

Le jeu de Vénus, de la Terre et du Soleil

Matériel : - papier cartonné A4, rapporteur, règle graduée, cutter ou ciseaux, crayons de couleur, calculatrice.

Données : - rayons des orbites supposées circulaires : $R_{\text{Terre}} \approx 150$ millions de km soit 1 U.A.
et $R_{\text{Vénus}} \approx 108$ millions de km soit 0,723 U.A.
- périodes de révolution $T_{\text{Terre}} \approx 365,25$ jours
 $T_{\text{Vénus}} \approx 224,70$ jours

Le passage de Vénus devant le Soleil survient lorsque Vénus se trouve directement entre le Soleil et la Terre. Alors qu'il semble que ce phénomène puisse arriver fréquemment, on peut mettre en évidence, par l'étude des dates de passage une périodicité : 8 ans, 120,5 ans, puis 8 ans, et 105,5 ans et ainsi de suite.

Les passages ont donc lieu par paires (à 8 ans d'écart), et sont séparés par un intervalle de plus d'un siècle. Il n'y a eu aucun passage au 20^{ème} siècle et il y en aura deux au 21^{ème} siècle, les 8 juin 2004 et 6 juin 2012.

Cette activité a pour but de comprendre de manière simplifiée la fréquence étonnante du phénomène.

A. La course-poursuite.

Le problème revient à celui de deux championnes cyclistes la Terre et Vénus sur une piste circulaire. Une des deux, Vénus en l'occurrence est la plus rapide conformément aux lois de Kepler.

On se propose de représenter les positions des deux planètes tous les 73 jours ($365 = 5 \times 73$).

- Tracer sur du papier cartonné deux cercles représentant, à l'échelle, respectivement les orbites de la Terre et de Vénus. Indiquer la position du Soleil S.
- Choisir arbitrairement sur chaque orbite les positions T_0 et V_0 , respectivement de la Terre et de Vénus correspondant à une conjonction inférieure, Vénus est alors entre le Soleil et la Terre. Ce sera la date $t=0$.
- Faire les calculs nécessaires pour trouver la position T_1 de la Terre au bout de 73 jours. La placer sur l'orbite.
- Faire de même pour la position V_1 de Vénus.
- Placer ensuite les positions de la Terre et de Vénus prises tous les 73 jours jusqu'à T_8 et V_8 . Utiliser des couleurs différentes pour les positions T Terre et V Vénus.
- Compléter le tableau suivant. Sur la troisième ligne vous indiquerez, vu de la Terre, la position de Vénus par rapport au Soleil.



N° de la position	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Date t en jours	0	73							
Position de Vénus									

- Découper le papier cartonné en suivant l'orbite de la Terre.

On appelle "période synodique" d'une planète le temps qui s'écoule entre deux conjonctions inférieures consécutives.

1. Vérifier en suivant la Terre et Vénus sur la maquette qu'il n'y a pas de conjonction possible avant la position n°8 des deux planètes.
2. En déduire la période synodique de Vénus.
3. Combien de tours auront effectué Vénus et la Terre au cours d'une période synodique ?

Pourquoi alors n'y a-t-il pas de passages à chaque période synodique ?

B. Quelques facteurs ayant une influence sur la fréquence des passages

1. L'inclinaison de l'orbite

L'orbite de Vénus est inclinée de $3,4^\circ$ par rapport à l'écliptique (le plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil).

Si les orbites étaient coplanaires, il se produirait un passage à chaque conjonction inférieure de Vénus.

L'orbite de Vénus traverse le plan de l'écliptique en deux points. Le point où l'astre passe du côté "sud" de l'écliptique côté au "nord" s'appelle le **noeud ascendant**, l'autre point, le **noeud descendant**. Ces deux points définissent la **ligne des noeuds**, intersection des deux plans orbitaux.

Le passage de Vénus devant le Soleil ne peut se produire que **s'il y a conjonction au voisinage d'un noeud**, configuration très rare.

- Sur le papier cartonné, inciser de part et d'autre de la ligne des noeuds l'orbite de Vénus afin que cette ligne soit alignée avec les positions T_0 et V_0 .
- Incliner l'orbite de Vénus en la faisant pivoter autour de la ligne des noeuds. Pour plus de clarté il faudra exagérer l'inclinaison de quelques degrés.



4. Y a-t-il passage pour la conjonction T_8-V_8-S ? Préciser sur le dessin ci-contre la position de Vénus par rapport au Soleil et à l'écliptique à conjonction.



Montrons maintenant que si le passage se produit lors de la conjonction initiale $S - V_0 - T_0$, il peut se reproduire 8 ans plus tard.

5. Vérifier, en utilisant votre construction, qu'au bout de cinq périodes synodiques la Terre et Vénus retrouvent approximativement la conjonction initiale $S-V_0-T_0$.
6. Combien de révolutions autour du Soleil auront alors effectué la Terre et Vénus ?

Les passages de Vénus ont lieu, à l'heure actuelle, début juin lors du passage au nœud descendant ou début décembre au nœud ascendant.

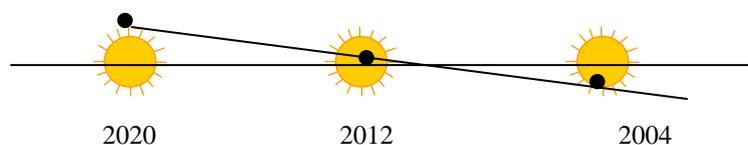
Pourquoi alors les passages ne se produisent-ils pas tous les huit ans ?

2. Un phénomène plus complexe.

Nous avons vu que 13 révolutions de Vénus correspondaient approximativement à 8 révolutions de la Terre autour du Soleil et à 5 périodes synodiques. Ceci n'est qu'approximatif et ne "coïncide" pas parfaitement :

$$13 \times T_{\text{Vénus}} \approx 2921,1 \text{ jours} ; 8 \times T_{\text{Terre}} \approx 2922 \text{ jours et } 5 \times T_{\text{synodique}} = 2920 \text{ jours.}$$

La conjonction à proximité de la ligne des nœuds a lieu non pas huit ans après la précédente mais 8 ans et 2,5 jours après. Pour les passages au nœud descendant de juin, par exemple, des passages auront lieu en 2004 et en 2012 mais pas en 2020. Nous retrouverons un cas favorable de ce type en 2255 seulement soit 243 ans après 2012 !!



En outre les planètes n'ont pas des trajectoires circulaires autour du Soleil, en réalité elles sont elliptiques et perturbées par les autres astres. Il en résulte que la ligne des nœuds des planètes, ainsi que les positions du périhélie et de l'aphélie, ne sont pas fixes, mais sont animées de faibles mouvements de précession.

Cela complique donc encore plus les choses !

Complément : voir les animations sur le site <http://www.venus-transit.de/TransitMotion/index.htm>.

Périhélie : point de l'orbite d'une planète où sa distance est minimale par rapport au Soleil.

Aphélie : point de l'orbite d'une planète où sa distance est maximale par rapport au Soleil.