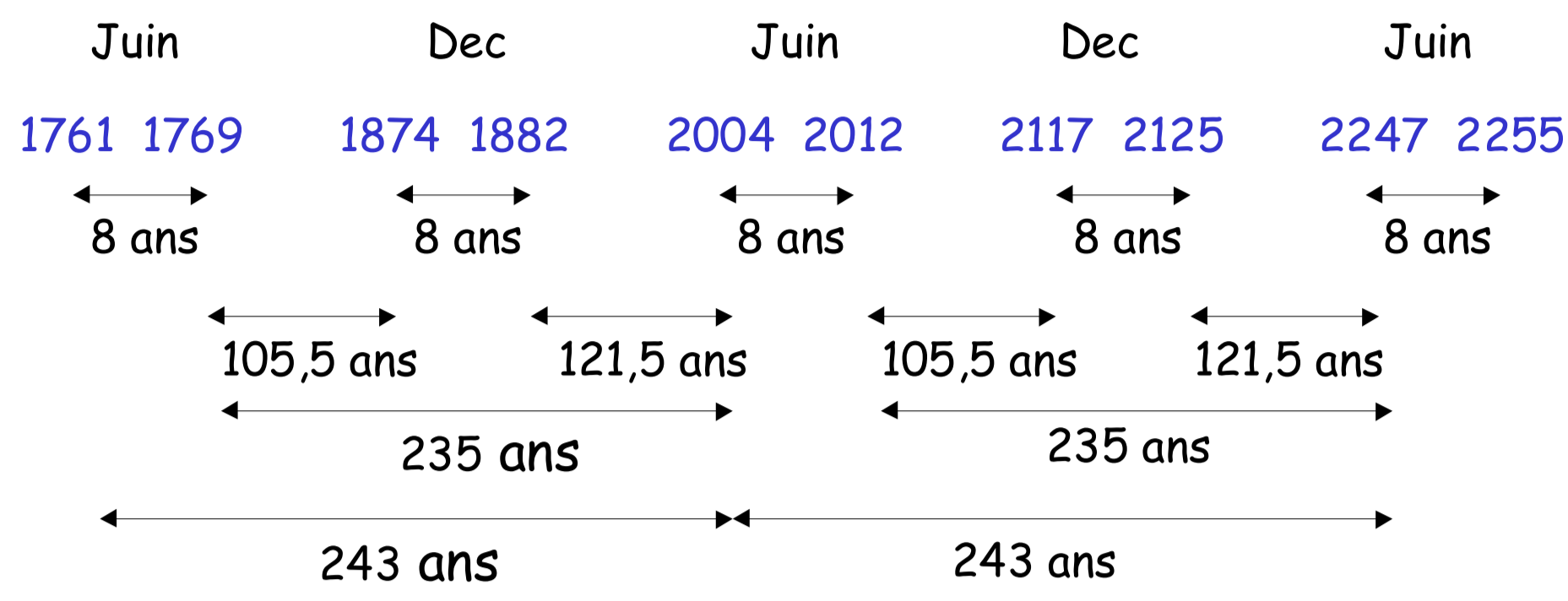


# Vénus passe devant le Soleil

Observez ce passage et participez à la mesure de la distance Terre-Soleil

## I - Les passages de Vénus devant le Soleil sont rares

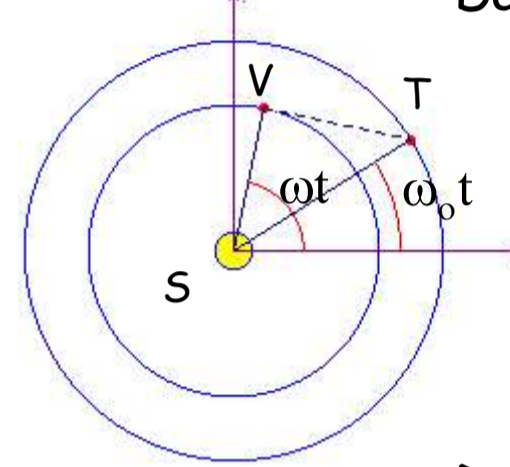
Dates des plus proches passages passés et futurs :



pourquoi ces périodicités ?

