VÉNUS

**Niveau**:troisième-seconde

**Lien avec le programme**:

3e : grandeurs composées, changement d’unités, relations trigonométriques dans un triangle rectangle, cercle et tangente.

2de : développer la vision dans l’espace ; introduire les notions de plans et droites de l’espace et leurs positions respectives ; fournir ainsi des configurations conduisant à des problèmes aptes à mobiliser d’autres champs des mathématiquesou de la physique.

**Lien avec *Les maths au quotidien*** : **Astronomie**

**Activité papier/crayon**

Dans le système solaire, il y a huit planètes qui tournent autour du Soleil. Parmi celles-ci, il y a la planète Vénus, la fameuse « étoile du Berger », qui est plus proche du Soleil que la Terre. On dit que Vénus est une planète *inférieure*, ou bien *intérieure*.

La *révolution sidérale* de Vénus, c’est-à-dire le temps qu’elle met pour faire un tour complet autour du Soleil et se retrouver à la même position par rapport aux étoiles lointaines, est plus courte que celle de la Terre. La révolution sidérale de la Terre est d’environ 365,256 [jours](http://fr.wikipedia.org/wiki/Jour) et celle de Vénus d’environ 224,701 [jours.](http://fr.wikipedia.org/wiki/Jour)

Toutes les planètes du système solaire se trouve approximativement dans un même plan, le *plan de l’écliptique* et on considérera pour l’activité que :

- Les orbites de Vénus et de la Terre sont circulaires (elles le sont presque…) de centre le Soleil.

- Les orbites de Vénus et de la Terre sont dans un même plan.

- Les vitesses de rotation de Vénus et la Terre autour du Soleil sont uniformes.

On note S, T, et V respectivement les centres du Soleil, de la Terre et de Vénus.

Vénus est au plus proche de la Terre :

1. quand les points S, V et T sont alignés dans cet ordre

2. quand les points S, T et V sont alignés dans cet ordre

3. quand les points T, S et V sont alignés dans cet ordre

4. quand le triangle STV est rectangle en V.

S

T

V1 conjonction inférieure

V2 conjonction supérieure

Quand les points S, V et T sont alignés dans cet ordre, on parle de *conjonction inférieure*.

Quand les points T, S et V sont alignés dans cet ordre, on parle de *conjonction supérieure*.

Vénus et la Terre sont donc au plus proche lors d’une conjonction inférieure.

Ouvrir le fichier geogebra.

Le curseur correspond au nombre de jours.

En a=0, Vénus et la Terre ont une conjonction inférieure. Entre quels nombres ***entiers consécutifs*** de jours Vénus et la Terre se retrouvent-elles à nouveau en conjonction inférieure.

 583 et 584

On va calculer maintenant le temps T séparant deux conjonctions inférieures de Vénus. On appelle ce temps la *période synoptique* de Vénus.

En un jour, la Terre tourne de 360/365,256 degrés et Vénus de 360/224,701 degrés.

Donc en un jour Vénus s’écarte de 360/224,701−360/365,256 degrés de la Terre.

On en déduit la période synoptique de Vénus : T ≈583,92jours (deux décimales)

C’est environ un multiple de cette durée qui sépare deux lancers de sondes vers Vénus (voir par exemple sur internet les dates de lancers de sondes d’exploration de Vénus…).

On pourrait croire que c’est à la conjonction inférieure que Vénus offre la meilleure observation puisqu’elle est au plus proche de la Terre.

Il n’en est rien. En effet, à cause de la lumière du Soleil, Vénus offre une observation médiocre (et dangereuse car elle n’est visible que de jour) lorsqu’elle est « proche » du Soleil.

On appelle *élongation* de Vénus l’angle $\hat{STV}$, en degrés.

L’élongation est maximale lors la droite (VT) est tangente au cercle correspondant à l’orbite de Vénus. Cela signifie que le triangle STV est rectangle

Il y a 2 moments dans l’année où cette élongation est maximale.

Construire les deux positions orbitales de Vénus d’élongation maximale :

S

T

Calcul de l’élongation maximale

La distance moyenne Terre-Soleil est d’environ 149 600 000 km.

La distance moyenne Vénus-Soleil est d’environ 108 200 000 km.

On en déduit l’élongation maximale : 46 degrés (arrondir à l’unité)

S

T

EM-ouest

EM-est

V

V

Vue du système Soleil-Vénus-Terre, depuis le nord terrestre

La Terre et Vénus tourne dans le sens contraire des aiguilles d’une montre. La terre tourne sur elle-même également dans le sens contraire des aiguilles d’une montre.

Lorsque Vénus se trouve à l’ouest par rapport au Soleil, on parle d’élongation maximale occidentale.

