

AVEC NOS ÉLÈVES

Éléments d'une orbite

François Hurter, Lajoux (Suisse)

Pour définir l'orbite d'une planète, il faut connaître différents paramètres comme la longitude du nœud ascendant, l'argument du périastre... François Hurter nous propose de décoder ces termes qui ne sont pas toujours faciles à comprendre à l'aide du logiciel GeoGebra, version 3D.

Selon la première loi de Kepler, une planète se déplace suivant une trajectoire elliptique autour du Soleil qui occupe un des foyers¹.

Une orbite elliptique est décrite au moyen de deux plans, le plan de l'orbite (en violet sur les figures qui suivent) et le plan de référence (en vert) ainsi que de cinq paramètres appelés éléments : le demi-grand axe, l'excentricité, l'inclinaison, la longitude du nœud ascendant, l'argument du périastre² auxquels on peut ajouter la position de l'objet sur son orbite.

La représentation spatiale du phénomène n'est pas évidente. Le fichier « GeoGebra » proposé permet de manipuler les divers éléments ainsi que le point de vue de l'observateur afin de faciliter la compréhension de la situation.

Une ellipse est complètement déterminée dès que l'on connaît son demi-grand axe a ainsi que son demi-petit axe b . En astronomie, les deux paramètres utilisés sont :

1. Le demi-grand axe a (passant par les foyers F et F') ainsi que

2. L'excentricité e . Cette dernière grandeur est reliée à a et b de la manière suivante :

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

L'ellipse étant connue, il s'agit de définir son orientation dans l'espace.

3. L'inclinaison i est l'angle que fait le plan orbital avec le plan de référence, en général le plan de l'écliptique dans le cas d'orbites autour du Soleil.

4. La longitude du nœud ascendant Ω (en vert). Il s'agit de l'angle entre la direction du point vernal γ et la ligne des nœuds, dans le plan écliptique.

La ligne des nœuds est l'intersection du plan de l'écliptique avec le plan de l'orbite. Elle contient les nœuds ascendant (N, point de l'orbite où l'objet passe du côté nord de l'écliptique) et descendant (N', point de l'orbite où l'objet passe du côté sud).

5. L'argument du périastre ω (en violet). Il s'agit de l'angle formé par la direction Soleil-nœud ascendant et la direction Soleil-périastre, dans le plan orbital.

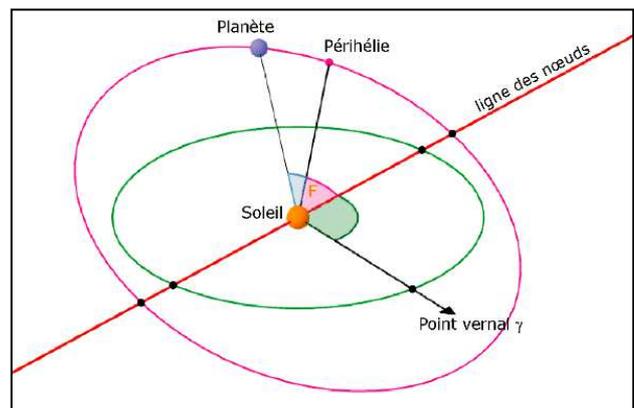
La longitude du périastre est la somme de la longitude du nœud ascendant et de l'argument du périastre³.

Pour terminer, il s'agit de définir la position de la planète le long de la trajectoire à un instant donné. Elle peut être exprimée de plusieurs manières.

6. L'anomalie vraie V , (en bleu). Il s'agit de l'angle entre la direction du périastre et la position courante de l'objet sur son orbite, mesuré au foyer de l'ellipse. L'anomalie vraie correspond, comme son nom le suggère, à un angle existant réellement dans l'orbite d'un corps céleste. Par définition, l'anomalie vraie est nulle lorsque l'objet est au périastre.

Le calcul de l'évolution temporelle de l'anomalie vraie présente quelques difficultés, aussi peut-on être amené à lui préférer d'autres angles (anomalie moyenne, anomalie excentrique).

Le fichier *elementsOrbitaux.ggb* permet la manipulation de ces six éléments ainsi que la modification du point de vue de l'observateur. La version 5 de GeoGebra est nécessaire (version 3D).