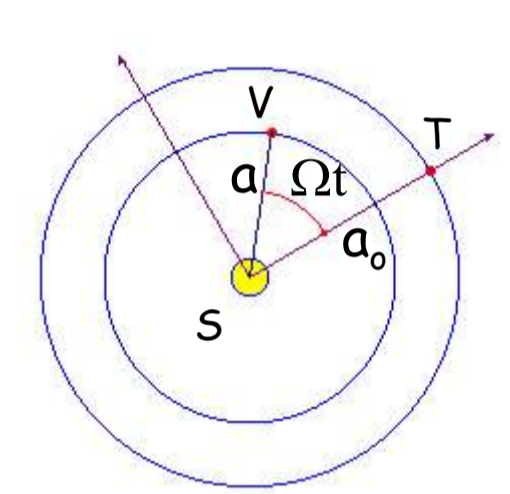
### 1 - Vénus peut passer devant le Soleil car son orbite est intérieure à celle de la Terre et quasi coplanaire

Dans un repère héliocentrique de directions fixes :



Période sidérale de Vénus :  $T = 224,70080$  j  
 Période sidérale de la Terre :  $T_0 = 365,25636$  j  
 Correspondant aux vitesses angulaires  $\omega$  et  $\omega_0$

Dans un repère héliocentrique tournant avec la Terre :

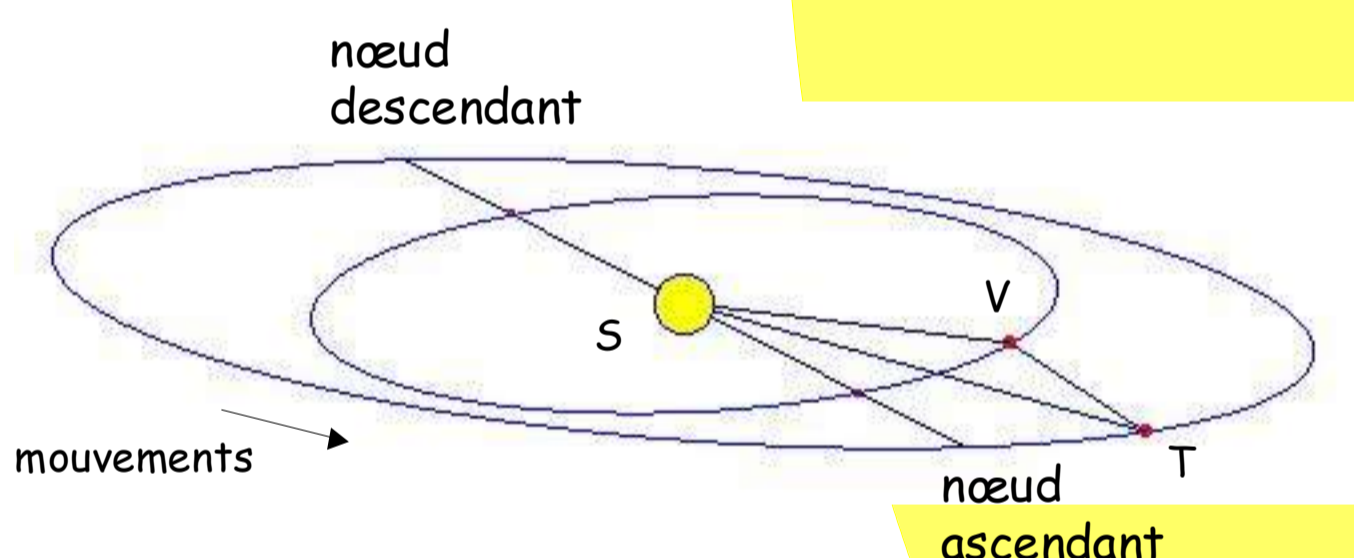


Période synodique de Vénus :  $P = 583,92136$  j  
 Correspondant à la vitesse angulaire  $\Omega = \omega - \omega_0$   
 L'angle STV est au plus égal à  $46^\circ.3$   
 Son observation donne  $\frac{a}{a_0} = \sin 46^\circ.3 = 0,723$

