

## La masse du Soleil

### 1. Niveau : TS

### 2. Durée indicative : 1 h 30

### 3. Extrait du programme :

| Notions et contenus                     | Compétences exigibles   |
|---|---|
| Lois de Newton                          | Connaître et exploiter les 3 lois de Newton   |
| Révolution de la Terre autour du Soleil | Etablir l'expression de la vitesse et de la période d'une planète                   |
| Lois de Kepler                          | Exploiter la 3 <sup>ème</sup> loi de Kepler dans le cadre d'un mouvement circulaire |

### 4. Compétences travaillées

S'approprier, analyser, réaliser, communiquer.

### 5. Pré requis et place de l'activité :

**PRE REQUIS** : force d'interaction gravitationnelle, lois de Newton.

### 6. Remarques

Cette séance peut être adaptée selon le niveau, la curiosité des élèves :

Elle peut être traitée à la maison.

Elle peut être traitée en classe en travail de groupe.

Il est intéressant de s'appuyer sur les compétences et les critères associés pour formuler les aides

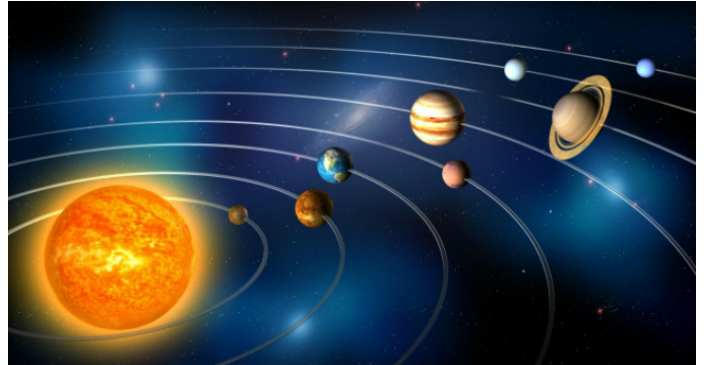
### 7. Variantes

En fonction du niveau de la classe ou des attentes, on peut introduire des documents supplémentaires plus mathématiques, afin que les élèves puissent compléter leurs connaissances et/ou savoir faire le tri dans les documents utiles à la résolution du problème.

## La masse du Soleil

Infatigable compagnon de la Terre, il n'a cessé de fasciner les hommes à travers les âges, de leur apporter sa lumière, sa chaleur. Les philosophes, les poètes, puis les scientifiques s'y sont intéressés pour connaître sa température, sa composition ... Ils ont fini par envoyer des satellites pour l'étudier (SOHO depuis 1995, cluster 2 depuis 2000 ...)

Mais pour connaître sa masse, il faudrait le peser ! Impossible bien-sûr. Malgré tout, cette masse est connue approximativement depuis 1687. Encore un coup de Newton, c'est sûr !

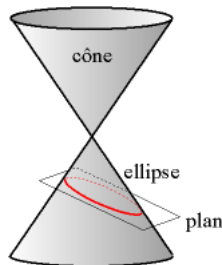


### Comment Newton a-t-il pu faire pour connaître la masse du Soleil ?

Vous répondrez de manière argumentée à cette question en vous aidant de vos connaissances des années précédentes (2<sup>nde</sup> et 1<sup>ère</sup> S) et des documents présents ci-dessous et de calculs justifiés.

#### Document 1 : l'ellipse

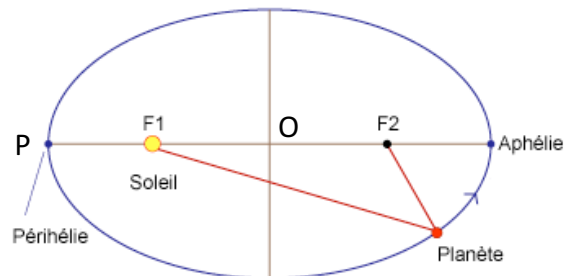
En géométrie, une ellipse est une courbe plane fermée obtenue par l'intersection d'un cône de révolution avec un plan, à condition que celui-ci coupe l'axe de rotation du cône ou du cylindre ; autrement dit, c'est une conique d'excentricité strictement comprise entre 0 et 1. On peut également la définir comme le lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes, dits foyers, est constante.