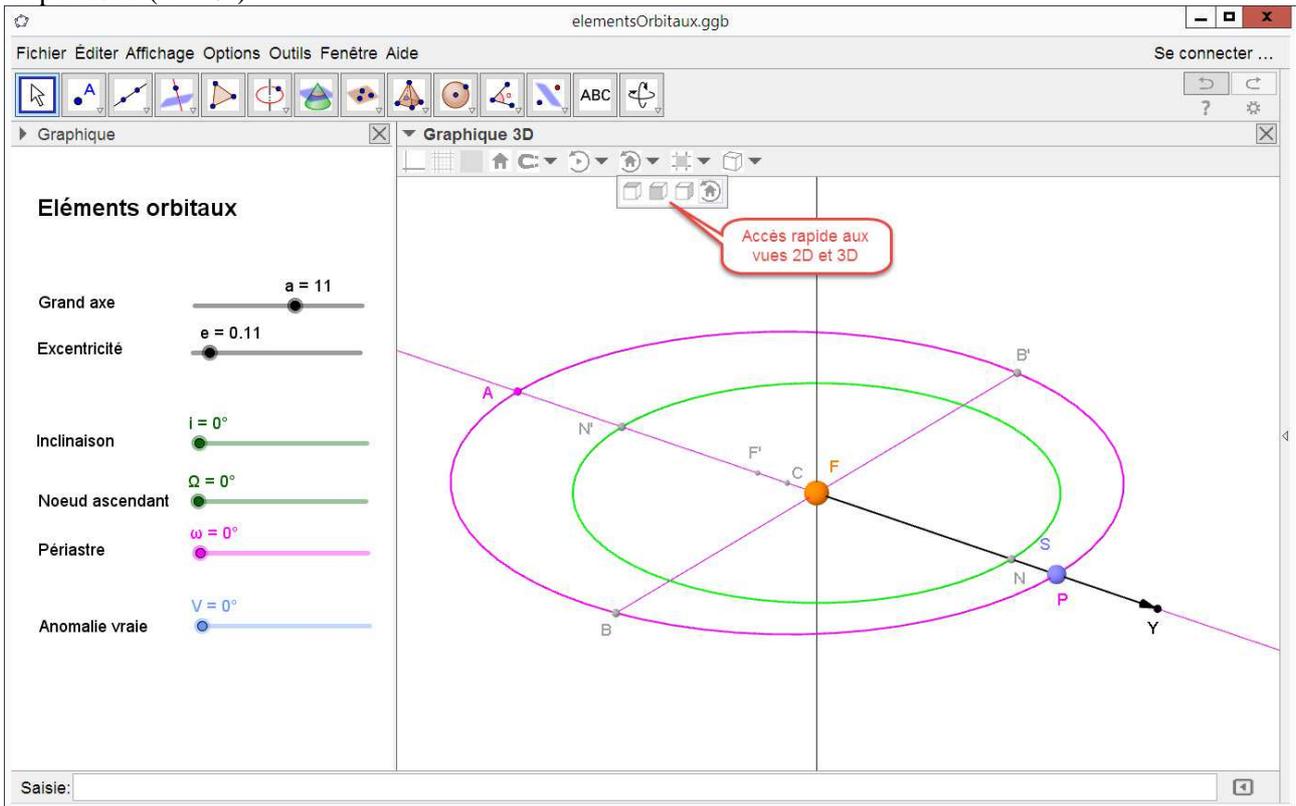


¹ On pourra voir les rappels sur les ellipses page 14.

² On utilise aussi le terme de périhélie pour une orbite autour du Soleil ou de périgée autour de la Terre.

