

AVEC NOS ÉLÈVES

Modélisation des phases de Vénus

Sylvie Thiault, Lyon⁽¹⁾

Les ateliers du mercredi de l'observatoire de Lyon, animés par Philippe Merlin, explorent le potentiel de modélisation des mouvements des corps célestes qu'offre GeoGebra. Nous vous proposons ici de modéliser le mouvement de Vénus du point de vue d'un observateur terrestre pour comprendre les phases de Vénus et la variation de son diamètre apparent.

Notre but est de représenter l'aspect de Vénus depuis la Terre et de prévoir son diamètre angulaire ainsi que sa phase en fonction de la date. Pour simplifier, on prend le point de vue d'un observateur qui serait au centre de la Terre et on fait l'hypothèse d'une orbite de Vénus circulaire, parcourue à vitesse constante, centrée sur le Soleil et située dans le plan de l'écliptique.

Notions abordées

Mathématiques : tangente à un cercle, angles orientés, coordonnées polaires, calcul de longueurs, d'angles, géométrie dans l'espace (intersection d'une sphère avec un cône, un cylindre, un plan).

Astronomie : conjonction, opposition, élongation maximale, phase, angle de phase, plan de l'écliptique, orbite, période sidérale, période synodique.

On peut commencer par simuler une observation virtuelle de Vénus sur une longue période avec un logiciel comme Stellarium. On peut chercher la magnitude minimale de Vénus, son diamètre apparent maximal, les distances minimale et maximale à la Terre... En zoomant, on peut voir qu'elle change d'aspect, ce qu'avait déjà remarqué Galilée il y a plus de quatre siècles...

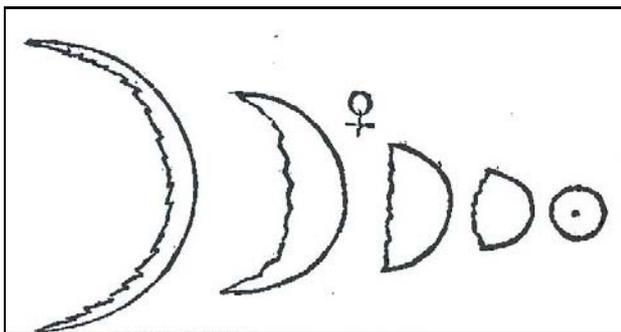


Fig. 1. Les dessins des observations des phases de Vénus par Galilée. Il annonça sa découverte à Kepler par cette anagramme "Haec Immatura a me jam frustra leguntur, o.y." (en vain, ces choses sont accueillies aujourd'hui prématurément par moi) qui donne, en changeant l'ordre des lettres, "Cynthiae figuras aemulatur mater amorum" (la mère des amours imite les phases de Diane).

Une maquette

Ce type de réalisation permet de comprendre très simplement l'origine des phases de Vénus.

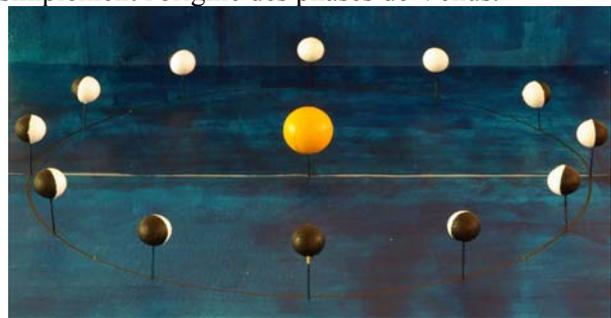


Fig. 2. La maquette des phases de Vénus.

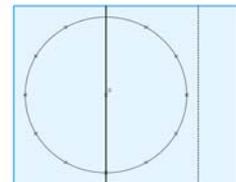
Fabrication de la maquette

Matériel

- Une plaque de carton plume de 8 mm d'épaisseur (format 80 cm × 1 m).
- Une boule de polystyrène de 5 cm de diamètre mini.
- Une dizaine de petites boules de polystyrène ou de cotillon de 3 cm de diamètre maxi.
- Une dizaine de cure-dent.
- Peinture jaune, noire, bleue (facultatif).

Réalisation

- Pour chacune des petites boules, placer une bande adhésive le long d'un grand cercle pour épargner un hémisphère et peindre en noir l'autre hémisphère. Les petites boules représenteront Vénus.
- Fixer les petites boules sur les cure-dents.
- Peindre en jaune la grosse boule de 5 cm : ce sera le Soleil.
- Au cutter, inciser la plaque de carton plume comme indiqué sur le schéma. Le pointillé indique que l'on incise sur la face du dessous, le trait plein la face de dessus.



