PARTIE 1 : Loi de Kepler dans le cas du Système Solaire

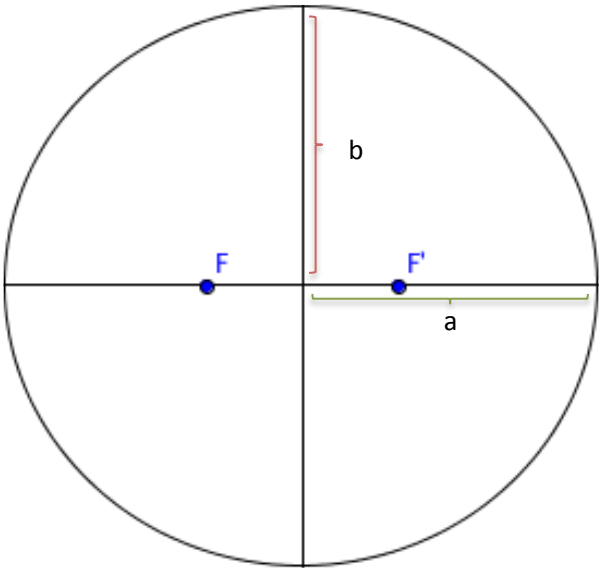
RESSOURCE 1 – Les lois de Kepler :

Les trois lois de Kepler expriment les conclusions que Kepler a tirées des observations de Tycho Brahe.

- *1ère loi :* Les planètes parcourent des orbites planes, elliptiques. Le Soleil occupe l'un des foyers de l'ellipse.
- *2ème loi :* En des durées égales, une planète balaye des aires égales.
- *3ème loi :* Le rapport du carré de la période de révolution au cube du demi-grand axe est identique pour toutes les planètes du système solaire.

D'après observatoire de Paris : https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pages_lois-kepler/enonce-loi-kepler_impression.html

RESSOURCE 2 – Trajectoire elliptique :



a : demi grand axe de l'ellipse (m)
b : demi petit axe de l'ellipse (m)
F et F' : Foyer de l'ellipse

Remarque :

Si a > b : Trajectoire elliptique, F et F' sont à deux endroits différents.

Si a = b : Trajectoire circulaire, F et F' sont au même endroit : le centre du cercle.

RESSOURCE 3 – Caractéristiques orbitales des satellites du Soleil :

Satellites	Mercure	Venus	Terre	Mars
Demi grand axe (million de km)	57.909083	108.2086	149.598	227.9392
Période de révolution (en jours)	87.9693	224.701	365.256	686.98

Satellites	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton
Demi grand axe (million de km)	778.2983	1429.394	2875.039	4504.45	5915.803
Période de révolution (en jours)	4332.59	10759.23	30688.48	60182.3	90578.75

RESSOURCE 4 – Programme permettant de tester la 3ème loi de Kepler dans le cas du système solaire :

```
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.stats import linregress

f=open("systemesolaire.csv","r")
table=[ligne.rstrip().split(';') for ligne in f]
f.close()

d=table[1]
p=table[2]

A=[]
T=[]

#Grandeurs à compléter par une valeur
n=
m=
u=
v=

for i in range (1,len(d)):
        Ai=((float(d[i]))*10**u)**n        # [1]
        A.append(Ai)
        Ti=((float(p[i]))*v)**m            # [2]
        T.append(Ti)
```

```
(a,b,rho,_,_)=linregress(A,T)

Y=[]
for i in range (len(A)):
        Yi=a*A[i]+b
        Y.append(Yi)

plt.title('3ème Loi de Kepler')
plt.xlabel('demi grand axe au cube (m^3)')
plt.ylabel('période de révolution au carré (s^2)')
plt.plot(A,T,'b+',label="a=%e, b=%e, rho=%e" %
(a,b,rho))
plt.plot(A,Y,'g-',label="y=ax+b")

M=4*3.14**2/(6.67*10**-11*a)
print(M)

plt.legend()
plt.show()
```

Précisions sur deux lignes du programme

Ligne [1] : Ai=((float(d[i]))*10**u)**n

Cette ligne permet de convertir chaque valeur de demi grand axe dans la bonne unité en attribuant la bonne valeur à **u**, puis d'élever le demi grand axe à la puissance correspondant à la troisième loi de Kepler en attribuant la bonne valeur à **n**.

Ligne [2] : Ti=((float(p[i]))*v)**m

Cette ligne permet de convertir chaque valeur de période dans la bonne unité en attribuant la bonne valeur à **v**, puis d'élever la période à la puissance correspondant à la troisième loi de Kepler en attribuant la bonne valeur à **m**.