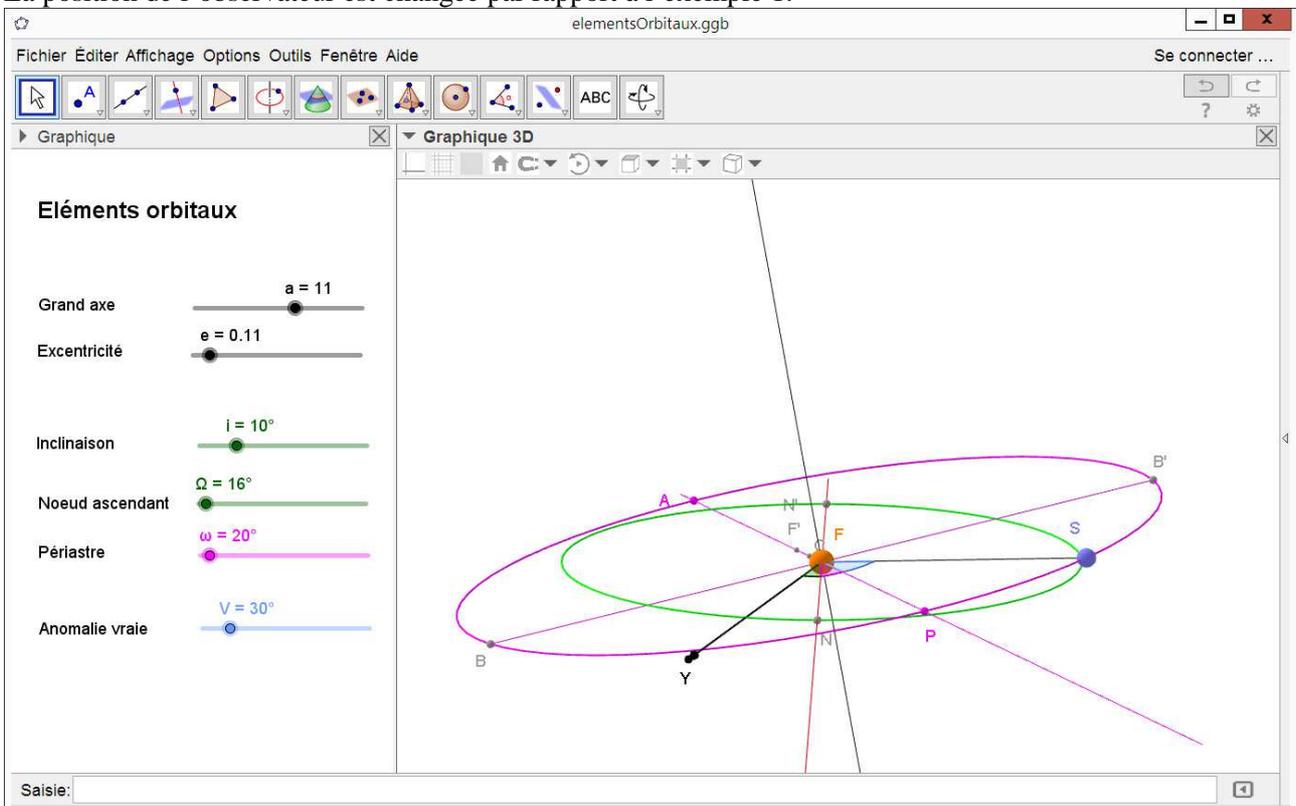
³ On ajoute ici deux angles situés dans des plans différents mais la longitude du périastre est définie comme la longitude pour laquelle le périastre serait atteint si l'inclinaison du corps était nulle.

Exemple 1. Le plan de l'ellipse est dans le plan de l'écliptique (inclinaison = 0°) et la planète S se trouve au périastre ($V = 0^\circ$).