Cela permettra d'avoir une maquette pliable...

- Repérer S, le centre du carré de côté 80 cm, tracer un cercle de centre S et de rayon 35 cm.

(1) D'après le document « Zieuter Vénus » préparé par Philippe Merlin pour les ateliers du mercredi de l'observatoire de Lyon.

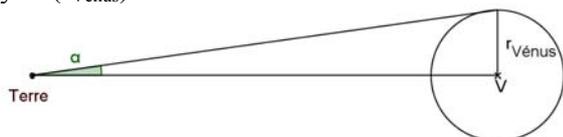
- Graduer ce cercle comme indiqué sur le schéma précédent. Pour une meilleure visibilité, on peut peindre en bleu la plaque de carton plume.
Disposer les « Vénus » pour que la face « éclairée » soit correctement positionnée. Observer...

Quelques calculs

Nous admettrons que la partie de la planète qui est éclairée par le Soleil est une demi-sphère.

Le diamètre apparent de Vénus.

On cherche le diamètre apparent de Vénus (α) en fonction de la distance Terre-Vénus (TV), et de son rayon ($r_{\text{Vénus}}$).



On trouve : $\tan \alpha = r_{\text{Vénus}} / TV$.

L'angle de phase

L'angle de phase est un angle orienté qui a pour sommet le centre de l'objet éclairé, la direction du Soleil comme premier côté et la direction de l'observateur comme deuxième côté.

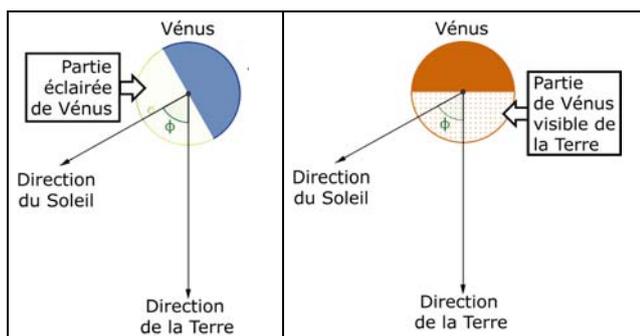


Fig.3. L'angle de phase est noté Φ . On a représenté sur chacun des dessins la partie de Vénus indiquée. L'aspect de Vénus vue depuis la Terre dépend de l'angle de phase.

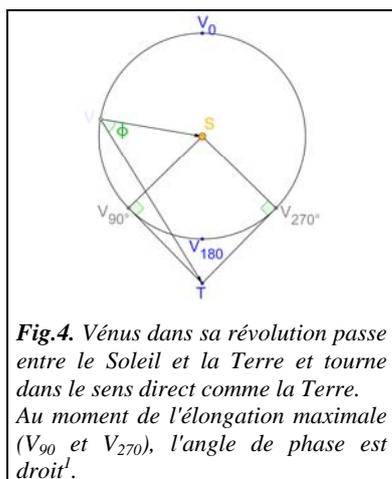


Fig.4. Vénus dans sa révolution passe entre le Soleil et la Terre et tourne dans le sens direct comme la Terre. Au moment de l'élongation maximale (V_{90} et V_{270}), l'angle de phase est droit¹.

¹ Dans le HS10 mathématiques et astronomie p 53-54, vous trouverez le calcul des diamètres apparents maximal et minimal de Vénus ainsi que le calcul de son élongation maximale.

Modélisation à l'aide de GeoGebra

Remarques préalables :

- on considère un repère de centre le Soleil, où le centre de la Terre est fixe ;
- une partie de l'écran représente le plan de l'écliptique observé depuis un point de vue éloigné (on se place "au-dessus" du Soleil, au nord du plan de l'écliptique) ; une autre partie représente la projection de Vénus sur la sphère céleste vue de la Terre. On prendra comme convention que si Vénus est à 1 unité astronomique de la Terre, son rayon vaut 0,2 unité graphique.

Nous allons réaliser une animation GeoGebra permettant de :

- positionner Vénus dans son mouvement autour du Soleil, par rapport au centre de la Terre ;
- montrer Vénus depuis un point de vue éloigné du plan de l'écliptique ;
- calculer l'angle de phase ;
- montrer Vénus vue de la Terre en fonction de la distance Terre-Soleil et avec la séparation lumière-obscurité (terminateur).

Vous trouverez sur le site du CLEA les instructions détaillées ainsi que le fichier GeoGebra terminé. Nous indiquons ici uniquement les étapes du travail.

