

TP : Enoncer et comprendre les lois de Kepler

I. Contexte du sujet

De l'Antiquité à la renaissance, la Terre était considérée comme le centre de l'Univers. Il faudra attendre le XVII^{ème} siècle pour qu'un astronome, Kepler, propose une description correcte du mouvement des planètes et des satellites.

Avant que les lois de Newton (1687) n'aient permis d'expliquer le mouvement des satellites, Joseph Kepler avait formulé 3 lois (1609/1618) d'après les simples observations extrêmement précises du mouvement des planètes autour du Soleil qu'avait faites, sans lunette astronomique ni télescope, l'un de ses professeurs, Tycho Brahé (1598 catalogue stellaire 1004 étoiles).



*Johannes Kepler
(1571-1630)*

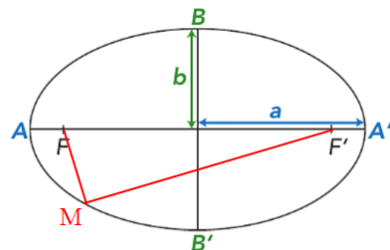
II. Documents à disposition.

Doc n°1 : Les ellipses

F et F' sont les foyers de l'ellipse.
 $[AA']$ est son grand axe il mesure $2a$.
 $[BB']$ est son petit axe, il mesure $2b$.

a est appelé demi grand axe
 b est appelé demi petit axe

$$FM + MF' = \text{cste} = 2a$$



Doc n°2 : Animation

Pour utiliser l'animation nécessaire au TP, ouvrir l'application « flashplayer_debug » (à enregistrer dans un dossier) puis cliquer sur « ouvrir » et aller chercher le fichier « Kepler.swf » à enregistrer dans un dossier au préalable)

Doc n°3 : Vocabulaire

- On appelle Aphélie, le point de l'orbite le plus loin du Soleil.
- On appelle Périhélie le point le plus proche du Soleil.

III. Travail à effectuer.

1ère loi de Kepler ou loi des orbites

- Ouvrir l'animation citée dans le doc n°2, l'orbite de Mercure est affichée.
- Faire apparaître les différentes caractéristiques de l'orbite en cochant les cases comme ci-contre :
- Démarrer l'animation

start animation

<input checked="" type="checkbox"/> show empty focus	<input checked="" type="checkbox"/> show semiminor axis
<input checked="" type="checkbox"/> show center	<input checked="" type="checkbox"/> show semimajor axis
<input checked="" type="checkbox"/> show radial lines	

a- Quelle est la trajectoire de mercure ? Où se trouve le Soleil ?

- Augmenter l'excentricité au maximum :

eccentricity 0.700

b- Confirmer ou infirmer vos réponses précédentes.

c- Compléter la 1ère loi de Kepler :

1ère loi de Kepler

Dans le référentiel héliocentrique, la du centre d'une est une dont l'un des est le centre du

- Mettre l'excentricité à zéro.

d- Comment est modifiée la trajectoire ? Où est le Soleil ? A quoi correspond l'excentricité ?

- Arrêter l'animation et décocher les cases donnant les caractéristiques de l'orbite.
- Dans la partie "orbit setting", choisir Venus et cliquer sur OK
- Noter son excentricité $e_{\text{venus}} =$
- Faire de même pour la Terre, Jupiter et Neptune.

e- Que peut-on dire de la valeur de ces excentricités. Que peut-on en conclure concernant la trajectoire des planètes ?

- Dans la partie "Visualization options", cocher "show solar system orbits" et "Label the solar system orbits"

f- Votre réponse précédente est-elle confirmée ?

2nde loi de Kepler ou loi des aires

- Cliquer sur "clear optional features", revenir à Mercure et mettre l'excentricité au maximum.
- Cliquer sur l'onglet en bas à gauche "Newtonian Features"
- Cocher les cases permettant de faire apparaître la direction et les vecteurs vitesse et accélération.
- Démarrer l'animation. (elle peut être ralentie avec le curseur "animation rate")

a- Décrire la direction et le sens du vecteur vitesse, puis du vecteur accélération.

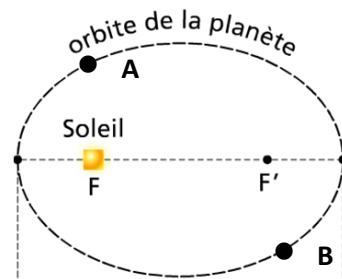
b- L'accélération de la planète est-elle constante ? Proposer une explication ?

c- La vitesse de la planète est-elle constante ? Où est-elle maximum ? Minimum ?

d- Sans soucis d'échelle, représenter, sur le schéma ci-contre, les deux vecteurs aux points A et B.

e- En déduire ce qui permet de dire que le mouvement est accéléré en A et ralenti en B ?

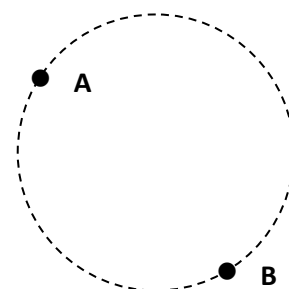
- Mettre l'excentricité à zéro et observer



f- Que peut-on dire de la vitesse ? de l'accélération ? Ces vecteurs sont-ils constants ? Les représenter ci-dessous.

g- Quel est alors le mouvement de la planète ?

- Arrêter l'animation
- Cliquer sur l'onglet "Kepler 2nd's law"
- Cliquer sur "start sweeping" une première fois, puis à nouveau lorsque la planète est à une position diamétralement opposée à la première.



h- Que peut-on dire des aires qui apparaissent en couleur ? Proposer une explication.

- Augmenter l'excentricité à son maximum.

i- Les surfaces des aires balayées sont-elles modifiées ? Que peut-on en déduire concernant les vitesses de la planète sur les arcs correspondants.

j- Compléter la 2nde loi de Kepler :

2nde loi de Kepler

Le segment SP qui relie le centre du à celui de la, balaie des pendant des

Remarque :

Lorsque la trajectoire peut être approximé à un, alors le vecteur accélération est à chaque instant au vecteur vitesse. La valeur de la vitesse est alors : le mouvement est donc et

3ième loi de Kepler ou loi des périodes

Pour l'étude de cette loi, nous allons partir des mêmes informations que Kepler concernant les planètes du système solaire : leur distance moyenne au Soleil et leur période de révolution.

A l'époque, seulement six planètes étaient connues, Uranus et Neptune ayant été découvertes beaucoup plus tard : Uranus en 1781 par William Herschell, Neptune en 1846 par Galle, à partir des calculs de Le Verrier.

Planète	T (an)	a (U.A.)
Mercure	0,240	0,387
Vénus	0,615	0,723
Terre	1,00	1,00
Mars	1,88	1,52
Jupiter	11,9	5,20
Saturne	29,4	9,51
Uranus	84,0	19,2
Neptune	165	30,0

- Ouvrir Latis-Pro
- Créer les variables T et a dans le tableur.
- Rentrer les valeurs dans le tableur.
- Dans la feuille de calcul, calculer les grandeurs que vous nommerez "T au carré" et "a au cube".
- Tracer "T au carré" en fonction de "a au cube".

L'UA est une unité de distance correspondant à la distance Terre-Soleil.
1 UA = 150.10⁶ km

a- Conclure.

- En déduire la valeur de la constante K pour le système solaire en précisant son unité.

b- Compléter la 3ième loi de Kepler :

3ième loi de Kepler

Le de la d'une planète est
au du de son orbite.

Question bonus : Exprimer la constante K dans les unités du système international.