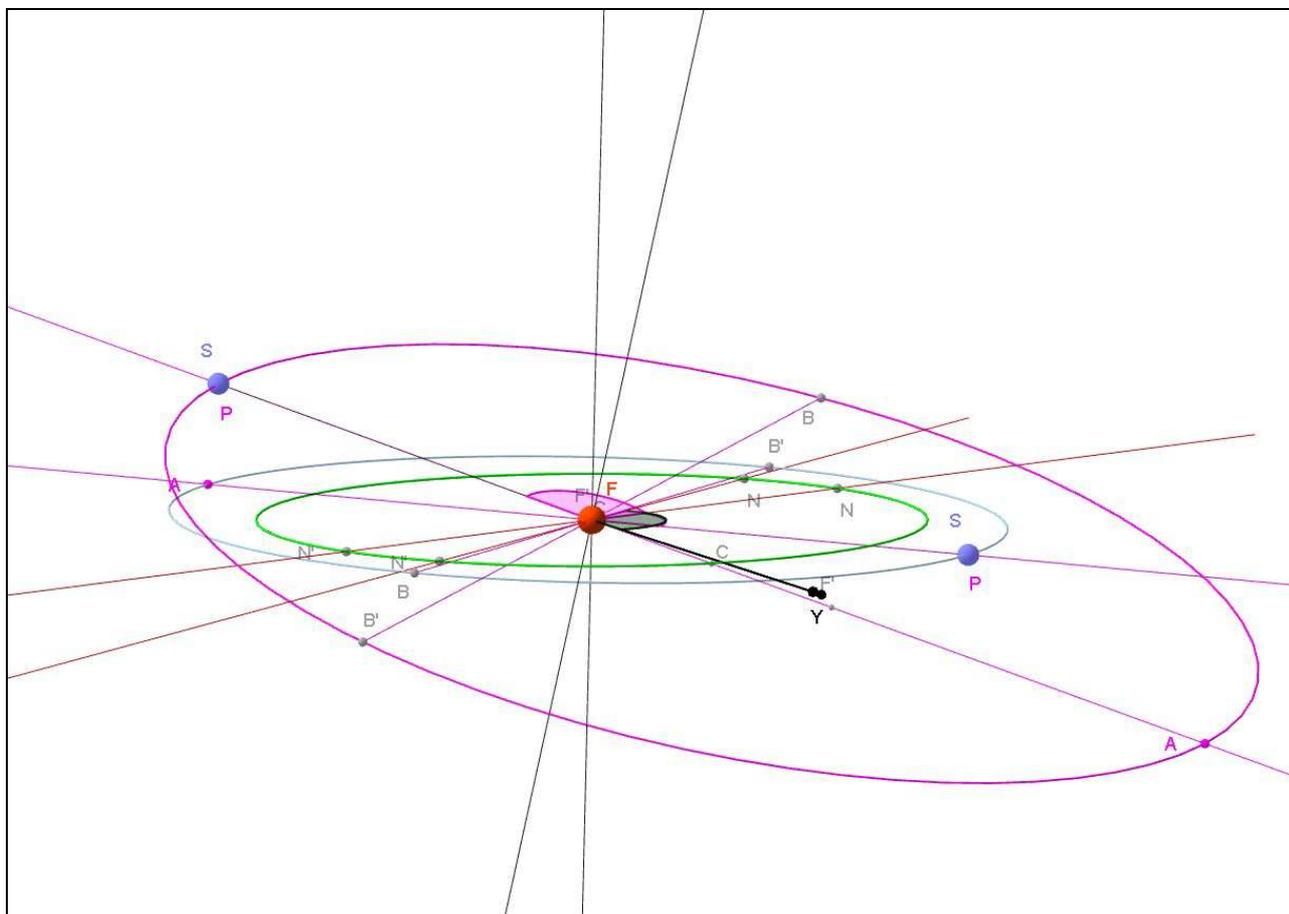


Exemple 2. Le plan de l'ellipse est incliné de 10° par rapport au plan de l'écliptique, la ligne des nœuds fait un angle de 16° par rapport au point vernal, le périastre fait un angle de 20° par rapport à la ligne des nœuds et l'anomalie vraie vaut 30° .

La position de l'observateur est changée par rapport à l'exemple 1.



Exemple 3. Neptune et Pluton. En utilisant les valeurs du tableau du bas de la page et en s'amusant à superposer les deux orbites on obtient le graphique ci-dessous. On voit clairement les différences d'orientation des demi-grand axes, d'excentricité et d'inclinaison des deux orbites (Pluton en violet et Neptune en bleu). Le sixième élément (anomalie) n'est pas pris en considération ici, car il s'agit seulement de comparer les orbites des planètes.



	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Cérés	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton
Demi-grand axe (UA)	0,387	0,723	1	1,524	2,767	5,203	9,537	19,191	30,069	39,482
Excentricité	0,206	0,007	0,017	0,093	0,078	0,048	0,054	0,047	0,009	0,249
Inclinaison (°)	7	3,4	0	1,9	10,6	1,3	2,5	0,8	1,8	17,1
Longitude nœud ascendant (°)	48,3	76,7	174,9	49,6	80,4	100,6	113,7	74	131,7	110,4
Argument du périastre (°)	29,1	54,9	288,1	286,5	73,2	275,1	338,7	96,5	273,2	112,6
Période (années)	0,241	0,615	1	1,88	4,6	11,9	29,5	84	164,8	248,4

Éléments des orbites pour les planètes du système solaire ainsi que pour deux planètes naines.

Les abonnés numériques pourront trouver sur le site du CLEA le fichier GeoGebra à l'adresse :

http://acces.ens-lyon.fr/clea/archives/cahiers-clairaut/CLEA_CahiersClairaut_152_07_ElementsOrbitaux.ggb

Références :

GeoGebra est un logiciel libre de géométrie dynamique téléchargeable gratuitement sur www.geogebra.org/.

André Danjon, Astronomie générale, p.182 sq.

Eduscol - orbitographie, ellipse <http://eduscol.education.fr/orbito/orb/meca/meca112.htm>.

Wikipédia : ellipse, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ellipse_\(mathématiques\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ellipse_(mathématiques)).

Wikipédia : orbite, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Orbite>. ■