B) sur la Terre:

Cette relation lie la distance Terre-Soleil d_{S-T} à la longueur de la base AB, qui peut être calculée à partir des coordonnées (latitude, longitude) des deux lieux A, B et du rayon de la Terre:

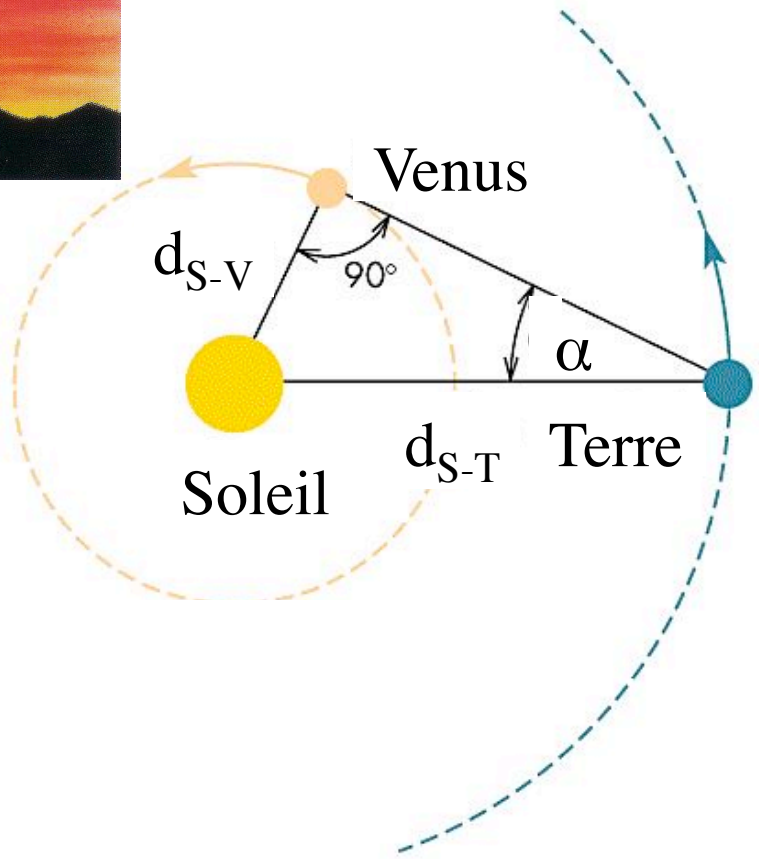
$$d_{S-T} = AB \frac{1}{\mathrm{tg}\ \alpha} \boxed{\frac{d_{S-V}}{d_{V-T}}}$$

Mais il faut encore au préalable déterminer le rapport d_{S-V} / d_{V-T} …

Rien de plus facile, par l'observation de l'élongation maximale de Vénus



Position apparente de Vénus au moment du coucher du soleil, jour après jour (le disque apparent de Vénus a été agrandi).



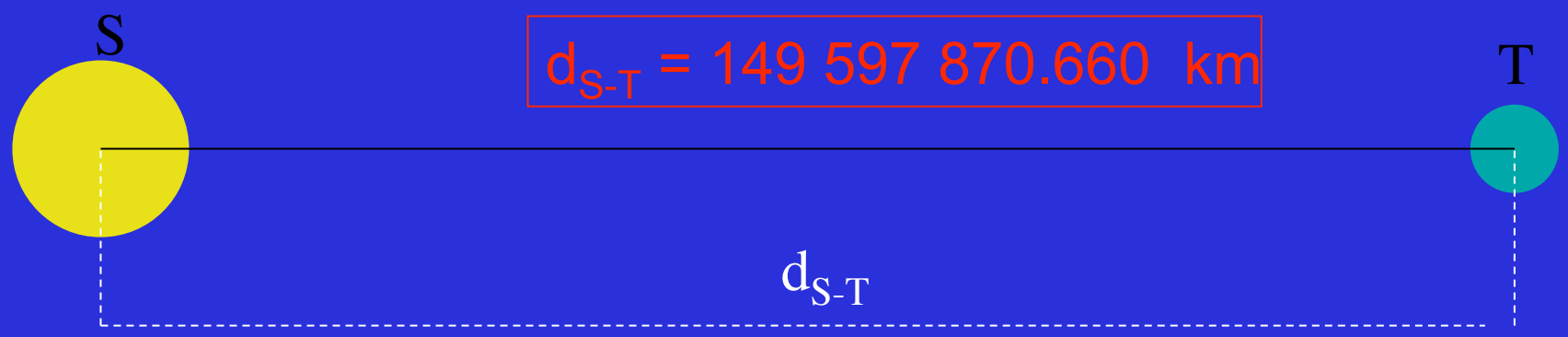
L'angle α est l'un des angles du triangle Soleil-Terre-Vénus. Dans ce triangle, on obtient immédiatement la relation manquante:

$$\frac{d_{S-V}}{d_{S-T}} = \sin\theta$$

Détermination de la distance Terre-Soleil: Résultats

Méthode	Auteur	d_{S-T} (millions de km)
•Passages de 1761 et 1769		149.50 ou 156.06
•Passages de 1761 et 1769	Encke (1824)	153.37
•Passages de 1874 et 1882	Newcomb (1890)	149.67
•Mesure Radar sur Vénus	NASA (1990)	149.59787

d_{S-T} = 149 597 870.660 km



Fin