### 2 - Si les mouvements étaient coplanaires, Vénus passerait devant le Soleil à chaque alignement S V T

Ces alignements se répéteraient périodiquement avec la période synodique P

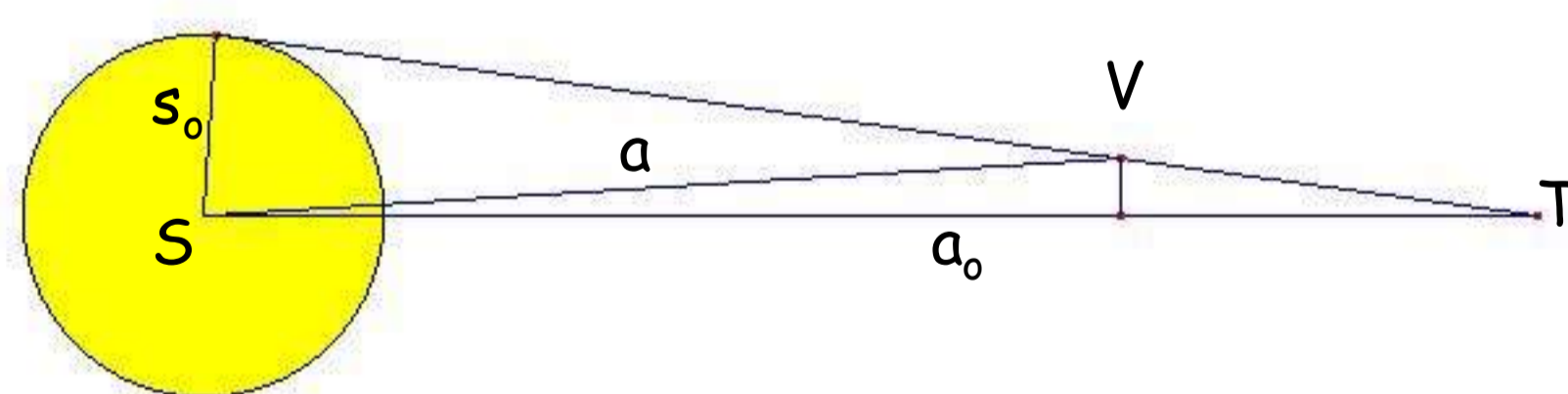
Mais les orbites sont inclinées l'une sur l'autre d'un angle de  $3^\circ.4$  : Les alignements ne peuvent se produire que sur la ligne d'intersection des 2 plans, appelée **ligne des nœuds**



La Terre passe au nœud ascendant en **Décembre** et au nœud descendant en **Juin**

$T_1 = 7h\ 40$   
 $T_0 = 7h\ 20$

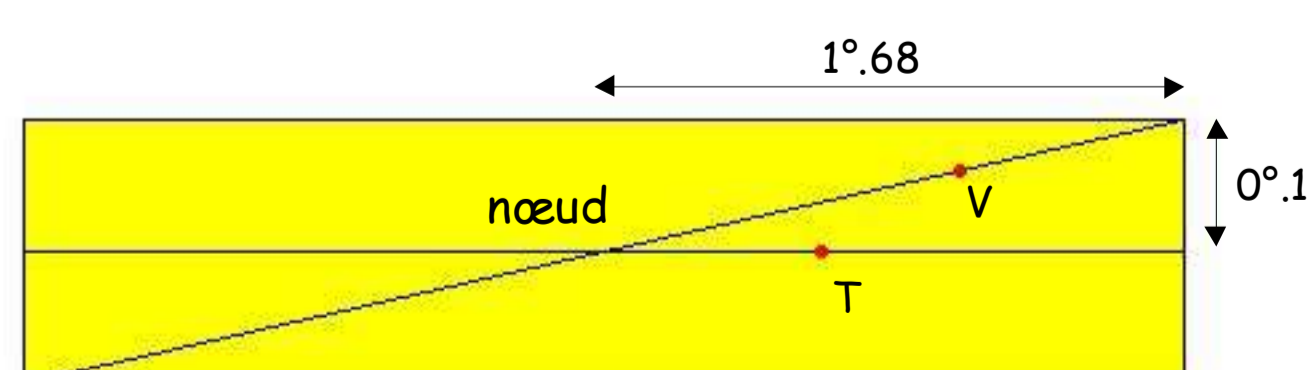
### 3 - Le Soleil n'étant pas ponctuel, vu de la Terre, Vénus peut passer devant le Soleil sans qu'il y ait alignement strict de S V T