Le moment de la journée où l’on voit Vénus dans le ciel nocturne est alors le matin.

Lorsqu’elle se trouve à l’est du Soleil, on parle d’élongation maximale orientale.

Le moment de la journée où l’on voit Vénus dans le ciel nocturne est alors le soir.

Lors d’une élongation maximale, au télescope, on voit :

moins que la moitié de Vénus

la moitié de Vénus

plus que la moitié de Vénus

Un mois avant l’élongation maximale orientale :

|  |  |
| --- | --- |
| Au télescope, on voit :moins que la moitié de Vénus,la moitié de Vénusplus que la moitié de Vénus | Par rapport à l’élongation maximale orientale : Vénus parait plus petiteVénus parait avoir le même diamètreVénus parait plus grande |

La meilleure observation de Vénus se situe autour des élongations maximales, car Vénus est plus « éloignée » du Soleil et de plus la magnitude de Vénus est optimale.

Quelques calculs

Distance moyenne Terre-Soleil : 149 600 000 km

Distance moyenne Vénus-Soleil : 108 200 000 km

Diamètre moyen Soleil : 1 391 000 km

Diamètre moyen Terre : 12 742 km

Diamètre moyen Vénus : 12 104 km

L’unité astronomique est la distance moyenne Terre-Soleil.

La distance moyenne Vénus-Soleil est d’environ 0,72 unité astronomique (arrondir à 2 décimales).

Le diamètre de Vénus représente environ 95 % de celui de la Terre (arrondir à l’unité).

Si le Soleil mesurait un mètre de diamètre :

Le diamètre de la Terre serait d’environ 0,9 cm (arrondir à une décimale).

La distance Terre-Soleil serait d’environ 108 m (arrondir à l’unité)

La distance Vénus-Soleil serait d’environ 78 m (arrondir à l’unité)

Transit de Vénus (à lire pour les bons)

Un *transit* de Vénus a lieu lorsque, vu de la Terre, Vénus passe devant le Soleil. Vous allez me dire que cela se produit à chaque conjonction inférieure de Vénus, mais cela n’est pas vrai.

Nous avons supposé dans l’activité précédente que les orbites de Vénus et de la Terre étaient dans un même plan. En fait, ce n’est pas tout-à-fait vrai :

L'orbite de Vénus est [inclinée](http://fr.wikipedia.org/wiki/Inclinaison) de 3,4° par rapport à celle de la Terre :

Terre

Vénus

Soleil

Ligne des Nœuds

Nœud descendant

Nœud ascendant

Par conséquent, dans la plupart des cas, lorsque Vénus et la Terre sont en [conjonction](http://fr.wikipedia.org/wiki/Conjonction_%28astronomie%29) inférieure, elles ne sont pas alignées avec le Soleil. Vénus passe alors au-dessus ou en dessous du Soleil. Au pire des cas, Vénus est à 108 200 000×sin (3,4) km « au-dessus » ou « en dessous » du Soleil, c'est-à-dire environ 6 416 949 km soit plus de 4,6 diamètres solaires.

Le transit advient quand les deux planètes sont en conjonction au moment (ou presque au moment) où elles croisent la [ligne d'intersection de leurs plans orbitaux](http://fr.wikipedia.org/wiki/N%C5%93ud_ascendant). Cette ligne est appelée ligne des nœuds et l’orbite de Vénus coupe cette ligne des nœuds en deux points : le nœud ascendant et le nœud descendant.

Voici quelques transits dans l’histoire :

7 décembre 1631 (prédit par Kepler) – 4 décembre 1639 (le premier observé)− 6 juin 1761 − 3 juin 1769 − 9 décembre 1874 − 6 décembre 1882 − 8 juin 2004 − 6 juin 2012

On observe des intervalles de temps de 8 ans, 121,5 ans, 8 ans, 105,5 ans, 8 ans, 121,5 ans, 8 ans.

On aurait envie de parier que les prochains transits de Vénus vont avoir lieu début décembre 2117 puis début décembre 2125…et on aurait raison.

Un cycle de 8 + 121,5 + 8 + 105,5 = 243 ans semblent se dégager. Voyons cela mathématiquement.

La *période draconitique*, de la Terre ou bien de Vénus, est le temps qui s'écoule entre deux passages sur la ligne des nœuds, côté nœud ascendant ; elle est légèrement plus courte  que la période sidérale et vaut 365,25133 jours pour la Terre et 224,69889 jours pour Vénus.

Deux conjonctions inférieures successives de Vénus et de la Terre sont espacées de la période synodique de 583,92136 jours (valeur plus précise ici que dans l’activité, voir l’activité pour le calcul).