TRAVAIL A EFFECTUER

1. **APP :** En notant **T** la période de révolution et **a** le demi grand axe de l'ellipse, traduire sous forme mathématique l'énoncé de la troisième loi de Kepler. Préciser les unités du Système International de ces deux grandeurs ?

2. **APP :** En vous aidant de la **Ressource 3**, attribuer les valeurs numériques des coefficients m, n, u et v afin que le programme de la ressource 4 puisse fonctionner en cohérence avec la troisième loi de Kepler.

   u = …….. ; **n** = …… ; **v** = …… ; **m** = …… .

3. **APP :** Compléter et exécuter le programme. Quel type de fonction obtient-on sur la représentation graphique ? Est-elle en accord avec la 3ème loi de Kepler ?

4. **REA :** Dans le cas de planètes en orbite autour du soleil, le rapport **k** du carré de la période de rotation au cube du demi-grand axe a pour expression :

$$k = \frac{4\pi^2}{GM_s} \quad \textbf{avec} \begin{cases} G = 6{,}67.10^{-11}\ \text{SI} \\ M_S : \text{Masse du soleil (kg)} \end{cases}$$

   En déduire la masse M_S du soleil en utilisant les informations du graphique.

5. **VAL :** Comparer à la valeur donnée par le programme dans la boite de dialogue.
   En effectuant une rapide recherche, confirmer ou infirmer ce résultat.

PARTIE 2 : Application aux satellites de Jupiter

RESSOURCE 5 – LE MESSAGER DES ETOILES :

En 1610, Galilée découvre Io, Europe, Ganymède et Callisto, quatre satellites de Jupiter qu'il observe à l'aide de sa lunette astronomique. Il relate ainsi ses observations dans un ouvrage, *Le messager des étoiles*, dans lequel il dessine également ce qu'il voit. Sur ses schémas, Galilée note « Ori. » la direction « Est » et « Occ. » la direction « Ouest ».

« Le 7 janvier de cette année 1610, à la première heure de la nuit, alors que j'observais les étoiles à la lunette, Jupiter se présenta, et comme je disposais d'un instrument tout à fait excellent je reconnus que trois petites étoiles, il est vrai toutes petites mais très brillantes, étaient près de la planète […].Je pensais que c'étaient des étoiles fixes mais quelque chose m'étonnait : elles semblaient disposées en ligne droite, parallèlement à l'écliptique, et étaient plus brillantes que le reste des étoiles. Voici quelle était leur position les unes par rapport aux autres et par rapport à Jupiter :

Croquis (a)

À l'est, se trouvaient deux étoiles, mais une seule à l'ouest […]. Je ne me préoccupais pas d'abord de leurs distances entre elles et Jupiter car, comme je l'ai dit, je les avais prises pour des étoiles fixes. Mais quand, le 8 janvier, guidé par je ne sais quel destin, je regardais du même côté du ciel, je trouvais une disposition très différente. Les trois petites étoiles étaient en effet toutes à l'ouest de Jupiter et elles étaient plus proches entre elles que la nuit précédente […], comme le montre le dessin ci-dessous :

Croquis (b)

[…] Je commençais à me demander avec embarras comment Jupiter pouvait se trouver à l'est de toutes les étoiles fixes mentionnées plus haut alors que la veille il était à l'ouest de deux d'entre elles. »

Les jours suivants, Galilée continue à observer cette région du ciel et réalise une série de croquis à l'échelle. Il comprend que les « étoiles » sont en réalité de petits astres tournant autour de Jupiter comme la Lune tourne autour de la Terre. Le 13 janvier, pour la première fois, il aperçoit quatre petites « étoiles ».

Croquis (c)

D'après sujet de bac métropole 2010

RESSOURCE 6 – Caractéristiques orbitales des satellites galiléens :

	Io	Europe	Ganymède	Callisto
Demi-grand axe en (km)	422000	671000	1 070000	1 883000
Période de révolution (Jours)	1.769138	3.551181	7.154553	16.689018

TRAVAIL A EFFECTUER

L'énoncé de la 3ème loi de Kepler tel qu'il est présenté dans la **Ressource 1** ne donne des résultats que pour les planètes du système solaire.

1. **REA :** En vous aidant des ressources 5 et 6, modifier le programme afin de tester la validité de la 3ème loi de Kepler dans le cas des satellites de Jupiter et faire afficher la masse de Jupiter.

2. **VAL :** Peut-on généraliser l'énoncé de la 3ème loi de Kepler à tout satellite en orbite autour d'un astre ?