Avec un rayon apparent du Soleil égal à  $16'$ , pour avoir un passage de Vénus devant le Soleil, la latitude de Vénus doit être inférieure à  $b_{max}$  (angle TSV) :

$$b_{max} = s_0/a_0 \times (a_0 - a)/a = 0^\circ.1$$

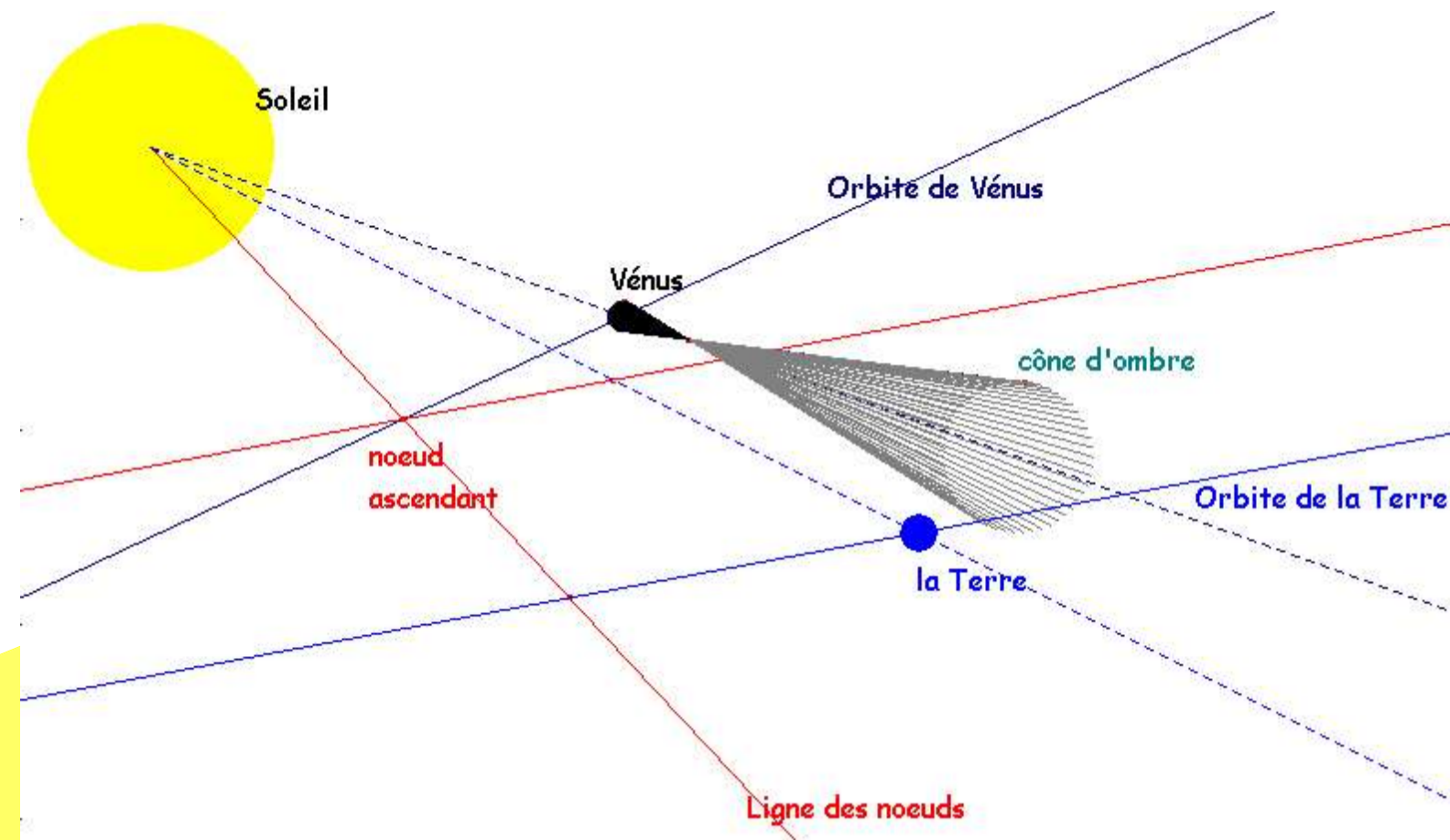
### 4 - C'est au voisinage d'un nœud que la latitude de Vénus peut se trouver comprise entre $-0^\circ.1$ et $+0^\circ.1$