Lorsque la Terre et Vénus passent simultanémentsur la ligne des nœuds, côté nœud ascendant par exemple, on pourra obtenir le même phénomène si un nombre entier *p* de périodes draconitiques de la Terre correspond assez précisément à un nombre entier *q* de périodes draconitiques de Vénus, c’est-à-dire s’il existe deux entiers  *p*  et  *q*  tels que :

*p*× 365,25133 ≈ *q*× 224,69889

Dans cette durée, on aura aussi *q* − *p* périodes synoptiques :

*p*× 365,25133  ≈  (*q*−*p*) × 583,92136

On cherche donc une fraction $\frac{p}{q}$ qui approche le rapport $\frac{22 469 889}{36 525 133}$ , avec bien sûr *p* et *q* pas trop grands.

Le développement en fraction continue de cette dernière fraction, voir l’activité « Calendrier »

amène$\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈ [0, 1, 1, 1, 1] soit $\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈$\frac{3}{5}$

3×365,25133 = 1 095,75399

5×224,69889 = 1 123,49445

La différence de jours est grande pour générer un transit.

On trouve aussi $\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈[0, 1, 1, 1, 1, 2] soit $\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈$\frac{8}{13}$

8×365,25133 = 2 922,01064

13×224,69889 = 2921, 08557

5×583,92136 = 2 919,6068

Les résultats précédents sont proches. Il se pourrait bien que si un transit arrivait sur un nœud, un autre transit sur le même nœud arrive 8 ans plus tard…

$\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈[0, 1, 1, 1, 1, 2, 29]soit$\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈$\frac{235}{382}$

235×365,25133 = 85 834,06255

382×224,69889 = 85 834,7598

147×583,92136 = 85836,43992

Les résultats précédents sont proches. Il se pourrait bien que si un transit arrivait sur un nœud, un autre transit sur le même nœud arrive 235 ans plus tard…

Enfin,

$\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈[0, 1, 1, 1, 1, 2, 29, 1]soit$\frac{22 469 889}{36 525 133}$≈$\frac{243}{395}$

243×365,25133 = 88 756,07319

395×224,69889 = 88 756,06155

147×583,92136 = 88756,04672

Observez comme ces trois valeurs sont extrêmement proches !

Les transits semblent pouvoir se répéter dans presque exactement les mêmes conditions tous les 243 ans.

D’où sortent les 105,5 ans et les 127,5 ans observés ?

Entredécembre 1639 et juin 1761, on compte 121.5 années (moitié de 243 ans).  Vénus, en conjonction inférieure avec Terre dans le voisinage du nœudascendant en décembre 1639 a été en conjonction avec la Terre au voisinage dunœuddescendant en juin 1761.

Entre les passages de la Terre en ces nœuds, il s'écoule      121.5 x 365.25133  = 44378.04 j
Entre les passages de Vénus en ces nœuds, il s'écoule       197.5 x 224.69889 = 44378.03 j
Entre les conjonctions de 2004 et de 2125, il s'écoule76 × 583,92136 = 44378,2 jours
La quasi égalité de ces 3 durées explique le transit de 1761.

L’intervalle 105,5 ans s’explique exactement de la même façon.

**Remarques** :

**1.** 105,5 + 8 + 121,5 = 235 et on retrouve notre 235 intervenant dans la fraction continue (retour d’un transit à un même nœud).

**2.** En [1771](http://fr.wikipedia.org/wiki/1771), en recoupant les données des transits de [1761](http://fr.wikipedia.org/wiki/1761) et [1769](http://fr.wikipedia.org/wiki/1769), l’astronome français [Jérôme Lalande](http://fr.wikipedia.org/wiki/Joseph_J%C3%A9r%C3%B4me_Lefran%C3%A7ois_de_Lalande) établit la valeur de l'unité astronomique à 153 millions de kilomètres (±1 million). On sait maintenant qu’elle est d’environ 149 600 000 km. La précision fut moins bonne qu'escomptée à cause du phénomène de la goutte noire.

**3.** La séquence 105,5 / 8 / 121,5 / 8 n’est pas la seule possible dans la période de 243 ans à cause du léger décalage entre la conjonction et le passage à la [ligne des nœuds](http://fr.wikipedia.org/wiki/N%C5%93ud_ascendant). Avant [1518](http://fr.wikipedia.org/wiki/1518), il n’y avait que trois transits tous les 243 ans suivant la séquence 8 / 113,5 / 121,5, et les huit transits précédant celui de l'an 546 étaient espacés de 121,5 ans. La séquence actuelle continuera jusqu’en 2846 et sera alors remplacée par la séquence 105,5 / 129,5 / 8. Ainsi, la période de 243 ans est relativement stable mais le nombre de transits et leur espacement pendant cette période change au cours des âges.