1. On ouvre GeoGebra en faisant apparaître la fenêtre algèbre et en supprimant la fenêtre tableur.
2. On crée les grandeurs suivantes : demi grand axe de l'orbite de Vénus, rayon apparent de référence pour Vénus (pour 1 ua) et coordonnées du centre du disque de Vénus apparent.
3. On met en place le Soleil, la Terre et Vénus sur son orbite (Vénus est représentée par un cercle suffisamment grand pour construire ensuite la partie éclairée).
4. On calcule la distance Terre Vénus et le rayon apparent de Vénus. On trace ensuite le disque apparent de Vénus.

5. Construction de la partie éclairée sur Vénus

On a fait l'approximation que la limite ombre-lumière est un grand cercle de la sphère Vénus. Ce cercle est perpendiculaire au plan Soleil-Terre-Vénus. Il sera donc représenté du point de vue d'un observateur éloigné, qui le regarde dans une direction perpendiculaire au plan SVT, par un segment perpendiculaire au segment Vénus Soleil. On trace ce segment ($[I_1I_2]$) sur la figure ci-dessous) et on construit le demi cercle indiquant le côté de Vénus dans l'obscurité (en utilisant S', situé à l'opposé du Soleil).

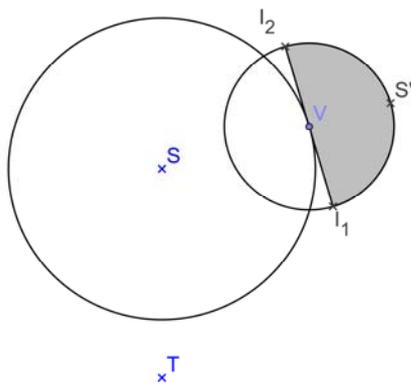


Fig.5. Vue depuis le nord du plan de l'écliptique : le Soleil est en S et V est le centre de Vénus représentée par un cercle surdimensionné. $[I_1I_2]$ indique la limite de la partie éclairée de Vénus (le terminateur).

6. Construction de la partie visible depuis la Terre

On suit la même démarche que pour la partie éclairée sur Vénus mais VS est remplacé par VT .

Le cercle qui limite la partie visible de Vénus est perpendiculaire au plan Soleil-Terre-Vénus.

Il sera donc représenté du point de vue d'un observateur éloigné, qui le regarde dans une direction perpendiculaire au plan SVT par un segment perpendiculaire à VT ($[J_1J_2]$ sur la figure ci-dessous).

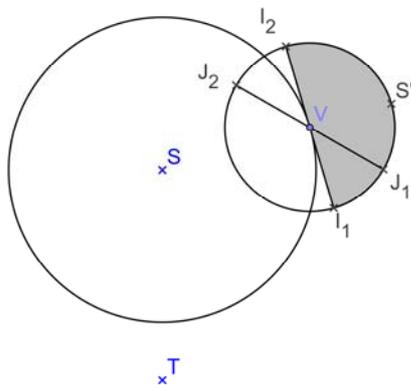


Fig.6. $[J_1J_2]$ indique la limite de la partie visible depuis la Terre.

7. Construction de la limite ombre-soleil sur le disque apparent de Vénus

Du point de vue d'un observateur éloigné qui regarde Vénus dans une direction perpendiculaire au plan SVT , on a dit que la limite ombre lumière peut être considérée comme un grand cercle perpendiculaire au plan SVT ; il est représenté par le segment $[I_1I_2]$.

Pour déterminer de quel côté est la limite ombre lumière, on cherche lequel des points I_1 ou I_2 est le plus proche de la Terre (on l'appelle L) puis on trace son projeté orthogonal sur $[J_1J_2]$.

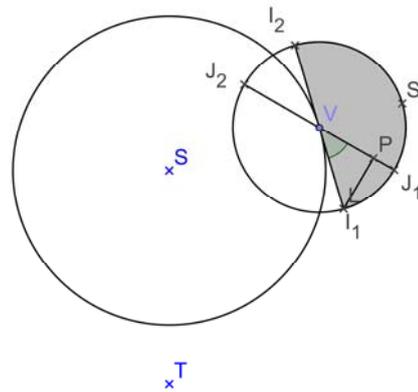


Fig.7. Pour l'observateur terrestre, P est un point de la demi-ellipse indiquant la limite de la partie éclairée de Vénus.

Du point de vue d'un observateur terrestre, on ne voit que la projection d'un demi-cercle sur le disque de Vénus, c'est à dire une demi-ellipse.