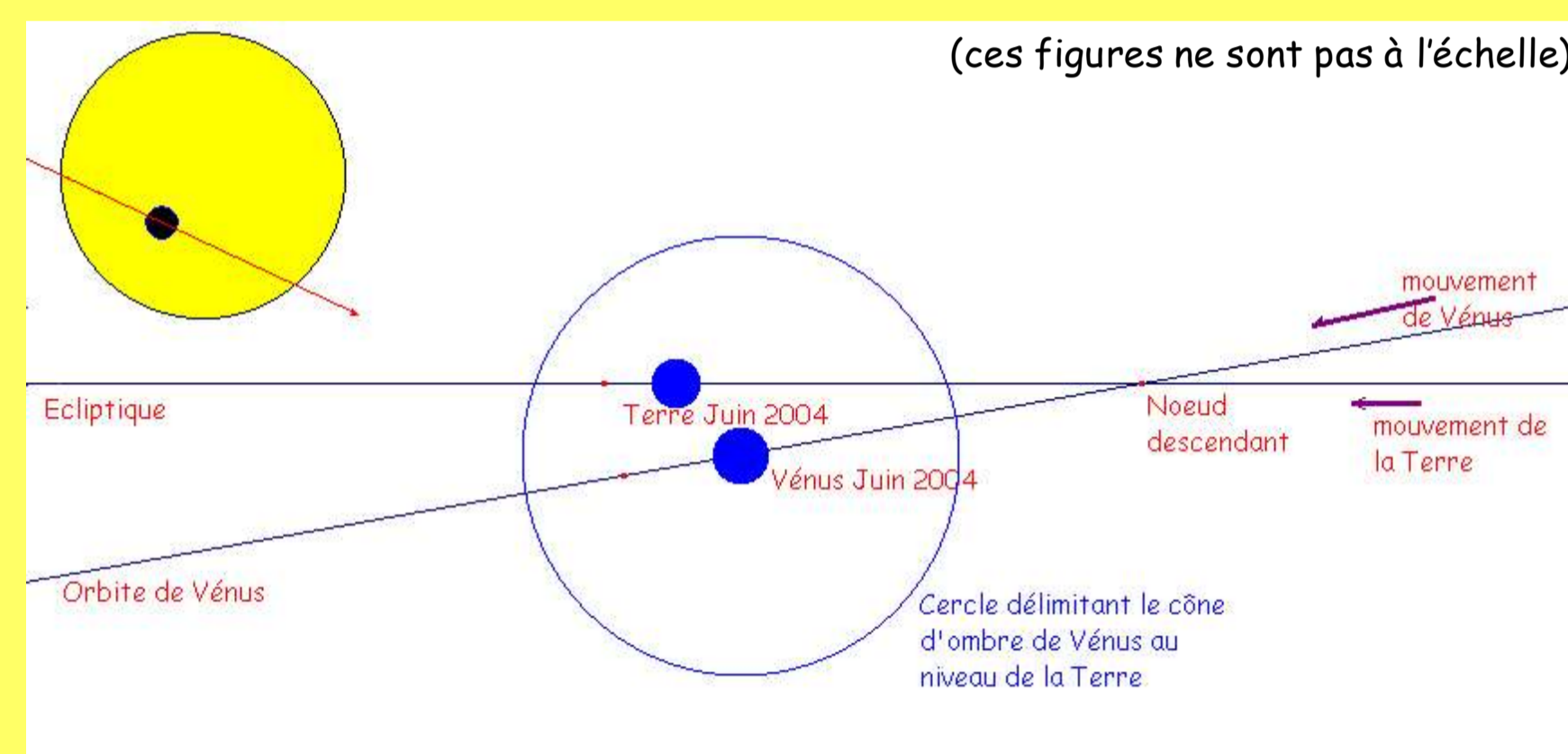
Avec une inclinaison de  $3^\circ.4$ , la « longueur » de ce voisinage d'un nœud vu depuis le Soleil vaut  $1^\circ.68$ .

Pour parcourir ce voisinage, Vénus met **2.1 jours** tandis que la Terre y passe en **3.4 jours**

### 5 - On voit Vénus passer devant le Soleil quand la Terre passe dans le cône d'ombre de Vénus dans le voisinage d'un des nœuds



### 6 - Le 8 Juin 2004, La Terre passe dans le cône d'ombre de Vénus au voisinage du nœud descendant



Passage de la Terre dans le cône d'ombre de Vénus, vu du Soleil  
 En haut à gauche, passage de Vénus devant le Soleil, vu de la Terre

### 7 - Le retour des passages de Vénus devant le Soleil dépend des mouvements de Vénus et de la Terre par rapport à la ligne des nœuds.