Dans la vie courante, l'ellipse est la forme qu'on perçoit en regardant un cercle en perspective, ou la figure formée par l'ombre d'un disque sur une surface plane.

On retrouve aussi, en première approximation, des ellipses dans les trajectoires des corps célestes (planètes, comètes ou satellites artificiels) en orbite autour d'une étoile ou d'une autre planète. La Terre parcourt approximativement une ellipse dont le Soleil est un foyer avec une excentricité de 0,016 710 22

D'après <http://fr.wikipedia.org/>



Lorsque les deux foyers sont confondus l'ellipse devient un cercle avec le Soleil au centre.

La distance OP est appelée demi-grand axe de l'ellipse.

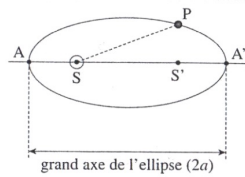
L'excentricité est donnée par  $e = OF_1/OP$

Dans le cas d'un cercle le demi-grand axe est le rayon.

**Document 2 : les lois de Kepler**

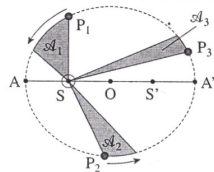
**1<sup>ère</sup> loi :**

dans un référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est une ellipse dont le centre du Soleil est l'un des foyers.



**2<sup>e</sup> loi :**

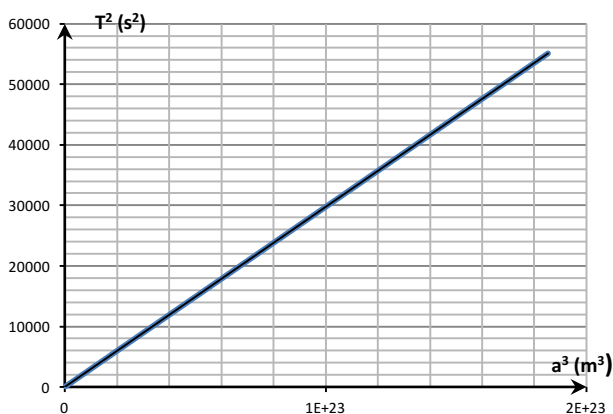
Le rayon vecteur SP qui relie le centre de la planète au centre du Soleil balaie des aires égales pendant des temps égaux.



**3<sup>e</sup> loi :**

Le rapport du carré de la période de révolution T d'une planète autour du Soleil au cube du demi-grand axe a de l'ellipse est constant :  $T^2 = k \cdot a^3$   
Où k est une constante.

**Document 3 : 3<sup>ème</sup> loi de Kepler appliquée au Soleil**



**Document 4 : Données astronomiques**

Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse de la Terre :  $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Rayon de la Terre :  $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$

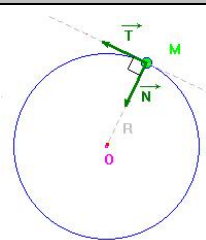
Distance moyenne Soleil-Terre :  $d = 150 \times 10^6 \text{ km}$

Rayon du Soleil :  $R_S = 6,96 \times 10^5 \text{ km}$

**Document 5 : Accélération et base de Frenet**

La base de Frenet permet d'étudier de manière simplifiée les mouvements circulaires.

C'est une base orthonormée définie par deux vecteurs unitaires orthogonaux  $\vec{T}$  et  $\vec{N}$  avec pour origine le point M dont on étudie le mouvement.



Le vecteur accélération dans la base de Frenet est donné par :

$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N = a_T \cdot \vec{T} + a_N \cdot \vec{N}$$

Avec

$$a_T = \frac{dV}{dt}$$

$$a_N = \frac{v^2}{R} \text{ où } R \text{ est le rayon de courbure}$$

Joker n° 1

Appliquer la deuxième loi de Newton  
Puis souvenir de seconde quel rapport  
entre poids et force d'attraction  
gravitationnelle

Joker n° 2

$$\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{AB^2} \vec{AB}$$

Joker n° 3

Comparer l'accélération trouvée et les  
données du doc 5

Joker n° 4

Quel rapport entre la vitesse trouvée et  
la période ?

Joker n° 5

On finit par retrouver la troisième loi de  
Kepler :  $T^2 = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_s} \cdot a^3$

Joker n° 6

Comparer avec le doc 3