Il faut ensuite reporter cette demi-ellipse sur le disque apparent de Vénus. Pour cela, il faudra déterminer lequel des points J_1 ou J_2 est du côté droit vu depuis la Terre (on l'appelle M) ;

- on construit le point P' pour que $V_{ap}P'$ soit égal au rayon apparent de Vénus multiplié par le cosinus de l'angle LVM .

- on trace la demi-ellipse passant par P' .

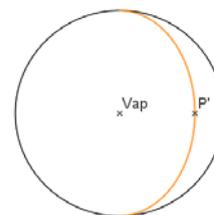


Fig.8. Vue depuis la Terre. Le terminateur sur Vénus est une demi-ellipse.

8. Mise en mouvement de Vénus

On crée un curseur contrôlant le temps avec une plage de 0 à 4 000 jours et un incrément de 1/24.

Vénus sera positionnée sur son orbite par ses coordonnées polaires (il suffit de calculer l'angle qu'on choisit proportionnel au temps). La Terre étant fixe ici, Vénus doit faire un tour en 583,92 jours, sa période synodique.

9. Compléments

On peut ensuite enjoliver, mettre en couleurs, positionner le Soleil par rapport au disque apparent de Vénus...

On peut aussi faire tourner les deux planètes, la Terre et Vénus, autour du Soleil.

Les fichiers sont sur le site clea-astro.eu. Vous le trouverez aussi sur le site de l'observatoire de Lyon avec de nombreuses autres animations :

www-obs.univ-lyon1.fr/labo/fc/astrogebra/astrogebra.htm#phvenus.

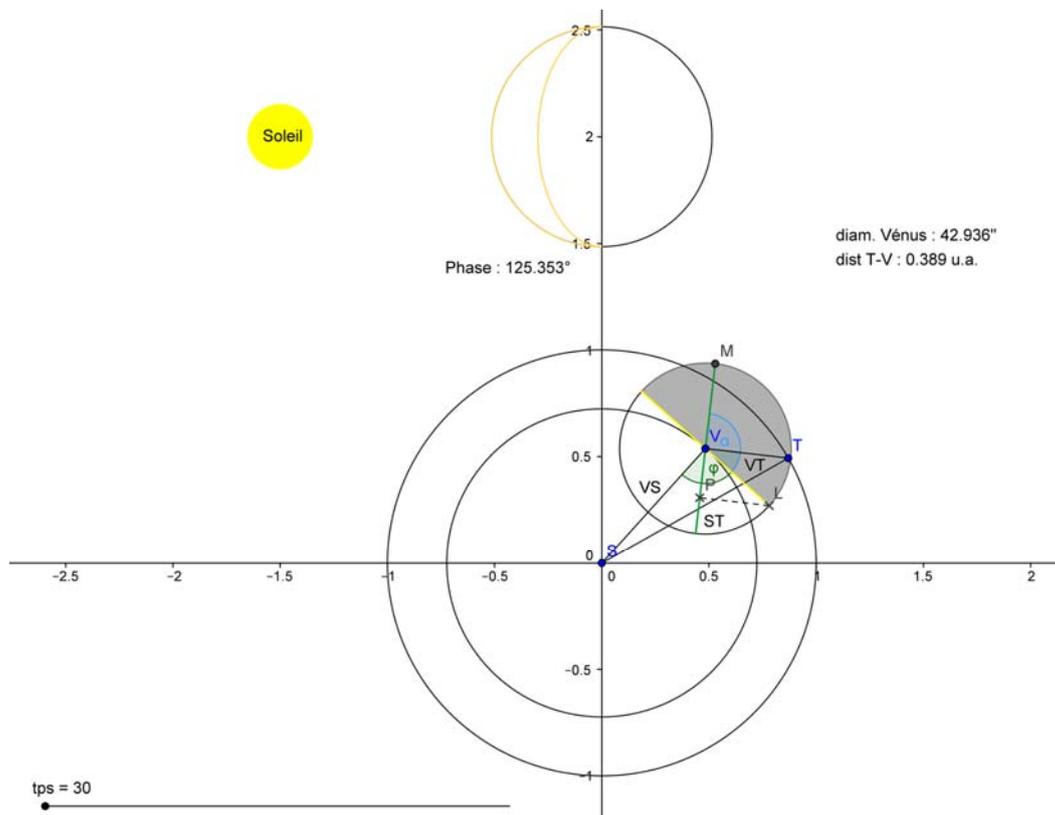


Fig.9. Ensemble de l'écran avec une vue depuis la Terre en haut et une vue depuis le nord du plan de l'écliptique en bas. Quand on déplace le curseur temps, Vénus se déplace sur son orbite et sa phase se dessine au-dessus. ■