A cause des perturbations de l'ensemble des planètes, cette ligne tourne sur l'écliptique à raison de  $17''.85$  par an dans le sens rétrograde. Alors, le retour à un des nœuds s'effectue en une période draconitique, plus courte que la période sidérale. Elle vaut

- pour la Terre :  $365,25133$  j
- pour Vénus :  $224,69889$  j

Si l'on part d'un passage simultané de la Terre et de Vénus à un même nœud, leur retour simultané à ce même nœud se produit lorsque, pour deux entiers  $p$  et  $q$ , on a l'égalité :

$$p \times 365,25133 = q \times 224,69889$$

### 8 - Le rapport des périodes peut être développé en fractions continues

Voici 4 approximations successives de ce rapport :

$$\frac{224,69889}{365,25133} = 0,61518979 \sim \frac{8}{13} \sim \frac{235}{382} \sim \frac{243}{395} \sim \frac{21619}{35142}$$

Le premier rapport donne :

$$\left. \begin{array}{l} 8 \times 365,25133 \text{ j} = 2922,01 \text{ j} \\ 13 \times 224,69889 \text{ j} = 2921,08 \text{ j} \end{array} \right\} \text{écart : } 0,92 \text{ jour}$$

La différence entre ces 2 durées est inférieure aux 2.1 jours que passe Vénus au voisinage d'un nœud à moins de  $0^\circ.1$  de latitude. Vénus et la Terre peuvent ainsi se retrouver à **8 ans** d'intervalle dans le voisinage d'un même nœud.

Le troisième rapport donne :

$$\left. \begin{array}{l} 243 \times 365,25133 \text{ j} = 88756,073 \text{ j} \\ 395 \times 224,69889 \text{ j} = 88756,061 \text{ j} \end{array} \right\} \text{écart : } 0,012 \text{ jour}$$

Cette très faible différence fait qu'à **243 ans** d'intervalle, Vénus et la Terre se retrouvent dans des positions relatives aux nœuds presque identiques.

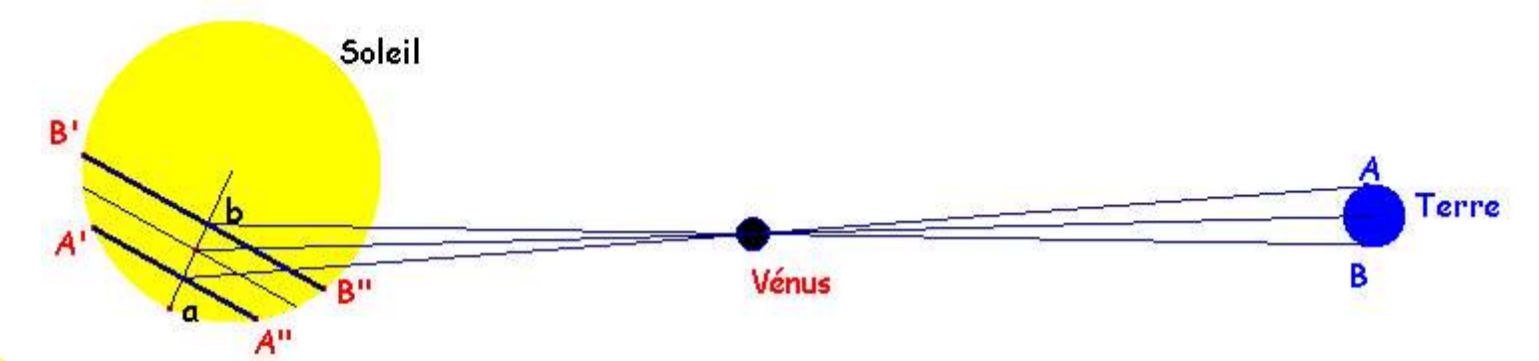
Le rapport intermédiaire n'apporte rien de neuf : Il concerne la périodicité de 235 ans (243 - 8). Le dernier rapport indique une périodicité quasi stricte de 21619 ans, trop longue cependant pour être prise en compte, même à moyen terme.

**Ces commensurabilités des périodes expliquent la récurrence des passages de Vénus devant le Soleil avec des cycles de 8 ans et de 243 ans. La période de 121.5 ans, correspond à l'alternance des passages aux nœuds ascendant et descendant (en décembre et en juin).**

## II- L'observation des passages de Vénus devant le Soleil à partir de plusieurs positions éloignées sur la Terre permet de calculer la distance Terre-Soleil en km

Historiquement, des expéditions ont été montées lors des 4 derniers passages (1761, 1769, 1874, 1882) pour réaliser des observations en Europe et depuis l'hémisphère sud, avec souvent de nombreuses péripéties (voir le site de l'IMCCE).

Le principe de la mesure vient du fait que la façon dont on voit Vénus passer sur le Soleil dépend du lieu d'observation (effet de parallaxe)

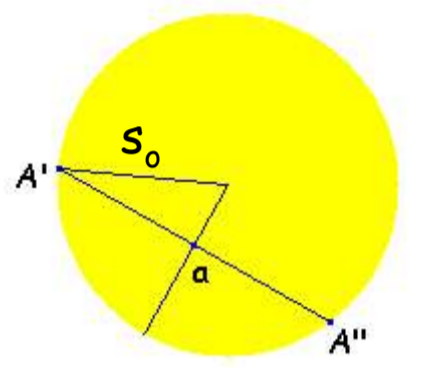


### 1 - Voici une des méthodes (simplifiée) utilisant cet effet de parallaxe

Schématiquement, un observateur terrestre A voit passer Vénus sur le disque solaire selon une corde  $A'A''$ , dont la longueur est proportionnelle à la durée du parcours. Un autre observateur B voit Vénus passer sur une corde  $B'B''$  généralement différente de  $A'A''$  ; la distance des 2 cordes est ici notée  $ab$ .

Le principe de l'observation du passage en A est de mesurer les instants  $t_1$  et  $t_2$  où Vénus commence (en  $A'$ ) et termine (en  $A''$ ) son transit devant le Soleil, d'où l'on tire la durée  $D$  de ce passage. Ces instants sont ceux des contacts intérieurs des disques de Vénus et du Soleil.

Connaissant la vitesse angulaire du mouvement de Vénus autour du Soleil et cette durée  $D$ , on calcule l'angle sous lequel la corde  $A'A''$  est vue depuis la Terre, puis, avec le rayon apparent du Soleil ( $s_0 = 16'$ ), on obtient la distance angulaire du milieu de cette corde au centre du disque solaire.



L'angle sous lequel la distance  $ab$  des 2 cordes est vue depuis la Terre est aussi la différence des angles sous lesquels on a pu calculer entre le milieu de chaque corde et le centre du disque solaire.

Par ailleurs, les coordonnées géographiques de A et B permettent de calculer leur distance  $\Delta$  en km. On peut montrer que connaissant le rapport des distances de Vénus et de la Terre au Soleil (0.723 pour des orbites circulaires), la distance  $ab$  des deux cordes sur le disque solaire est alors exprimable en fonction de  $\Delta$  et donc aussi calculable en km.

L'angle sous lequel la distance des 2 cordes est vue depuis la Terre étant donc connu ainsi que sa valeur en km, on en déduit la distance Terre-Soleil en km.

Voyez le site de l'IMCCE pour les détails de cette méthode et d'autres.

## 2 - Observez le passage le 8 Juin 2004

**ATTENTION** cependant à ne pas observer à l'œil sans précaution :

Comme pour l'éclipse de Soleil de 1999, utilisez des lunettes ou des filtres, ou mieux encore observez le Soleil par projection sur un écran.

Voir le site [www.imcce.fr/vt2004/fr/mesure.html](http://www.imcce.fr/vt2004/fr/mesure.html) pour tous conseils et précisions.

En vous inscrivant auprès de ce site, vous participerez avec de nombreux autres observateurs répartis sous toutes les latitudes, à une nouvelle détermination de la distance Terre-Soleil.

Il vous suffira de transmettre les coordonnées géographiques du lieu où vous observez et ainsi que les heures observées du début et de la fin du passage de Vénus devant le Soleil.

## III - Références utiles

On trouvera de nombreuses informations sur les passages de Vénus ou de Mercure devant le Soleil sur le site de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul d'Ephémérides :

[www.imcce.fr/vt2004/fr](http://www.imcce.fr/vt2004/fr)

On y trouvera aussi de nombreux liens vers les organismes qui participent à l'opération « VenusTransit-2004 »

On trouvera des explications simples sur le calcul de la distance Terre-Soleil à partir du passage de Vénus sur le site de CLEA (Comité de Liaison Enseignants-Astronomes) :

[www.ac-nice.fr/clea](http://www.ac-nice.fr/clea)

Ce poster et d'autres animations sont aussi accessibles sur le site :

[www.univ-lille1.fr/lal](http://www.univ-lille1.fr/lal)